637
T17

АМИМ Р.К. РОБИНСОН

ЙОГУРТЫ И ДРУГИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

БИФИЛЮКС™

Лактиналь™
L. plantarum L. casei L. fermentum

BioMatrix™

издательство
ПРОФЕССИЯ

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ПОЛУЧИТЬ ПРОДУКТ ВЫСШЕГО КАЧЕСТВА, ТРЕБУЕМОЙ КОНСИСТЕНЦИИ, ВЯЗКОСТИ, ВКУСА, ЗАПАХА, ВНЕШНЕГО ВИДА, А ТАКЖЕ СВОБОДНЫЙ ОТ СИНЕРЕЗИСА (ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ПРИ ЗАГУСТЕВАНИИ), В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА ДОЛЖНЫ БЫТЬ ТЩАТЕЛЬНО УЧТЕНЫ МНОГИЕ ФАКТОРЫ:

- **выбор молока**
- **способ нормолизоции молоко**
- **способ внесения сухих веществ (сухого молока, стабилизатора, сахара)**
- **деаэрация**
- **гомогенизация**
- **тепловая обработка**
- **выбор и внесение закваски**
- **система вентиляции стерильным воздухом**
- **конструкция технологической линии**
- **качество безразборной мойки**
- **фасовочное оборудование**

Тетра Пак
Сохраняя лучшее™

Тетра Пак предлагает широкий выбор модульного оборудования для производства кисломолочных продуктов, включая

пастеризаторы,
сепараторы,
гомогенизаторы,
деаэраторы,
системы нормализации в потоке,
смесители для внесения сухих веществ,
системы безразборной мойки и т.д.

В настоящее время во всем мире работает более 4000 пастеризаторов, 3000 гомогенизаторов, 700 модулей для нормализации молока и 5000 сепараторов Тетра Пак.

Тетра Пак имеет богатый опыт по проектированию и запуску "под ключ" комплектных технологических линий от приемки молока до конечной упаковки. Тетра Пак сертифицирован для проведения инженерных и монтажных работ на молочных заводах России и стран СНГ. Тетра Пак поставлял линии для производства йогуртов и различных кисломолочных продуктов многим производителям в России, СНГ, Европе и мире.

Тетра Пак предоставляет полный пакет услуг по установке и техническому обслуживанию поставленных заказчиком линий и имеет развитую систему сервисного обслуживания в России и СНГ.

Помимо осуществления поставок собственного оборудования, Тетра Пак представляет в России интересы компаний-партнеров и предлагает своим Заказчикам широкий спектр ингредиентов для молочной промышленности:

закваски прямого внесения,
стабилизаторы,
фруктовые наполнители,
ароматизаторы и т.д.

В нашей деятельности мы стараемся достичь результата, при котором имя Тетра Пак ассоциировалось бы с эталоном качества. В нашем понимании понятие качество включает следование единым стандартам, начиная от выбора технологических решений и заканчивая послегарантийным обслуживанием.
Именно такой подход позволяет работать нашему оборудованию десятки лет, принося прибыль нашим Заказчикам.

Телефон: +7(095) 787 8000
www.tetrapak.com

Тетра Пак
Сохраняя лучшее™

Серия

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ

YOGHURT

Science and Technology

Second edition

A. Y. Tamime
Scottish Agricultural College Auchincruive,
Food Standards & Product Technology Department,
Ayr KA6 5HW,
Scotland

R. K. Robinson
University of Reading,
Department of Food Science & Technology,
Reading RG6 2AP,
England

CRC Press
Boca Raton Boston New York Washington, DC

WOODHEAD PUBLISHING LIMITED
Cambridge England

637
Т17
4.3

ЙОГУРТ И ДРУГИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон

Перевод с англ.
Под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Л. А. Забодаловой

С. БЕЙСЕМБАЕВ АТЫНДАГЫ
МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
ҒЫЛЫМИ КІТАПХАНАНЫҢ БАҚЫЛАУ ДАНАСЫ
КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР
НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ ИМ.С.БЕЙСЕМБАЕВА
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.С.ТОРАЙГЫРОВА

Санкт-Петербург
ИЗДАТЕЛЬСТВО ПРОФЕССИЯ
2003

С. ТОРАЙГЫРОВ АТЫНДАГЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
С. БЕЙСЕМБАЕВ АТЫНДАГЫ ҒЫЛЫМИ КІТАПХАНА
ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ
НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА ИМ. С. БЕЙСЕМБАЕВА
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.С.ТОРАЙГЫРОВА
КІТАПХАНАСЫ

УДК 637.14.146
ББК 36.95
Т17

Тамим А. Й. Робинсон Р. К.
Т17 **Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты: научные основы и технологии** / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон.; пер. с англ. под науч. ред Л. А. Забодаловой. — СПб: Профессия, 2003. — 664 с., ил. — (Серия: Научные основы и технологии).

ISBN 5-93913-038-0
ISBN 1 85573 363 3 (англ.)

В не имеющей аналогов книге приведены новейшие данные по технологии производства разных типов йогурта (с нарушенным и ненарушенным сгутском, ароматизированного, замороженного, сухого, с фруктами, био-йогурта и т. п.). Большое внимание уделено биохимическим и микробиологическим основам производства кисломолочных продуктов. Описаны типы заквасок и их особенности, а также применяемое оборудование. Отдельная глава посвящена проблемам оценки качества готового продукта. Каждая глава сопровождается уникальной библиографией по кисломолочным продуктам (более 2000 названий).

Original English language edition published by Woodhead Publishing Ltd.
All rights reserved Woodhead Publishing Ltd.

Все права защищены.Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Информация содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

1999 by Woodhead Publishing Ltd.
© 2003, В. Ашкинази, перевод (главы 1–2, 5–8)
© 2003, Т. Вознесенская, перевод (глава 3)
© 2003, Э. Евдокимова, перевод (глава 9)
© 2003, Д. Рапопорт, перевод (глава 10)
© 2003, Н. Савченков, перевод (глава 4)
© 2003, изд-во «Профессия»

ISBN 5-93913-038-0
ISBN 1 85573 363 3 (англ.)

УДК 637.14.146
ББК 36.95

С. Торайғыров
атындағы ПМУ-дің
академик С.Бейсембаев
атындағы ғылыми
КІТАПХАНАСЫ
527737

Содержание

Предисловие ко второму изданию 11
Предисловие к первому изданию 11
Предисловие к русскому изданию 12

1 ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС 13
1.1 Введение 13
1.2 Эволюция технологии 14
1.3 Разнообразие ферментированного молока 15
1.4 Стереотипы потребления йогурта 18
1.5 Способы получения и классификация йогуртов 20
1.6 Литература 22

2 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ 23
2.1 Введение 23
2.2 Предварительная обработка молочной основы 25
2.2.1 Молоко как сырье 25
2.2.2 Первичная обработка молока 28
2.2.3 Приемка и хранение молока 29
2.3 Нормализация молока по содержанию жира 29
2.4 Нормализация молока по содержанию сухого обезжиренного молочного остатка 32
2.4.1 Традиционная технология 33
2.4.2 Добавление сухого молока 34
2.4.3 Добавление сухой пахты 36
2.4.4 Добавление сухой сыворотки и/или концентратов сывороточных белков 36
2.4.5 Добавление сухого казеина 38
2.4.6 Способ концентрирования выпариванием под вакуумом (ВВ) 40
2.4.7 Способ концентрирования при помощи мембранной фильтрации 41
2.4.8 Добавление немолочных белков 44
2.5 Добавление стабилизаторов/эмульгаторов 49
2.5.1 Общие сведения 49
2.5.2 Различные свойства и условия применения 51
2.6 Добавление подсластителей 56
2.6.1 Введение 56
2.6.2 Виды углеводных подсластителей 59
2.7 Добавление различных веществ 61
2.7.1 Пенициллиназа 61
2.7.2 Консерванты 65
2.7.3 Минеральные вещества, витамины и/или жирные кислоты 68
2.8 Гомогенизация 70
2.8.1 Влияние на составляющие молока 70
2.8.2 Некоторые аспекты обработки 73
2.9 Тепловая обработка 77
2.9.1 Разрушение патогенных и других микроорганизмов 79
2.9.2 Действие стимулирующих или ингибирующих факторов 79
2.9.3 Изменение физико-химических свойств молока 83
2.9.4 Влияние обработки на физические свойства геля 89

2.10 Процесс ферментирования молока 94
2.10.1 Введение 94
2.10.2 Микроорганизмы закваски 95
2.10.3 Образование геля 97
2.11 Охлаждение 101
2.11.1 Одностадийное охлаждение 101
2.11.2 Двухстадийное охлаждение 101
2.12 Добавление фруктов, вкусовых веществ и красителей 102
2.12.1 Фрукты 104
2.12.2 Вкусовые добавки 106
2.12.3 Красители 107
2.13 Упаковка 110
2.13.1 Введение 110
2.13.2 Функции упаковки 111
2.13.3 Типы упаковочных материалов 114
2.13.4 Сравнительное изучение проницаемости упаковок для йогурта 118
2.13.5 Миграция мономеров и других соединений 119
2.13.6 Упаковка, препятствующая подделке 120
2.13.7 Крышки из алюминиевой фольги 121
2.13.8 Стерилизация упаковочных материалов 123
2.13.9 Внешний (транспортировочный) контейнер 125
2.14 Холодильное хранение, транспортировка и продажа 126
2.14.1 Холодильные камеры 127
2.14.2 Транспортировка 128
2.14.3 Розничная торговля и потребитель 129
2.15 Заключение 129
2.16 Литература 129

3 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 150
3.1 Домашнее приготовление или мелкое производство 150
3.1.1 Приготовление йогурта 152
3.1.2 Упаковка 153
3.2 Производство на малом предприятии 156
3.2.1 Универсальный резервуар с ручным управлением 156
3.2.2 Универсальные резервуары 156
3.2.3 Мини-молокозавод 159
3.2.4 Упаковочные машины для малых предприятий 160
3.3 Крупное промышленное производство 164
3.3.1 Получение молока, транспортировка и хранение 166
3.3.2 Нормализация молока по жирности 166
3.3.3 Повышение концентрации СВ молока 171
3.3.4 Гомогенизация 186
3.3.5 Тепловая обработка 190
3.3.6 Ферментация/сквашивание молока 202
3.3.7 Охлаждение 209
3.3.8 Насосы 214
3.3.9 Различные фитинги 224
3.3.10 Устройства для транспортировки фруктов и смешивания их с йогуртом 228
3.3.11 Фасовочные автоматы 236
3.3.12 Различные погрузо-разгрузочные операции, охлаждение и холодильное хранение 251
3.4 Механизация производства йогурта и проектирование предприятия 252
3.5 Непрерывное производство йогурта 255
3.5.1 История вопроса 255
3.5.2 Процесс согласно рекомендациям NIZO 258

3.5.3 Новейшие разработки 259
3.6 Системы автоматического управления технологическим процессом 261
3.6.1 Уровни автоматизации 262
3.6.2 Участок 1 263
3.6.3 Участок 2 265
3.6.4 Участок 3 266
3.6.5 Участок 4 266
3.6.6 Участок 5 267
3.6.7 Участок 6 270
3.6.8 Управленческая информационная система 271
3.6.9 Архитектура системы 272
3.6.10 Безопасность системы 272
3.7 Конструкция зданий, обслуживание и технические службы 275
3.7.1 Общие основы 275
3.7.2 Расположение молочного производства 275
3.7.3 Деление молочного производства на зоны риска 277
3.7.4 Проектирование и строительство зданий для молочного производства 277
3.8 Заключение 280
3.9 Литература 280

4 САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ, МОЙКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ 285
4.1 Основные задачи санитарной обработки 285
4.2 Основные принципы санитарной обработки 286
4.3 Факторы, определяющие выбор и эффективность моющего средства 290
4.3.1 Типы и ассортимент моющих средств, используемых при промышленном изготовлении йогуртов 290
4.3.2 Типы загрязнений 294
4.3.3 Жесткость воды и ее качество 294
4.3.4 Другие факторы 297
4.4 Способы мойки 297
4.4.1 Ручная мойка 298
4.4.2 Безразборная мойка (CIP) 299
4.4.3 Другие способы мойки 305
4.5 Факторы, влияющие на эффективность мойки 306
4.5.1 Тип загрязнения 306
4.5.2 Принятый метод мойки 306
4.5.3 Продолжительность контакта 306
4.5.4 Концентрация моющих растворов 306
4.5.5 Температура 307
4.5.6 Скорость потока 307
4.5.7 Промывка кислым раствором 309
4.5.8 Зависимость систем мойки от применяемой на предприятии технологии 309
4.5.9 Химический состав моющего средства 310
4.6 Особые приемы мойки и дезинфекции оборудования и приспособлений для производства йогурта 318
Некоторые аспекты дезинфекции 326
4.7. Основы процесса дезинфекции 326
4.8. Методы санитарной обработки оборудования на заключительном этапе 327
4.8.1 Термообработка 327
4.8.2 Химические вещества 329
4.8.3 Фильтрование 333
4.8.4 Применение ультрафиолетового излучения 333
4.8.5 Распыление и фумигация 334

4.9 Кинетика и способы уничтожения вредных микроорганизмов 336
4.10 Методы определения санитарно-гигиенического состояния производственного участка 338
4.10.1 Органолептический контроль 339
4.10.2 Химический контроль 340
4.10.3 Бактериологический контроль 340
Очистка сточных вод 341
4.11 Основы 341
4.12 Природа загрязнений 342
4.13 Способы очистки сточных вод 343
4.14 Литература 346

5 ПРОИЗВОДСТВО ЙОГУРТА И РОДСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ: ТРАДИЦИИ И НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ 350
5.1 Введение 350
5.2 Стандартный промышленный йогурт 351
5.3 Йогурт из молока различных животных 353
5.3.1 Йогурт из козьего молока 354
5.3.2 Йогурт из овечьего молока 356
5.3.3 Йогурт из молока буйволиц 358
5.3.4 Йогурт из молока верблюдиц 360
5.4 Йогурт длительного хранения (подвергнутый тепловой обработке) 361
5.4.1 Технология 362
5.4.2 Влияние термообработки на свойства продукта 364
5.5. Питьевой йогурт 365
5.5.1. История вопроса 365
5.5.2 Особенности технологического процесса 365
5.5.3 Другие напитки на основе йогурта 368
5.5.4 Газированный йогурт 368
5.6 Йогурт с гидролизованной лактозой 369
5.7 Концентрированный или фильтрованный (процеженный) йогурт 371
5.7.1 Введение. Возможные наименования 371
5.7.2 Способы производства 373
5.7.3 Влияние различных факторов на свойства продукта 379
5.7.4 Микроструктура 380
5.7.5 Родственные йогурту продукты 385
5.8 Замороженный йогурт 389
5.8.1 История возникновения, стандарты и маркетинг 389
5.8.2 Технология 390
5.8.3 Родственные замороженному йогурту продукты 393
5.9 Сухой йогурт 394
5.9.1 Введение 394
5.9.2 Способы производства 395
5.9.3 Кишк и родственные ему продукты 398
5.10 Биойогурт 404
5.11 Йогурт с заменителями жира 407
5.12 Йогурт с растительным маслом 410
5.13 Йогурт, полученный с помощью химических коагулянтов 412
5.14 Йогурт из соевого молока 413
5.15 Прочие йогуртоподобные продукты, продукты на основе йогурта 416
5.16 Дальнейшие перспективы и выводы 417
5.17 Литература 418

6 МИКРОБИОЛОГИЯ ЙОГУРТА И БИОЗАКВАСОК 438
6.1 Введение 438
6.1.1 История вопроса и классификация 439
6.1.2 Модификация стартерных культур закваски 445
6.1.3 Возможные генетические модификации 446
6.2 Характеристики роста микроорганизмов 447
6.2.1 Молоко как среда культивирования микроорганизмов 448
6.2.2 Ассоциативный рост 449
6.3 Факторы, обусловливающие замедленный рост культур закваски 452
6.3.1 Вещества, присутствующие в натуральном молоке в природных условиях 453
6.3.2 Влияние температуры сквашивания и дозы закваски 454
6.3.3 Маститное молоко и содержание соматических клеток 454
6.3.4 Перекись водорода (H2O2) 455
6.3.5 Остаточное присутствие антибиотиков 456
6.3.6 Остаточное содержание моющих и дезинфицирующих средств 460
6.3.7 Загрязнения из окружающей среды 461
6.3.8 Бактериофаги 462
6.3.9 Бактериоцины 469
6.3.10 Прочие факторы 469
6.4 Заключение 473
6.5 Литература 474

7 БИОХИМИЯ ФЕРМЕНТАЦИИ (БРОЖЕНИЯ) 484
7.1 Введение 484
7.2 Углеводный обмен 485
7.2.1 Гомоферментативное молочнокислое брожение 485
7.2.2 Гетероферментативное молочнокислое брожение 487
7.2.3 Лактазная активность 488
7.2.4 Образование молочной кислоты 489
7.2.5 Образование экзополисахаридов (ЭПС) 492
7.2.6 Образование вкусовых веществ 495
7.3 Метаболизм белков 503
7.3.1 Строение молекулы белка молока 503
7.3.2 Протеолитические ферменты 504
7.3.3 Протеолиз под действием микроорганизмов йогурта ..... и биопродуктов 505
7.3.4 Продукты протеолиза 512
7.4 Метаболизм липидов/жиров 516
7.4.1 Введение 516
7.4.2 Изменения содержания свободных и этерифицированных жирных кислот 518
7.4.3 Изменения содержания летучих жирных кислот 519
7.5 Метаболизм витаминов 521
7.5.1 Общие основы 521
7.5.2 Биосинтез фолиевой кислоты 524
7.5.3 Биосинтез ниацина 525
7.5.4 Биосинтез витамина B6 526
7.6 Прочие изменения 526
7.7 Литература 529

8 ПРОИЗВОДСТВО ЗАКВАСКИ И СПОСОБЫ ЕЕ КОНСЕРВИРОВАНИЯ 540
8.1 Введение 540
8.2 Способы сохранения закваски 541
8.2.1 Жидкие закваски 543
8.2.2 Сухие закваски 544
8.2.3 Замороженные закваски 550

8.3 Технология производства клеточной биомассы 554
8.3.1 Характеристики культивирования 555
8.3.2 Концентрация клеточной биомассы 555
8.4 Производственные системы для получения закваски 559
8.4.1 Вводные замечания 559
8.4.2 Традиционные методы 560
8.4.3 Механически защищенные системы 561
8.4.4 Системы управления уровнем кислотности 566
8.4.5 Среды, устойчивые к бактериофагам и среды, их подавляющие (СУБ/СПБ) 567
8.5 Заключение 567
8.6 Литература 568

9 ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЙОГУРТОВ 572
9.1 Введение 572
9.2 Углеводы 573
9.2.1 Доступные (усваиваемые) углеводы 573
9.2.2 Недоступные (неусваиваемые) углеводы 576
9.3. Белки 577
9.4 Липиды 578
9.5 Витамины и минеральные вещества 579
9.6 Йогурт и здоровье человека 580
9.6.1 Лечебные свойства йогурта 581
9.6.2 Лечебные свойства биойогурта 582
9.7 Заключение 586
9.8 Литература 588

10 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЙОГУРТА 592
10.1 Введение 592
10.2 Принципы HACCP 594
10.2.1 Введение 594
10.2.2 Внедрение системы HACCP 595
10.3 Мониторинг действующего оборудования 600
10.4 Контроль сырья и вспомогательных материалов 602
10.4.1 Молоко 602
10.4.2 Сухое молоко 604
10.4.3 Заквасочные культуры для стандартного йогурта 606
10.4.4 Закваски для биойогуртов 611
10.5 Оценка качества продуктов, предназначенных для торговой сети 611
10.5.1 Анализ химического состава 612
10.5.2 Контроль физических свойств 615
10.5.3 Микробиологический контроль 625
10.5.4 Оценка органолептических показателей 633
10.6 Заключение 640
10.7 Литература 640

Приложение I. Способы выражения титруемой кислотности и ее значения, соотнесенные с процентным содержанием молочной кислоты 650

Предметный указатель 653

Предисловие ко второму изданию

Когда в 1985 г. было опубликовано первое издание этой книги, на розничном рынке йогуртов в Европе, Северной Америке и Австралии преобладал один продукт — перемешаный фруктовый йогурт, а естественный густой йогурт занимал свою определенную нишу. Выпускались в небольшом объеме некоторые традиционные продукты, такие как *лабне* и *питьевой йогурт*, но в целом выбор у потребителя был весьма ограничен.

За последние десять лет эта ситуация изменилась. Сначала конкурентная борьба за свою долю выгодного рынка кисломолочных напитков привела к появлению многочисленных вариантов основных продуктов, а затем мощный импульс дало отрасли появление био-йогуртов с мягким вкусом. В этих йогуртах ферментацию обеспечивают бактерии с профилактическими/терапевтическими свойствами, и хотя многие аспекты производства йогурта остались прежними, введение этих новых культур привело к значительным изменениям как в отношении потребителя, так и в технологии производства.

В свете последних достижений стало очевидным, что переиздание этой книги сильно запоздало, и мы надеемся, что читатели оценят раздел о био-йогуртах и дополнительную информацию об этом замечательном секторе молочной промышленности.

Автоматизация производства йогурта связана с использованием сложной техники и технологии. Эти разделы были подготовлены Дж. Бердом (*J. Bird*) и И. Честером (*I. Chester*), которые представляют наиболее передовые фирмы в мире.

Мы хотим выразить свою благодарность им и всем тем компаниям, которые предоставили нам технические данные и иллюстрации. Мы также благодарны миссис А. Пикок (*A. Peacock*) (*SAC*) за ее терпение при печати рукописи, а также миссис И. Гэмбл (*Y. Gamble*) и миссис Э. МкКолл (*E. McCall*) (*SAC*) за подготовку необходимых фотографий и иллюстраций.

А. И. Тамим (A. Y. Tamime)
Р. К. Робинсон (R. K. Robinson)

Предисловие к первому изданию

Хотя в мире производится множество видов местных кисломолочных продуктов, только йогурт распространился действительно по всему миру. Эта популярность обусловлена рядом факторов: приятный ароматный вкус натурального йогурта, его репутация как здоровой пищи, и прежде всего то, что его густая сливочная консистенция идеально сочетается с фруктами. Именно эта природная совместимость с фруктами привела йогурт на рынок, и с момента его появления в 1950-е годы продажи йогуртов неуклонно возрастают.

В настоящее время каждый год производятся миллионы литров йогурта, но поскольку производство остается, в сущности, естественным биологическим процессом, успех не является гарантированным. Именно эта капризная сущность брожения делает продукт столь замечательным, и действительно, если система не была бы столь подвержена изменениям, не было бы большого смысла в создании этой книги. Некоторые аспекты производства во многом стандартизированы, но проблемы все равно остаются. И только глубокое понимание природы йогурта может дать тем, кто связан с его производством и распространением, уверенность, исключающую неудачи в производстве.

Очевидно, что опыт — лучший учитель, но если эта книга поможет понять некоторые сложные вопросы производства йогурта, ее создание будет оправдано.

1983
А. И. Тамим (A.Y.Tamime)
Р. К. Робинсон (R.K.Robinson)

Предисловие к русскому изданию

С уверенностью можно сказать, что в настоящее время йогурт — один из наиболее распространенных и потребляемых повсеместно кисломолочных продуктов. Ассортимент йогуртов, производимых мировым сообществом, весьма широк и разнообразен. Наряду с классическим натуральным йогуртом, полученным сквашиванием молока с повышенным содержанием сухих веществ закваской, в состав которой входят термофильный молочнокислый стрептококк и болгарская палочка, существует множество видов продуктов различного состава с многочисленными наполнителями и ароматизаторами, имеющих плотный ненарушенный или нарушенный сгусток. В последние годы признание потребителя получили биойогурты, содержащие живые клетки пробиотических культур, а также различные йогуртные напитки, имеющие в своем составе фруктовые соки и обогащенные витаминами, микро- и макроэлементами, пищевыми волокнами. Известны и востребованы также йогурты и десерты на их основе с увеличенным сроком годности за счет применения тепловой обработки готового продукта.

В нашей стране, где с применением термофильного молочнокислого стрептококка и болгарской палочки длительное время выпускаются такие кисломолочные продукты, как мечниковская простокваша, ряженка, напитки «Снежок» и «Южный», йогурт также пользуется широким спросом. И нужно сказать, что отечественные производители, достигнув определенных успехов в этой области, прочно «обосновались» на российском рынке йогуртов.

Одной из побудительных причин для дальнейшего расширения ассортимента, совершенствования технологии, повышения качества выпускаемой продукции служат условия достаточно жесткой конкуренции, что предполагает знание сущности процессов и особенностей технологии отдельных видов йогурта, изыскание надежных путей обеспечения безопасности продукта и его высоких потребительских свойств.

В предлагаемой вниманию специалистов молочной промышленности книге собраны и обобщены сведения по истории возникновения и развития производства йогурта — от кустарного до современного промышленного. В ней представлены результаты многочисленных научных исследований, касающиеся конкретных аспектов его производства, основополагающих для получения продукта высокого качества и с заданными свойствами. Серьезное внимание уделено вопросам подготовки молочной основы, приготовления заквасок, санитарной обработки оборудования, а также контроля производства.

Каждая из глав содержит наряду с описательным материалом его анализ и конкретные практические рекомендации. Несомненным достоинством книги является уникальная в своем роде библиография зарубежных работ по кисломолочным продуктам.

Эта книга, несомненно, будет полезна специалистам, занятым в области переработки молока и, в частности, производства йогуртов и родственных им продуктов, аспирантам и студентам, обучающимся по данному направлению, работникам исследовательских институтов и лабораторий, специалистам санэпидемнадзора и служб сертификации, а также всем интересующимся вопросами производства продуктов здорового питания.

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии молока и молочных продуктов СПбГУНиПТ
Л. А. Забодалова

1
ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

1.1 Введение

Ферментация — один из старейших методов, используемых людьми для получения из молока продуктов с увеличенным сроком хранения. Трудно определить точно, когда начали изготавливать ферментированные молочные продукты. Возможно, это произошло около 10–15 тысяч лет назад, когда люди перешли от собирательства к производству пищи [12]. Эта перемена сопровождалась одомашниванием животных (коров, овец, коз, буйволов и верблюдов). Весьма вероятно, что в различных регионах этот переход происходил в разное время. Археологические находки свидетельствуют о том, что некоторые цивилизации (например, шумеры и вавилоняне в Месопотамии, жители Фароса на северо-востоке Африки и индийцы в Азии) были сведущи в сельском хозяйстве и животноводстве (в частности, в производстве таких ферментированных молочных продуктов, как йогурт).

Хотя точные данные о происхождении йогурта отсутствуют, вера в его благотворное влияние на организм человека давно существует у многих цивилизаций. Так, персы приписывают именно йогурту плодовитость и долголетие Авраама, а в более позднее время считалось, что французского императора Франциска I вылечили от подтачивающей здоровье болезни с помощью йогурта из козьего молока [14].

По всей вероятности, йогурт появился на Среднем Востоке, и технология его приготовления складывалась и совершенствовалась благодаря кулинарному искусству живших там кочевников. Сейчас ферментированные продукты производят во многих странах [3, 11], но лишь немногие из них известны на международном рынке.

1.2 Эволюция технологии

Получение молока на Среднем Востоке всегда было процессом сезонным, ограниченным несколькими месяцами в году. Основная причина этого ограничения доступности молока — отсутствие интенсивного воспроизводства животных. Фермерством, как и на ранних этапах истории, занимались кочевники, перемещавшиеся с одного пастбища на другое. Этот образ жизни заставлял их несколько месяцев подряд находиться вдали от населенных городов и деревень, где можно было бы продавать продукцию животноводства. Другой важный фактор — это субтропический климат Среднего Востока с летними температурами, достигающими 40 °С. В таком климате молоко может скиснуть и свернуться за короткое время доения. В те времена дойка осуществлялась вручную; охлаждение молока было невозможно; крайне высок риск загрязнения микроорганизмами из воздуха, от животного, кормов или рук человека. В таких условиях транспортировать или даже хранить молоко сколько-нибудь долго невозможно. Поэтому большая часть населения употребляет молоко редко, и даже кочевники вынуждены были использовать молоко практически сразу после получения.

Однако уже давно стало очевидно, что сквашивание молока — процесс неоднозначный. Так, при действии посторонней микрофлоры образуется пресный, неоднородный сгусток с пузырьками газа и сильным отделением сыворотки. Молочнокислые бактерии позволяют получить приятный на вкус продукт, который принято называть кисломолочным.

Выращивая коров, коз, овец и верблюдов, кочевники Среднего Востока постепенно осваивали и совершенствовали процесс сквашивания молока именно этих животных. К основным особенностям этого процесса относят:

- сквашивание за счет естественной микрофлоры молока путем использования одних и тех же емкостей или добавлением новых порций свежего молока к кислому;
- нагревание молока над открытым огнем для некоторого концентрирования его составных частей; при этом конечный сгусток приобретает приятную вязкую консистенцию вследствие изменения свойств казеина;
- заквашивание молока, охлажденного после тепловой обработки до температуры тела или комнатной, кислым молоком из предыдущей партии, чтобы преобладающими стали термофильные штаммы молочнокислых бактерий;
- отбор молочнокислых бактерий, способных выдержать высокую кислотность и придающих продукту его специфический вкус;
- уничтожение всех присутствующих в молоке патогенных микроорганизмов.

Несмотря на исключительно интуитивный подход, сквашивание молока стало вскоре известным и достаточно распространенным способом его сохранения, и с начала 1900-х гг. определенные микроорганизмы широко используются для промышленного производства кисломолочных продуктов в различных странах. Один из таких продуктов — йогурт, название которого происходит от турецкого слова «югурт». Многочисленные варианты этого и других названий появились по мере распространения продукта (табл. 1.1).

Таблица 1.1. **Названия йогурта и родственных продуктов**

Традиционное название	Страна
Йугурт/эйран/айран	Турция
Буза	Часть Средней и Центральной Азии, населенная тюркскими народами
Киссель млека/найа/йаурт	Балканы
Урготник	Балканские горы
Лебан/лабан или лабан раеб	Ливан и некоторые арабские страны
Забади/забад	Египет и Судан
Маст/доу/ду	Иран и Афганистан
Роба/роб	Ирак
Дахи/дадхи	Индия
Мацун, мацони, мадцун	Армения
Катык	Закавказье
Яурти	Греция
Сиедду	Италия
Меццораду	Сицилия
Гиодду	Сардиния
Тархо/тахо	Венгрия
Вили	Финляндия
Фильмйолк/филбунке/филбунк/сюрмельк/теэттемьолк/теттемельк	Скандинавия
Йогурте	Бразилия и Португалия
Скир	Исландия
Грузовина	Югославия
Донская/варенец/кургна/ряженка/гуслянка	Россия
Тараг	Монголия
Шосим/шо/тара	Непал
Йогурт/йаорт/йоурт/йаурти/йогур/йагурт	Другие

По [1, 9, 15, 17]

1.3 Разнообразие ферментированного молока

Существует около 400 названий традиционных и коммерческих видов ферментированных молочных продуктов [11]. Хотя эти продукты могут иметь различные названия, они практически одинаковы. Основываясь на используемом виде молока, видах преобладающих микроорганизмов и основных продуктах их метаболизма, в работе [13] авторы предложили схему классификации разновидностей ферментированного молока, которая делит их на три основные категории:

- продукты, полученные с использованием молочнокислых микроорганизмов;
- продукты, полученные с использованием молочнокислых микроорганизмов и дрожжей;
- продукты, полученные с использованием молочнокислых микроорганизмов и плесеней (рис. 1.1).

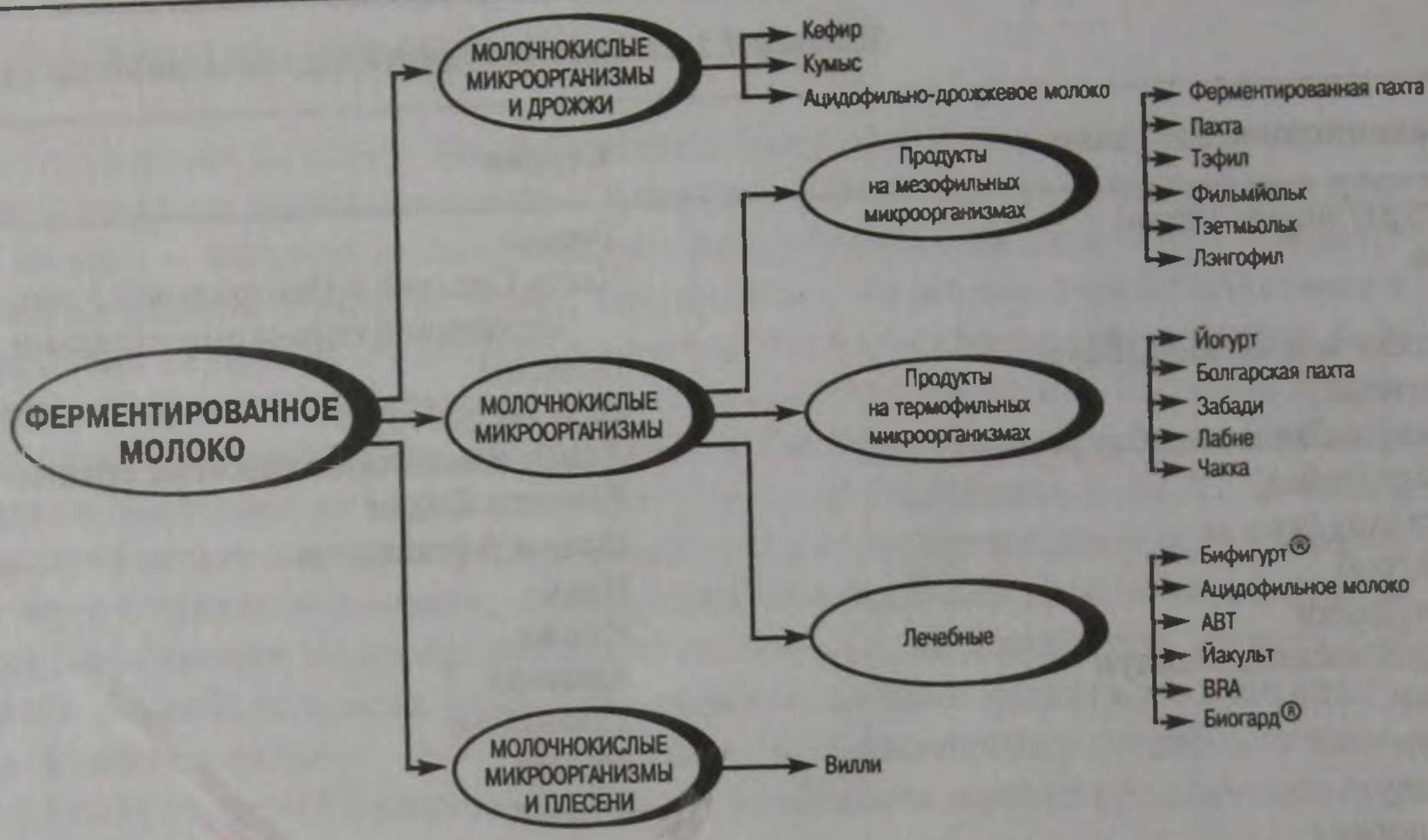


Рис. 1.1. Классификация ферментированных молочных продуктов (дополнительно см. табл. 5.15)

Обзор этих продуктов приведен в работе [16].

Хотя йогурт обладает рядом полезных свойств, он легко портится, например, при высокой температуре окружающей среды — в течение нескольких дней. Поэтому на Среднем Востоке искали простые способы увеличения его сохранности.

Первый шаг в этом направлении оказался весьма прост, поскольку кочевники использовали для хранения молока бурдюки, изготовленные из шкур животных. Обычно йогурт употребляли в пищу вскоре после приготовления, но если его оставляли на некоторое время в подвешенном бурдюке, состав продукта резко менялся. Так, поскольку сыворотка испарялась через кожу, относительное содержание сухих веществ и кислотность йогурта возрастали. В результате получался концентрированный йогурт с кислотностью более 2,0% молочной кислоты* и содержанием сухих веществ около 25 г/100 г. Первоначально содержание сухих веществ в йогурте было 12–13 г/100 г, а кислотность — около 1,5% молочной кислоты. Основными источниками богатства и пищи кочевников являлись животные, которых они разводили, и молоко этих животных. Поэтому относительная устойчивость концентрированного йогурта к порче казалась кочевникам привлекательной.

Подтверждением этой тенденции может служить тот факт, что в Армении для получения продукта, называемого «тан» или «тхан» обычно прессуют мацун (армянский йогурт). В отдаленных деревнях Турции подобным образом перерабатывают излишки молока, добавляя их к йогурту, хранящемуся в бурдюке из козьей или овечьей шкуры. Другой метод концентрирования йогурта — помещение продукта в глиняный сосуд. Египтяне называют такой продукт «лебен зеер».

Однако даже концентрированный йогурт теряет вкусовые свойства за одну-две недели, и именно поэтому популярным быстро стал соленый йогурт. Засолка (по-

* 0,009% молочной кислоты соответствуют 1 °Т. — *Прим. науч. ред.*

ВЕДОМОСТИ
издательский дом

Ежемесячное информационно-аналитическое издание освещает вопросы, связанные с производством молочной продукции, рассказывает о тенденциях развития рынка, предоставляет сведения о прогрессивном оборудовании и новых технологиях, рассказывает о фирмах, предлагающих ингредиенты и упаковочные материалы, освещает вопросы стандартизации и сертификации, помогает в поисках партнеров по реализации продукции и в подборе квалифицированных кадров.

ОТРАСЛЕВЫЕ ВЕДОМОСТИ

ПЕРЕРАБОТКА МОЛОКА

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОДУКЦИЯ

3 (41) 2003

www.milkbranch.ru

4 ПРОИЗВОДСТВО СЛИВОЧНОГО МАСЛА В РОССИИ

10 СЫРЫ С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ СЫРНОЙ МАССЫ ДО ФОРМОВАНИЯ

16 КАК ВЫБИРАТЬ ЕМКОСТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ?

19 АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОКА

Обзор российского рынка молочной продукции за первое полугодие 2002 года

1. Состояние сырьевой базы на 1 июля 2002 года

Российские производители молока завершили 2001 год с положительными результатами. Тенденция роста надоев сохранилась и в текущем году, несмотря на продолжающееся сокращение поголовья коров. Согласно предварительным официальным данным на 1 июля 2002 г. в сельскохозяйственных предприятиях поголовье коров сократилось до 5919,1 тыс., что составляет 94,4% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (6267,4 тыс. голов). При этом продуктивность коров растет. В первом полугодии было надоено в расчете на одну корову на 12,2% больше, чем в 2001 г., а именно 1455 кг против 1297 кг.

Развитием сырьевой базы в последние годы занимается большинство крупных молокоперерабатывающих предприятий, объединивших под своим началом молочно-товарные фермы. Однако имеющиеся собственные средства, даже у крупных компаний, как правило, ограничены, что сдерживает интенсивное развитие этого процесса.

Производство молока, включая закупленное у населения по договорам, достигло на 1 июля 8448,2 тыс.т, что составило 105,3 % по сравнению с тем же периодом прошлого года (8021,7 тыс. т). Увеличение надоев молока отмечено во всех федеральных округах РФ, в том числе и в наименее благополучном в этом отношении Дальневосточном (101,9%). Наибольший рост валового производства молока отмечен в следующих областях:

Алтайском крае - 113,7% с 298,1 до 341,1 тыс.т;

Нижегородской области - 109, 6% с 242,7 до 266,6 тыс.т;

Белгородской области - 111,3% с 217,3 до 243 тыс.т;

Омской области - 116,1%, с 193,3 до 225,2 тыс.т

Максимальные объемы молока получены в Краснодарском крае - 515,7 тыс. т, Республике Татарстан - 454,2 тыс. т и в Московской области - 450,2 тыс. т. Вместе с тем есть регионы, где объем производства сырого молока снизился по сравнению с прошлым годом, например в Республиках Адыгея и Калмыкия. В силу природных условий наименьшее количество молока производится сельскими хозяйствами Эвенкийского автономного округа - 0,1 тыс. т и Корякского автономного округа - 0,1 тыс. т.

При формировании закупочных цен на сырое молоко в этом году во всех регионах РФ доминирует понижательный тренд. Средние закупочные цены на сырое молоко в основных регионах - производителях молока РФ по состоянию на 31 июля 2002 года колебались в интервале от 3 до 4 рублей за литр, колебания цен в зависимости от качества молока составляют от 60 до 80 копеек за литр. При этом практикуется дифференцированная оплата разным поставщикам при одинаковом качестве продукта. Как правило, по самым низким ценам закупается молоко в личных подсобных хозяйствах. Многие предприятия испытывают нехватку оборотных средств для расчета с поставщиками сырья.

Увеличение объемов молока в первом полугодии 2002 г. в РФ вызвало рост производства практически всех основных групп молочных продуктов -цельномолочная продукция, сыры жирные, молоченные консервы, сухое обезжиренное молоко (СОМ). Темпы роста объемов производства колеблются в пределах от 101 до 137%. Самые высокие темпы роста среди молочных продуктов отмечены в производстве сухих заменителей женского молока и сухих молочных

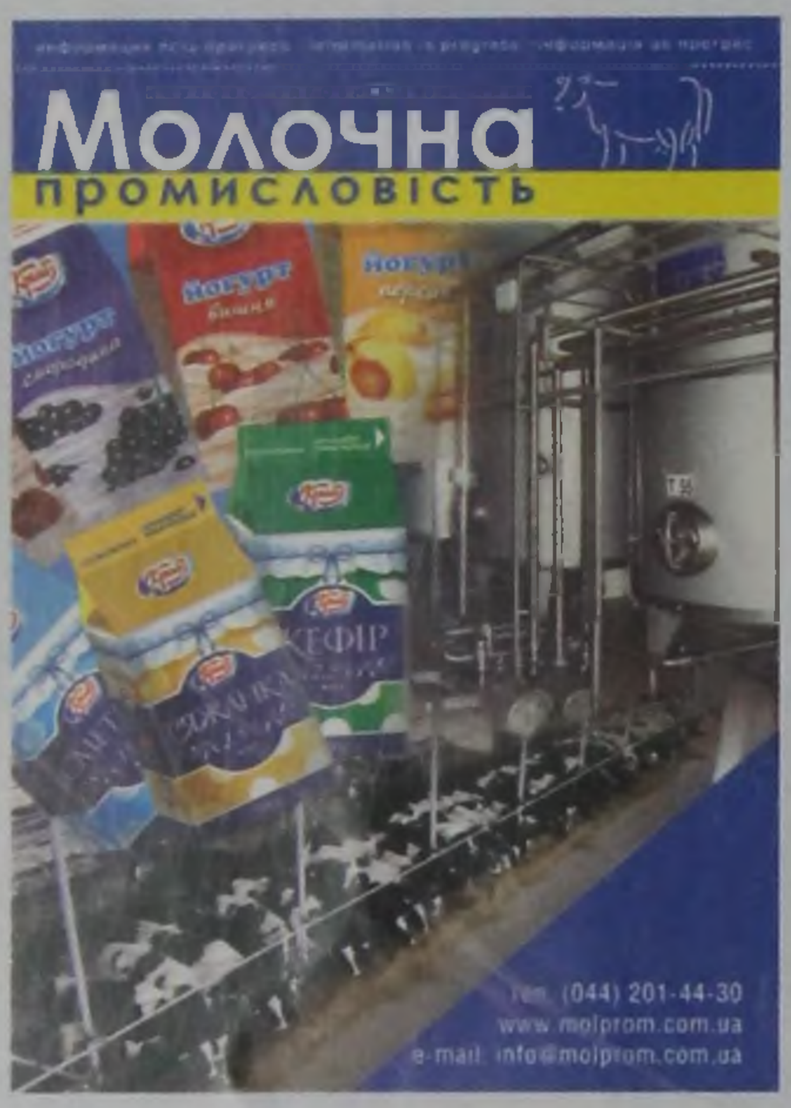
Подписные индексы: 40866 – Россия
40966– СНГ

105066, Москва, а/я 211
Тел./факс: (095) 267-40-10, 265-02-10
e-mail: sasha@milkbranch.ru
www.milkbranch.ru

Для всех, чья деятельность связана с производством молочной продукции

украинский отраслевой журнал

www.molprom.com.ua



«Молочна промисловість» публикует:

— материалы о новых научных разработках и технологиях производства молочной продукции;

— отраслевые стандарты, нормативные документы и законодательные акты;

— аналитические материалы, экспертные оценки процессов, происходящих на рынке, прогнозы развития ситуации, маркетинговые исследования;

— ценовую информацию в региональном разрезе и цены мирового рынка;

— статьи о работе передовых предприятий отрасли, торговых компаниях и производителях молочной продукции в рамках обмена опытом со всеми предприятиями отрасли.

Задача журнала «Молочна промисловість» — способствовать полноценному информационному обмену между предприятиями, компаниями и организациями, деятельность которых связана с производством молочной продукции.

Периодичность выхода — 1 раз в 2 месяца. Распространение через редакцию:
тел. (+38 044) 201-44-30 e-mail: info@molprom.com.ua web: www.molprom.com.ua

Редакция журнала «Молочна промисловість» предлагает Вам приобрести

новый отраслевой справочник

Разделы справочника:

Переработка молока
Упаковка
Ингредиенты
Оборудование
Обзор рынка

В справочник включена информация о предприятиях отрасли с уточненными адресами, телефонами, Ф.И.О. руководителей, индикативными объемами производства и видами выпускаемой продукции.

Справочная информация сопровождается географическими картами областей Украины с нанесенным местоположением предприятий. Кроме переработчиков молока, справочник содержит информацию о поставщиках оборудования, упаковки и ингредиентов для молочной промышленности.

По вопросам приобретения справочника обращаться в редакцию журнала «Молочна промисловість»:
тел. (+38 044) 201-44-30 e-mail: info@molprom.com.ua

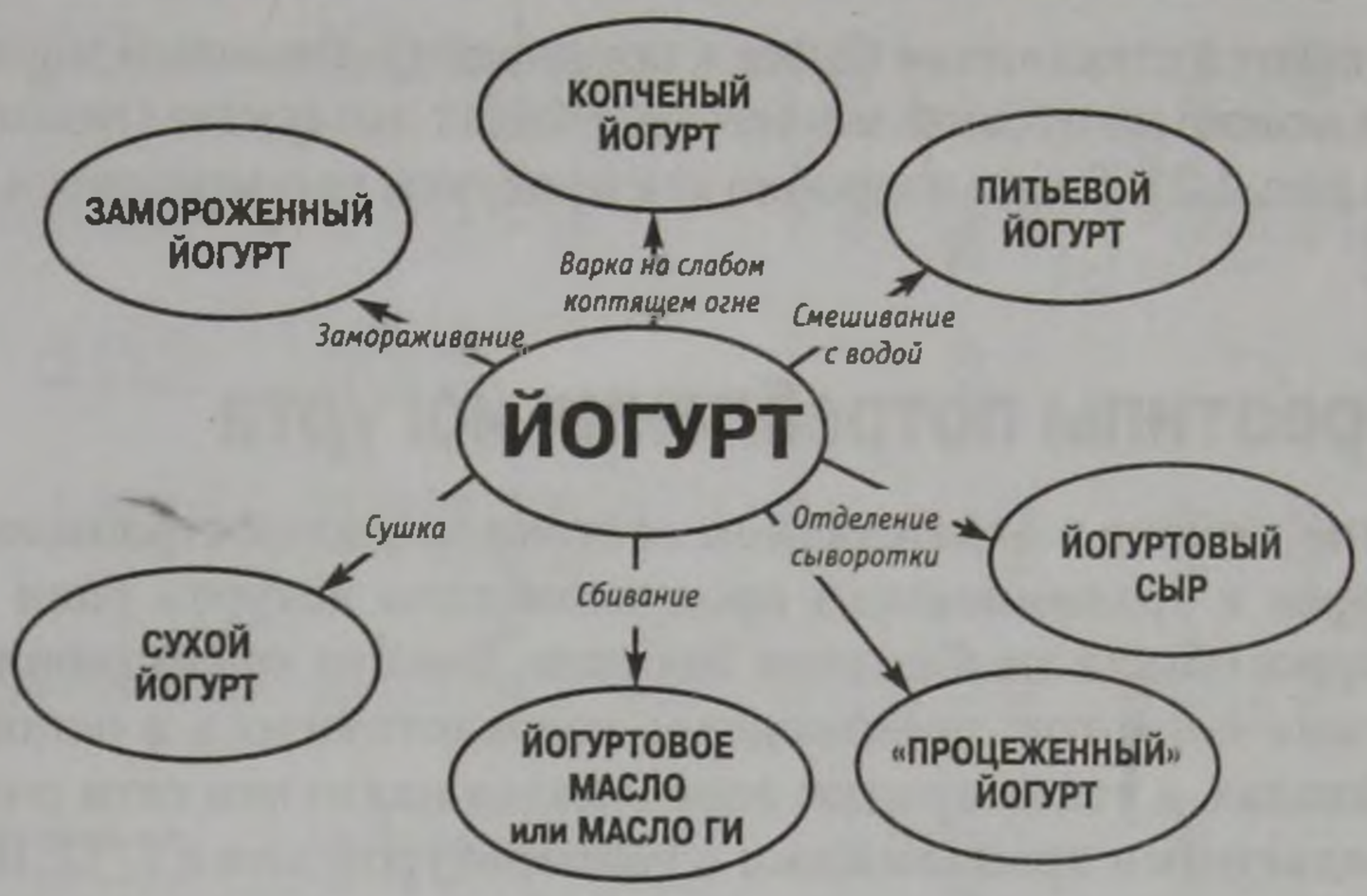


Рис. 1.2. Схема, демонстрирующая различные процессы производства родственных йогурту продуктов

солка) — метод, используемый человечеством для сохранения пищи с давних пор, но при добавлении соли к концентрированному йогурту она действует также и как нейтрализующее вещество, снижая кислый вкус продукта. В Турции получают различные продукты из концентрированного йогурта, добавляя разное количество соли. Еще один традиционный способ увеличения срока хранения йогурта используется в Ливане, где из соленого продукта изготавливают шарики диаметром 2 см и сушат их на солнце. Затем частично высушенные йогуртовые шарики помещают или в глазурованную керамическую посуду или в стеклянные банки, покрывая их оливковым маслом. Этот продукт называют «зимним йогуртом» и употребляют в пищу, намазывая на хлеб. Срок хранения такого йогурта — до 18 месяцев. Его можно использовать, когда натуральный йогурт недоступен.

Еще один способ сохранения йогурта — нагревание в течение нескольких часов на слабом огне при сжигании определенного вида древесины. Конечный продукт такого типа называют «копченым йогуртом». Этот вид йогурта также сохраняют в зимние месяцы, помещая его в сосуды и покрывая либо оливковым маслом, либо топленым жиром.

В некоторых странах (Турция, Ливан, Сирия, Ирак и Иран) концентрированный йогурт обрабатывают, получая совершенно иной продукт с почти неограниченным сроком хранения — так называемый «высушенный йогурт». При этом молоко перерабатывается в йогурт традиционным способом, затем в него втирают пшеничную муку, манную крупу или пшеницу, обваренную кипятком (местное название — «бургхол»). Йогуртово-пшеничную смесь делят на небольшие порции — «таблетки», которые сушат на солнце. Этот продукт, называемый «кишк», продают в виде «таблеток» или молотым — в виде муки. Кишк как блюдо готовят, добавляя к йогуртово-пшеничной смеси воду, затем варят смесь на слабом огне, получая похожий по консистенции на кашу продукт, который обычно едят с хлебом. Из концентрированного йогурта получают также другой продукт, называемый «чанклич». Для его получения йогурт частично высушивают, а затем смешивают со специями и травами. Затем из смеси делают

527737
С. Торайгыров атындағы ПМУ-дің академик С.Бейсембаев атындағы ғылыми КІТАПХАНАСЫ

шарики, помещают в стеклянные банки и покрывают оливковым маслом. Очевидно, что из йогурта можно изготовить множество разных продуктов (некоторые примеры приведены на рис. 1.2). Более подробно эти продукты рассмотрены в главе 5.

1.4 Стереотипы потребления йогурта

Когда хранение молока в охлажденном состоянии распространилось достаточно широко, интерес к традиционным продуктам типа йогурта упал повсеместно, кроме некоторых общин на Среднем Востоке. Вместо традиционных появилось новое поколение йогуртов; производство сосредоточилось в основном на крупных молокозаводах, а успех продаж определялся наличием сети розничных магазинов с охлаждаемыми хранилищами с температурой ниже 7 °С. Первоначально производство было ограничено натуральным йогуртом, и покупателями являлись в основном те, кто верил в полезность йогурта для здоровья. Постепенно отношение к йогурту изменилось, и появление фруктовых йогуртов в 1950-х гг. придало продукту совершенно новый имидж. Из специального продукта для здорового питания йогурт превратился в популярную и недорогую пищу. Данные о его производстве свидетельствуют о расширении рынка. В Великобритании, например, продажа йогурта в 1990 г. в денежном выражении составила около 400 млн фунтов стерлингов [2], и такие объемы характерны теперь для многих стран мира. Общее производство йогуртов возрастает, что подтверждается данными, приведенными в табл. 1.2.

Из табл. 1.2 видно, что ферментированное молоко, и особенно йогурт, потребляется во всем мире, и в соответствии с [10] на его потребление могут влиять:

- наличие молока;
- привычки в питании;
- уровень дохода;
- реклама;
- ассортимент ферментированных продуктов на рынке;
- система сбыта;
- взаимосвязь с потреблением других молочных продуктов;
- религия.

Тем не менее в большинстве стран проанализировать потребление пахты довольно трудно, так как: а) традиционная или натуральная пахта — побочный продукт изготовления масла из созревших или ферментированных сливок; б) ферментированная пахта производится ферментацией обезжиренного молока с добавлением хлопьев масла и в) имеется сладкая неферментированная пахта. Поэтому данные для пахты, приведенные в табл. 1.2, следует воспринимать с осторожностью. Ферментированные молочные продукты, полученные с помощью мезофильных молочнокислых бактерий (см. рис. 1.1), широко распространены в Скандинавских странах, а полученные с применением молочнокислых микроорганизмов и дрожжей популярны на территории бывшего Советского Союза, в Восточной Европе и Монголии.

Таблица 1.2. **Годовое потребление ферментированного молока на душу населения (кг/чел) в некоторых странах**

Страна	1975[а]			1980			1985			1990			1993		
	П[б]	Й[б]	Д[б]	П	Й	Д	П	Й	Д	П	Й	Д	П	Й	Д
Австралия	–	1,0		–	1,8	–	–	2,8	–	–	3,5	–	–	4,8	–
Австрия	0,6	3,4	3,9	2,0	5,8	2,0	2,2	6,6	2,2	2,9	7,5	–	1,9	8,6	2,5
Бельгия	6,7	5,1	–	2,8	4,9	–	2,3	6,0	0,06	1,9	6,5	1,2	2,3	5,7	3,9
Канада	4,4	0,7	–	0,6	1,7	–	0,6	2,5	–	0,5	3,2	–	0,4	3,1	–
Чили					1,4			2,5			3,9				
Чехословакия	0,9	1,3	1,7	3,1	1,7	2,5	3,9	2,5	3,1						
Дания	23,1	5,9	7,1	9,8	9,1	7,8	8,4	8,0	7,5	6,9	7,8	6,9	5,6	8,3	6,8
ФРГ	7,7	4,6	4,2	2,2	6,7	1,2	2,1	7,9	1,1	2,8[в]	10,6[в]	0,8[в]	2,6[в]	11,3[в]	0,9[в]
Финляндия	7,2	6,3	29,1	4,1	8,4	28,5	1,9	9,4	28,0	1,2	11,7	25,4	1,1	13,3	23,7
Франция	1,8	← 7,8[г] →			← 9,3[г] →			← 12,7[г] →			← 16,4[г] →			← 17,3[г] →	
Исландия		1,7			5,7			6,2	14,1		9,9	14,7		9,8	16,1
Индия					3,7	–	18,8	4,0	–	23,1	4,7	–			
Ирландия	12,6	1,0	–	5,7	2,0	–		3,4[г]		3,2	3,1[г]				
Израиль		3,4	10,7		4,7	9,6		6,8	9,1						
Италия				–	1,3		–	1,6	1,3	–	2,6	1,4	–	← 5,0[г] →	
Япония	–	0,8	1,7	–	1,0	1,4	–	2,9	5,0	–	3,9	3,9	–	4,8	3,7
Люксембург	1,9	3,3	0,2		← 5,1[г] →			← 6,8[г] →		1,8	6,1				
Нидерланды	10,5	14,2	–	9,5	17,8	–	8,5	18,1	–	10,7	21,8	–	9,0	20,7	–
Норвегия	–	1,2	7,9	–	2,2	7,9	–	3,1	10,9	–	4,3	10,6	–	6,3	
Польша		← 3,2[г] →		1,3	0,1	0,6	0,9	0,4	0,6						
Испания		3,4			← 6,0[г] →			5,5			8,0			← 9,8[г] →	
Швеция	4,2	2,3	17,6	0,1	4,2	19,7	0,03	5,4	21,9	0,002	7,4	21,7		7,5	21,1
Швейцария	5,5	10,9	–	1,0	13,8	–	1,2	16,2	–	1,7	17,3	–	1,7	17,0	
Великобритания	–	1,7	–	–	2,8	–	–	3,1	–	–	4,3	0,1		4,6	0,2
США	9,0	0,9	–	1,9	1,2	–	2,0	1,8					1,4	2,1	
Страны бывшего СССР	–	–	7,2	–	–	6,2	–	–	7,5						

[а] Данные для пахты включают также обезжиренное молоко. [б] П. Й. Д – пахта, йогурт и другие виды ферментированного молока соответственно.
[в] Данные по ГДР включительно. [г] Данные относятся к йогурту и другим ферментированным продуктам.

Прочерк свидетельствует о том, что продукт не производился; пустая ячейка свидетельствует об отсутствии данных.

По [4–8].

1.5 Способы получения и классификация йогуртов

Суть различных способов получения йогуртов с момента их появления изменилась незначительно. Несмотря на то, что имели место некоторые усовершенствования, особенно в части вида молочнокислых бактерий, вызывающих ферментацию, основные стадии процесса остались прежними, а именно:

- увеличение содержания сухих веществ в обрабатываемом молоке примерно до 14–16 г/100 г;
- тепловая обработка молока, желательно с обеспечением выдержки при достигнутой температуре в течение 5–30 мин (в зависимости от выбранного режима);
- использование закваски, в составе которой преобладают *Lactobacillus delbrueckii*, подвид *bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*;
- сквашивание молока в резервуаре или в потребительской таре в условиях, способствующих получению нежного однородного сгустка с характерным вкусом и ароматом;
- охлаждение и при необходимости дальнейшая обработка, например, добавление фруктов и других ингредиентов, пастеризация или концентрирование (см. главу 5).

В настоящее время производится много различных видов йогурта. В работе [15] предложено разделение йогуртов на основе их физических свойств на четыре категории. Этот подход проиллюстрирован в табл. 1.3.

Родственные йогурту продукты и собственно йогурт группируют на основе следующих факторов:

- нормативные документы (существующие или предлагаемые), классифицирующие продукты на основе химического состава или содержания жира (жирные, цельные, полужирные/средние или нежирные/с низким содержанием жира);
- физические свойства (консистенция) продукта, то есть густой (с ненарушенным сгустком), перемешанный (с нарушенным сгустком) или жидкий/питьевой; (последний рассматривается как перемешанный йогурт с низкой вязкостью);
- вкус (натуральный, фруктовый или ароматизированный; последние два — обычно с добавлением подсластителей);

Таблица 1.3. **Предлагаемая классификация йогуртовых продуктов**

Категория	Физическое состояние продукта	Вид йогурта
I	Жидкое/вязкое	Йогурт
II	Полутвердое	Концентрированный/процеженный
III	Твердое	Замороженный
IV	Порошкообразное	Сухой

По [13, 15, 16]

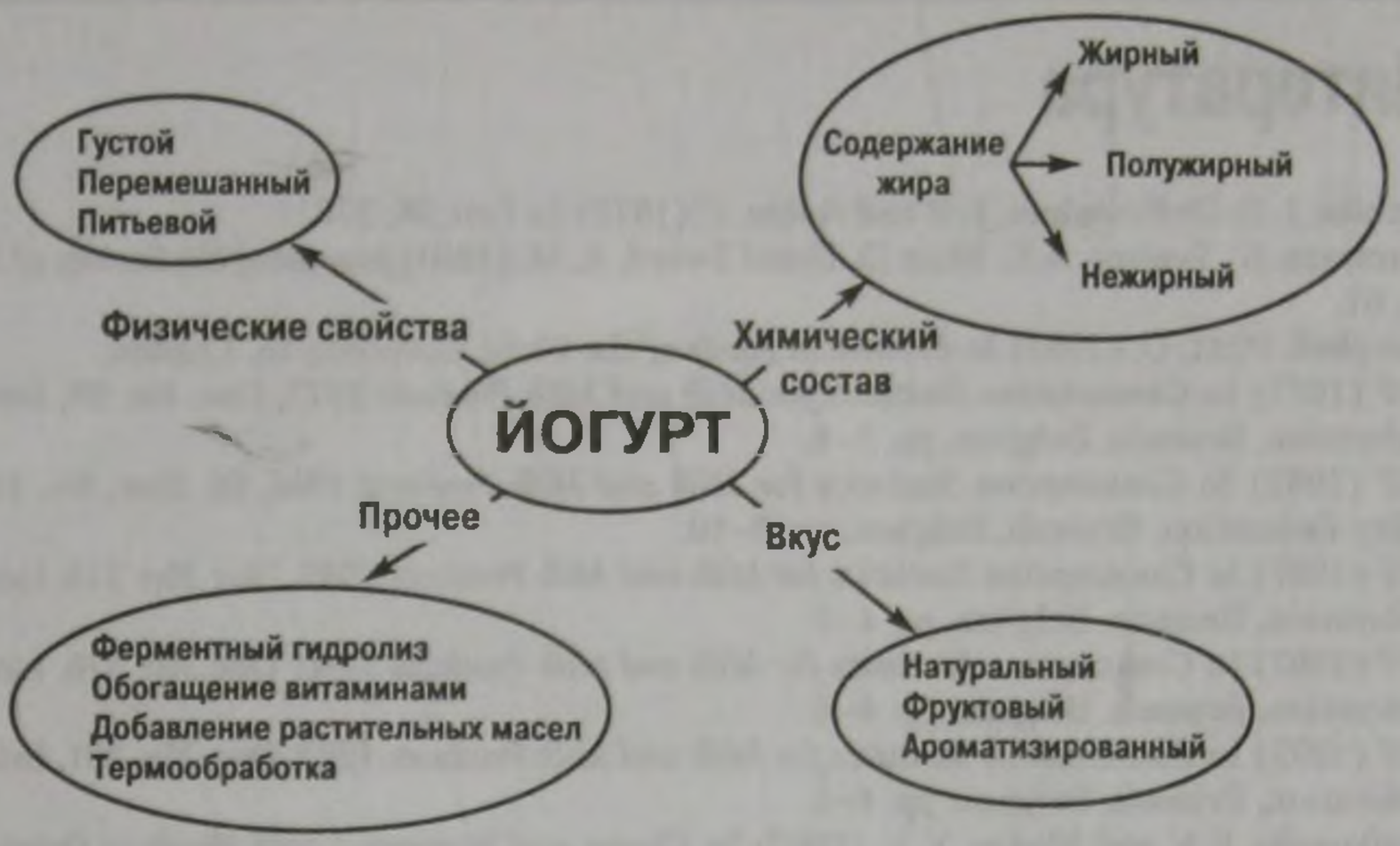


Рис. 1.3. Обобщенная схема классификации йогуртов

- обработка после ферментации (внесение витаминов или термообработка).

Схема классификации йогуртов, основанная на описанных выше критериях, приведена на рис. 1.3.

Поскольку в основе всех технологических процессов промышленного производства лежат общие операции название «йогурт» стало применяться для обозначения целого ряда продуктов: например, «сухой йогурт», «замороженный йогурт» и даже «пастеризованный йогурт». Наличие в названии этих продуктов слова «йогурт» не всегда приемлемо, так как собственно йогурт (в силу особенностей процесса его изготовления) должен содержать в достаточном количестве жизнеспособные бактерии заквасочного происхождения. Однако современный потребитель не ставит под сомнение подлинность продукта, если на упаковке приведена четкая информация о характере его обработки на заключительной стадии процесса, например, «пастеризованный йогурт». Здравый смысл подсказывает, что такой подход будет преобладающим.

Вместе с тем предполагается, что изготовление йогурта всегда должно включать стадию ферментации — сквашивания молока под действием микрофлоры закваски. Это означает, что сгусток, полученный прямым добавлением молочной кислоты, не должен называться йогуртом или продуктом, родственным йогурту. Однако, как показывает практика, именно эта стадия может оказаться непредсказуемой, поскольку продукт здесь подвергается влиянию ряда факторов. Так, изменения в составе молока, нетипичное поведение микрофлоры закваски, недостаточно точное поддержание температурных режимов в ходе технологического процесса могут привести к получению продукта неудовлетворительного качества. Только глубокое понимание процесса ферментации позволяет производителю снизить риск неудачи. Именно этими соображениями руководствовались авторы при обсуждении отдельных аспектов производства йогурта. Несмотря на то, что различные стадии процесса производства взаимосвязаны, удобнее рассматривать их раздельно, что и предпринято в последующих главах.

1.6 Литература

1. Accolas, J. P., Deffontaines, J. P. and Aubin, F. (1978) *Le Lait*, 58, 278.
2. Barrantes, E., Tamime, A.Y., Muir, D. D.and Sword, A. M. (1994) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 47, 61.
3. Campbell-Platt, O. (1987) In *Fermented Foods of the World*, Butterworth, London.
4. IDF (1977) In *Consumption Statistics for Milk and Milk Products 1975*, Doc. No. 93, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 3–4.
5. IDF (1982) In *Consumption Statistics for Milk and Milk Products 1966/80*, Doc. No. 144, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 8–10.
6. IDF (1987) In *Consumption Statistics for Milk and Milk Products 1985*, Doc. No. 213, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 4–6.
7. IDF (1992) In *Consumption Statistics for Milk and Milk Products 1990*, Doc. No. 270, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 4–6.
8. IDF (1995) In *Consumption Statistics for Milk and Milk Products 1993*, Doc. No. 301, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 4–6.
9. Kosikowski, F. V. and Mistry, V. V. (1997) In *Cheese and Fermented Milk Foods — Origins and Principles*, Vol. 1, Published by F. V. Kosikowski. — L. L. C.,Westport, Connecticut, U. S. A., pp. 87–108.
10. Kurmann, J. A. (1984) In *Fermented Milk*, Doc. No. 179, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 8–26.
11. Kurmann, J. A., Rasic, J. L. and Kroger, M. (1992) In *Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products*, Van Nostrand Reinhold, New York.
12. Pederson, C. S. (1979) In *Microbiology of Food Fermentation*, 2nd Edition, AV1, Connecticut, pp. 1–29.
13. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1990) In *Dairy Microbiology — The Microbiology of Milk Products*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 291–343.
14. Rosell, J. M. (1932) *Canadian Medical Association Journal*, 26, 341.
15. Tamime, A. Y. and Deeth, H. C. (1980) *Journal of Food Protection*, 43, 939.
16. Tamime, A. Y. and Marshall, V. M. (1997) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 2nd Edition, Edited by Law, B. Chapman & Hall, London, pp. 57–152.
17. Tokita, F., Hosono, A., Takahashi, F., Ishida, T. and Otani, H. (1982) *Dairy Science Abstracts*, 44, 728.

2
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ

2.1 Введение

Получение йогурта — ремесло древнее, зародившееся тысячи лет назад, возможно, сразу после того, как были одомашнены коровы, овцы или козы. Однако можно с уверенностью предположить, что до XIX века те, кто делал йогурт, плохо понимали, что происходит на различных этапах его производства. Масштабы производства были сравнительно небольшими, а традиционная технология приготовления йогурта сохранилась на протяжении многих веков благодаря тому, что секреты данного ремесла передавались из поколения в поколение. В последние десятилетия удалось раскрыть и понять сущность процесса получения йогурта благодаря открытиям и достижениям в таких областях, как

- микробиология и энзимология;
- физика и техника;
- химия и биохимия.

И все же даже по стандартам современной промышленной технологии получение йогурта — это по-прежнему сложный процесс, сочетающий науку и искусство.

При производстве йогурта важную роль в формировании характерного кисломолочного вкуса и аромата играют микроорганизмы закваски. Классификация этих микроорганизмов, их поведение и характеристики подробно рассматриваются в главе 7, однако для понимания сущности процессов, протекающих при получении йогурта, полезно охарактеризовать отдельные этапы производства и показать их влияние на качество продукта. Технология и оборудование, необходимые для производства йогурта в больших или малых масштабах, рассматриваются в главе 3.

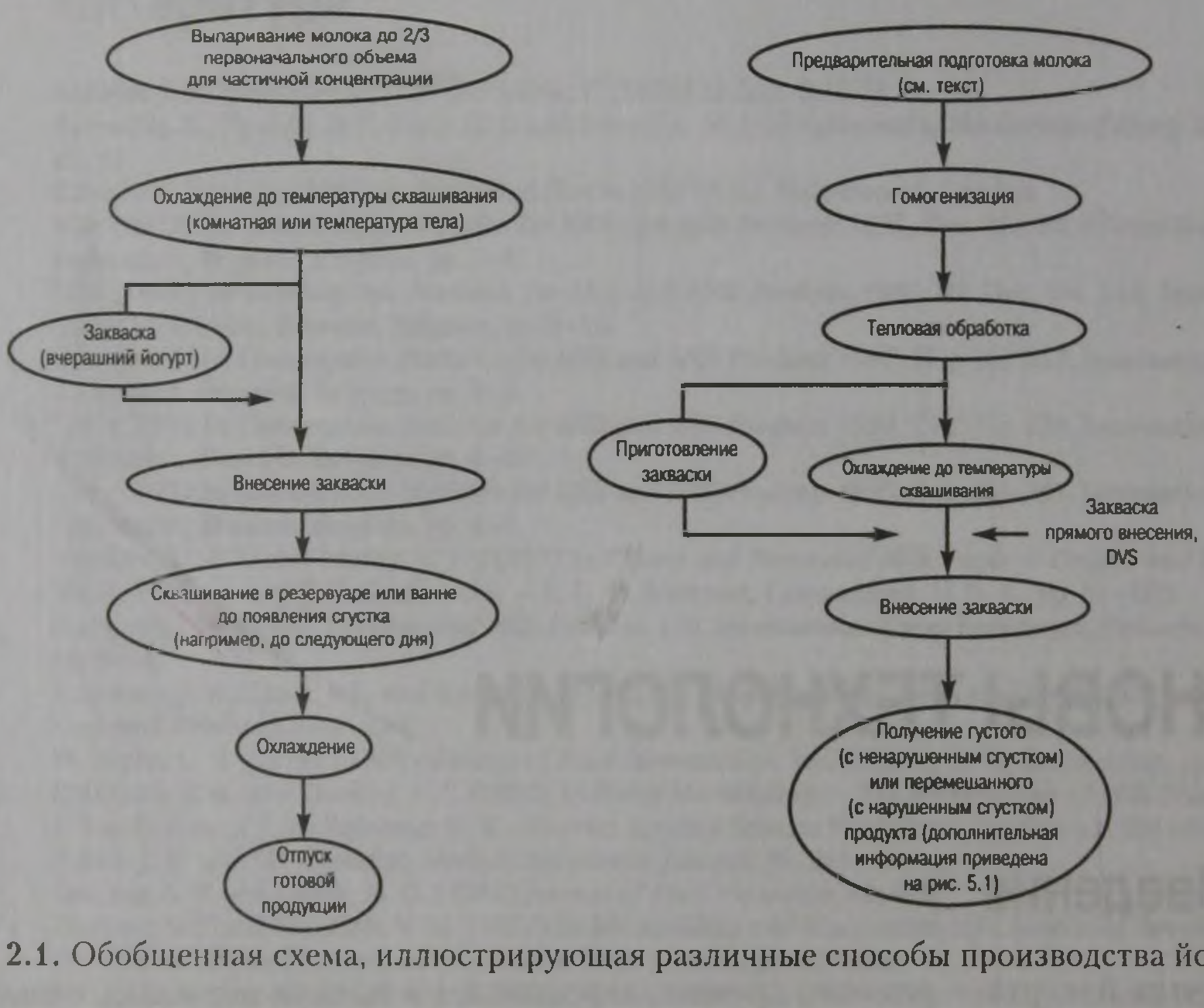


Рис. 2.1. Обобщенная схема, иллюстрирующая различные способы производства йогурта

Традиционные и усовершенствованные способы производства йогурта показаны на рис. 2.1. Следует заметить, что технология, применявшаяся ранее, имеет ряд недостатков, которые заключаются, например, в следующем:

- последовательные пересадки заквасок нарушают соотношение между термофильным стрептококком *Streptococcus thermophilus* и болгарской палочкой *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus* или могут привести к мутациям после 15–20 пассажей;
- культивирование при низкой температуре, например, при температуре окружающей среды, ведет к замедлению процесса сквашивания молока (18 ч и более); оптимальным является сквашивание в течение 2,5–3 ч при 40–45 °С;
- низкая скорость кислотообразования может вызвать нежелательные побочные эффекты, например, синерезис (отделение сыворотки), что снижает качество йогурта;
- традиционная технология не позволяет управлять процессом образования молочной кислоты на стадии сквашивания.

Тем не менее очевидно, что несмотря на эти недостатки, в основе современной технологии производства йогурта (см. рис. 2.1) лежит традиционный процесс. Практически все основные изменения в технологии основаны на следующих факторах:

- чистота заквасок, получаемых от промышленного производителя, от банков заквасок или исследовательских организаций;

- приготовление в условиях предприятия высокоактивных заквасок на стерильном молоке (следует отметить, что в настоящее время широко применяется заквашивание непосредственно в резервуаре с помощью заквасок прямого внесения (DVS));
- регулирование и поддержание оптимальной температуры сквашивания, что обеспечивает необходимое нарастание кислотности за определенный промежуток времени;
- возможность быстрого охлаждения сгустка при нужном уровне кислотности, что способствует получению более однородного по консистенции продукта;
- разработка простых методов измерения кислотности в молоке (pH-метрами или кислотомерами) позволяет даже малоквалифицированному оператору контролировать процесс.

2.2 Предварительная обработка молочной основы

Молоко в основном состоит из воды, но содержит также смесь сложных компонентов (белков, углеводов, жиров, минеральных веществ и витаминов), являющихся основными источниками пищевых веществ для новорожденных млекопитающих. Полный перечень этих компонентов приведен на рис. 2.2.

Характеристики химических компонентов молока рассмотрены в других разделах, а также в обзорах, содержащих более полную информацию (см. [263, 264, 266, 419, 696, 855]).

2.2.1 Молоко как сырье

Для получения йогурта используется молоко различных видов млекопитающих, различающееся по химическому составу (табл. 2.1).

Таблица 2.1. **Химический состав молока различных видов млекопитающих (*г*/ 100 *г*)**

Вид	Вода	Жир	Белки	Лактоза	Зола
Ослица	89,0	2,5	2,0	6,0	0,5
Буйволица	82,1	8,0	4,2	4,9	0,8
Верблюдица	87,1	4,2	3,7	4,1	0,9
Корова	87,4	3,9	3,3	4,7	0,7
Коза	87,0	4,5	3,3	4,6	0,6
Кобыла	88,8	1,9	2,6	6,2	0,5
Самка северного оленя	63,3	22,5	10,3	2,5	1,4
Овца	81,6	7,5	5,6	4,4	0,9
Самка яка	82,7	6,5	5,3	4,6	0,9
Самка зебу	86,5	4,8	3,3	4,7	0,7

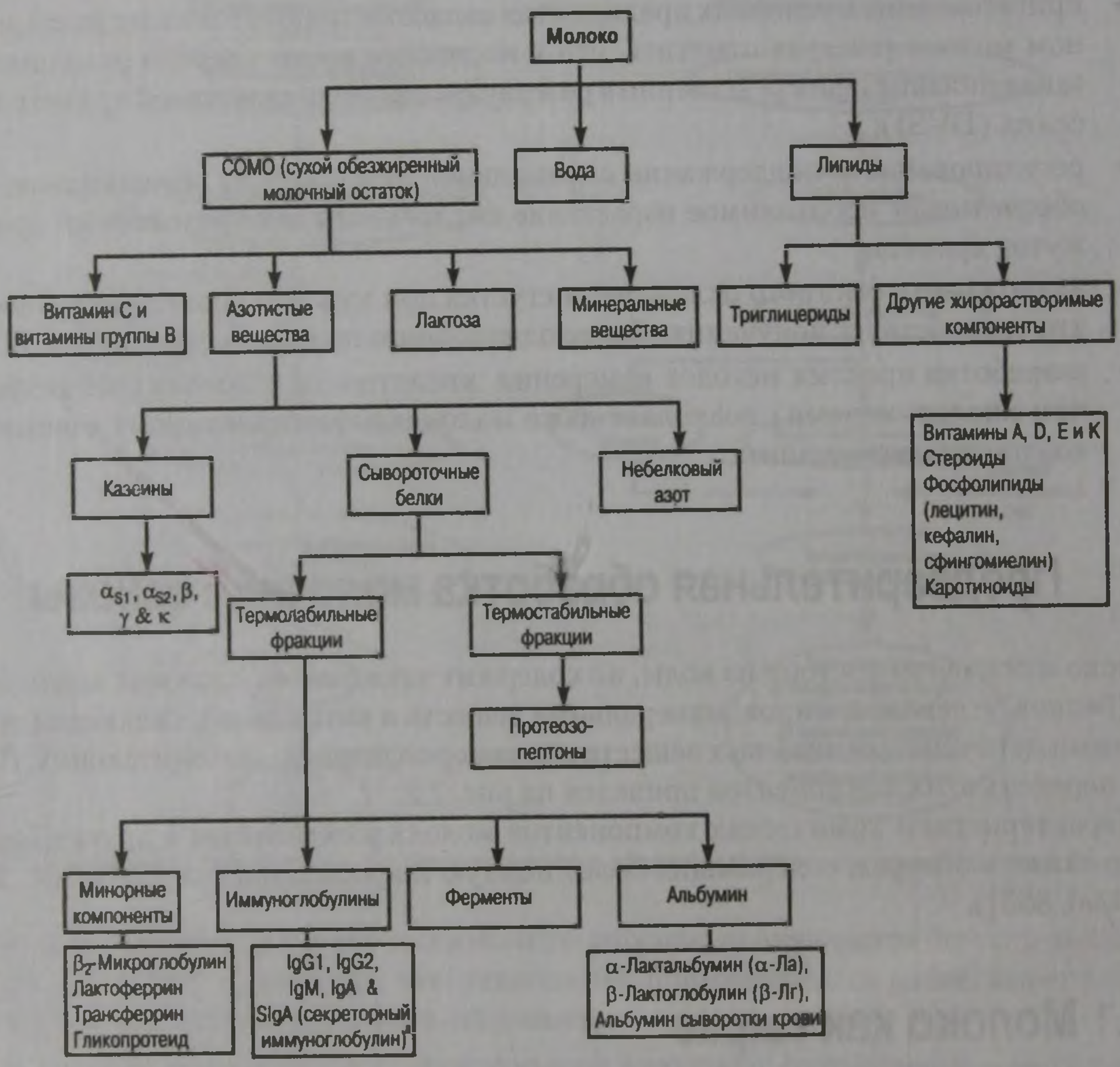


Рис. 2.2. Основные химические компоненты коровьего молока

[a] IgA может быть связан с другими секреторными компонентами или находиться в свободном состоянии.

Примечание. Молоко может также содержать растворенные газы (O_2, CO_2 и N_2), уже упоминавшиеся ферменты (липазы, редуктазы, протеазы, фосфатазы, лактопероксидазы, каталазы, оксидазы и т. д.), соматические клетки (клетки эпителия, лейкоциты), микроорганизмы (бактерии, дрожжи, плесени) и примеси, попавшие в молоко из-за несоблюдения условий доения (частицы соломы, листьев, почвы, средства дезинфекции и т. д.).

По [530, 550, 809, 921].

Качество йогурта зависит от вида молока. Например, из молока овцы, буйволицы, самки оленя, отличающегося высоким содержанием жира, получается густой сметанообразный йогурт. По вкусу он превосходит йогурт, полученный из молока с меньшим содержанием жира или молока с искусственно пониженным содержанием жира, например, обезжиренного. Содержащаяся в молоке лактоза служит основным питательным веществом для микроорганизмов закваски, а белки играют важную

роль в формировании структуры сгустка. Таким образом, вязкость, а следовательно, и консистенция йогурта будут зависеть от содержания белка в сырье. Йогурт из необогащенного кобыльего молока и молока ослицы будет более вязким, чем йогурт из овечьего молока или молока самки оленя.

Вкус йогурта формируется в основном в ходе сложных биохимических процессов, протекающих под действием микроорганизмов закваски, однако различие во вкусе исходного молока (в зависимости от вида животных) также оказывает влияние на вкус конечного продукта.

Поскольку коровье молоко широко распространено в большинстве стран мира, далее основное внимание будет уделено именно его использованию в качестве сырья для производства йогурта. Следует отметить, что молоко коров различных пород отличается по содержанию основных компонентов (жир, белок, лактоза, минеральные вещества; см. табл. 2.2).

Вместе с тем даже у коров одной породы химический состав молока непостоянен и зависит от возраста животного, стадии лактации, времени года и температуры воздуха, полноты выдаивания молока и интервала между дойками, кормления, состояния здоровья животного и целого ряда других факторов. Различные аспекты ведения молочного хозяйства рассмотрены в работах [526, 528–530, 705].

Для исключения влияния упомянутых факторов на состав молока применяется его нормализация или обогащение, что должно обеспечить:

- соответствие действующим или вновь вводимым стандартам на йогурт по содержанию жира и/или СОМО (см. главу 10);
- получение продукта, соответствующего стандартам по таким показателям как кислотность, сладость и консистенция в целях удовлетворения требований потребителя; если кислотность и содержание сахара или подсластителя можно регулировать в процессе производства, то вязкость и консистенция йогурта, как отмечалось выше, определяется содержанием белка в исходном молоке; в связи с этим исключительно важно обогащение молока (увеличение СОМО).

Таблица 2.2. **Средний состав молока коров различных пород, используемого для промышленной переработки (г/100 г)**

Порода	Жир	Белок	Лактоза	Зола
Айрширская	3,85	3,35	4,95	0,69
Фризская	3,40	3,15	4,6	0,73
Гернзейская	4,90	3,85	4,95	0,75
Джерсейская	5,14	3,80	5,00	0,75
Шортгорнская	3,65	3,30	4,80	0,69

По [809].

Воспроизведено с разрешения *Elsevier Applied Science Publishers*.

2.2.2 Первичная обработка молока

Молоко может содержать соматические клетки, например, клетки эпителия и лейкоциты из вымени, попадающие в молоко из-за небрежности при доении. В молоко могут попадать также солома, листья, волосы, семена, частицы почвы и т. д. Основная цель первичной обработки молока — удаление этих примесей для повышения качества конечного продукта. Для очистки молока применяют различные способы, наиболее простым и распространенным из которых является фильтрование через ткань. К сожалению, этот способ не позволяет удалить из молока мелкие частицы.

При производстве некоторых видов сыра присутствие спорообразующих микроорганизмов и соматических клеток может в значительной мере повлиять на качество продукта. Режим тепловой обработки молока при производстве сыра (72–73 °С в течение 15–20 с) не обеспечивает уничтожения спор, что может привести к потерям и ухудшению качества сыра в процессе созревания (например, появлению такого порока, как позднее вспучивание). Более высокие режимы тепловой обработки молока нежелательны, так как снижают его сыропригодность.

Для удаления спор применяется бактофугирование — центробежная очистка или кларификация с помощью высокоскоростного сепаратора-бактериоотделителя, называемого бактофугой. Поскольку плотность микроорганизмов и особенно спор выше, чем плотность молока, бактофугирование является весьма эффективным способом его очистки. На практике отделенная фракция (бактериофугат) составляет 2–3% от общего объема обрабатываемого молока и содержит кроме микроорганизмов и их спор некоторое количество молочных компонентов, например, наиболее крупных частиц казеина. Полученный бактериофугат стерилизуется паром при температуре 130–140 °С в течение 3–4 с для уничтожения спор микроорганизмов и после охлаждения добавляется к пастеризованному молоку, предназначенному для выработки сыра. Другим способом удаления спорообразующих микроорганизмов является микрофильтрация, когда за счет применения мембран с определенным размером пор удается выделить бактерии из молока. Фильтрат, содержащий кроме микроорганизмов и частицы белка, подвергается стерилизации и дальнейшей обработке подобно бактофугату. Подробная информация о микрофильтрации приводится в работе [861]. Таким образом, обработка сильным нагреванием небольшой порции выделенной фракции позволяет преодолеть проблемы, связанные с наличием спорообразующих микроорганизмов, не ухудшая сыропригодности молока и качества сыра.

Однако использовать бактофугирование или микрофильтрацию в линии производства йогурта не обязательно, поскольку тепловой обработки молочной основы (см. раздел 2.9.1) достаточно для уничтожения или, по меньшей мере, значительного уменьшения количества нежелательных микроорганизмов в молоке для йогурта. Во всяком случае такие микроорганизмы не вызывают серьезных проблем в его производстве, в связи с чем для очистки исходного сырого молока вполне достаточно применения тканевых фильтров. В некоторых случаях, когда для обогащения молока используются сухие молочные продукты, для отделения нерастворенных или пригоревших частиц сухого молока необходимо устанавливать в линии металлический сетчатый фильтр.

2.2.3 Приемка и хранение молока

Сбор молока с ферм в развивающихся и развитых странах осуществляется в автомобильные (иногда железнодорожные) цистерны или фляги (бидоны). Оборудование для сбора молока более подробно будет рассмотрено в главе 3, однако отметим, что существующая практика переработки молока предусматривает:

- охлаждение до температуры 5 °С;
- различную обработку перед хранением, например, термизацию при температуре 65–67 °С и охлаждение до 5 °С и ниже, использование молочнокислых бактерий или другой микрофлоры для ограничения роста психротрофных (холодолюбивых) бактерий [99, 251];
- добавление формиата (соли или эфира муравьиной кислоты) или продувку углекислым газом [241, 750, 782, 826].

Обзор методов сохранения молока и их влияния на качество натуральных молочных продуктов дан в работе [644]. Использование углекислого газа может вызвать осаждение сухих веществ молока в пластинчатом теплообменнике, поэтому перед тепловой обработкой молока рекомендуется проведение дегазирования [140]. Повышенное содержание соматических клеток в молоке (более 250 000 в 1 $см^3$) приводит к изменению его вкуса и запаха, что может повлечь за собой нежелательные изменения органолептических свойств йогурта [763]. Поскольку предварительное воздействие на молоко протеолитических ферментов психротрофных бактерий или длительное хранение молока (до 6 дней) при температуре около 7 °С стимулирует рост закваски, йогурт будет иметь существенно иные физические свойства [275, 738, 716, 844].

Несовершенство методов получения, транспортировки и обработки молока приводит к его быстрой порче, особенно в странах с жарким климатом. Международной молочной федерацией (ММФ) опубликовано руководство [411], в котором подробно рассматривается этот вопрос и меры, применяемые для снижения бактериальной порчи молока. Система лактопероксидазы (LP, ЛП) задерживает образование геля в коровьем молоке на 1,5 ч и влияет на вкус йогурта; при этом его внешний вид и консистенция не изменяются [4, 510, 613, 654, 659].

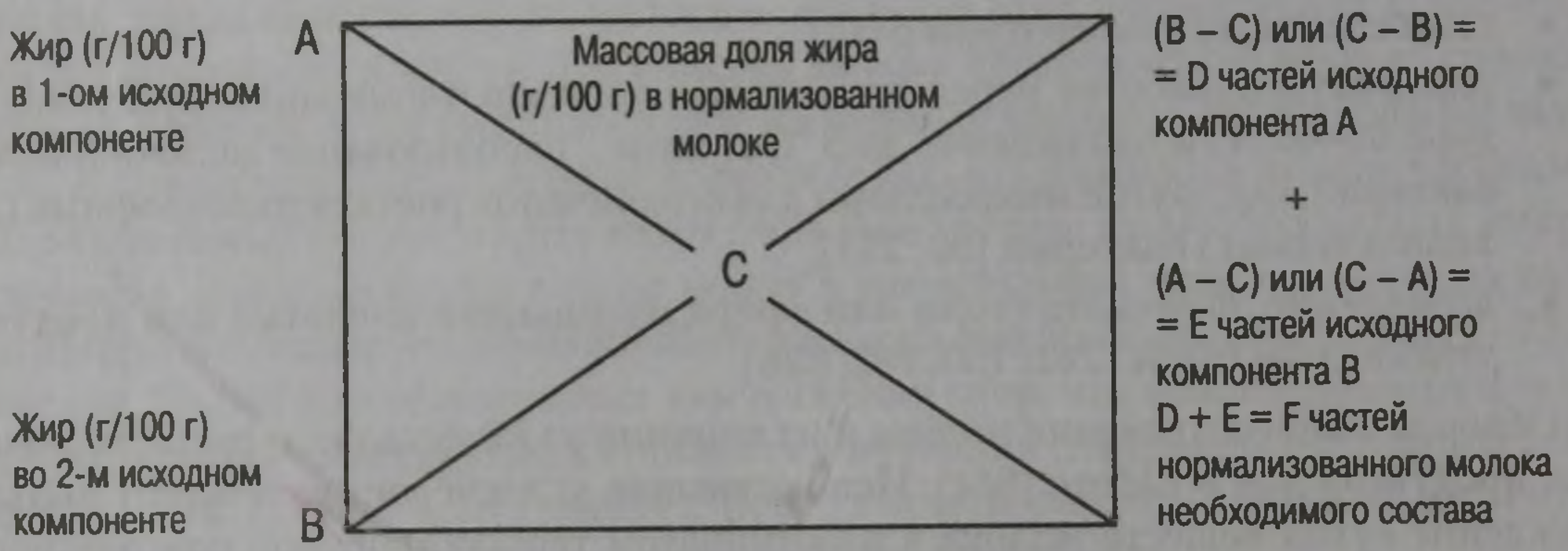
2.3 Нормализация молока по содержанию жира

Содержание жира (г на 100 г) в йогурте, выпускаемом в разных частях света, изменяется от 0,1 до 10, и чтобы соблюсти требования существующих или вновь вводимых стандартов на состав йогурта, молоко необходимо нормализовать. Например, среднее содержание жира в молоке составляет, как правило, 3,7–4,2 г/100 г, однако среднее содержание жира в йогурте, выпускаемом промышленными предприятиями, обычно составляет около 1,5 г/100 г (йогурт со средним содержанием жира) или 0,5 г/100 г (йогурт с низким содержанием жира). В промышленном производстве используют следующие методы нормализации молока:

- удаление части жира;
- смешивание цельного молока с обезжиренным;

- добавление сливок к цельному или обезжиренному молоку;
- комбинированный процесс, сочетающий некоторые упомянутые выше методы.

Количество нормализующего компонента можно рассчитать, используя метод квадратов Пирсона.



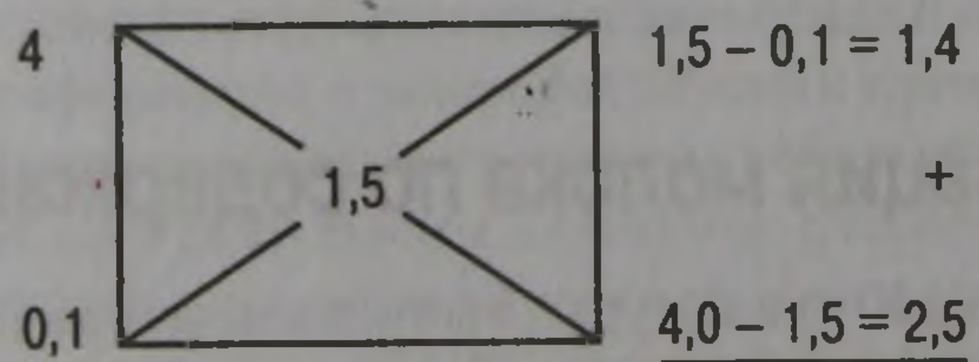
Необходимые количества сырья каждого вида, например, на 1000 л нормализованного молока можно вычислить иначе:

$$A = \frac{(B-C) \text{ или } (C-B) \times 1000}{F};$$

$$B = \frac{(A-C) \text{ или } (C-A) \times 1000}{F}.$$

Пример 1

Сколько литров цельного молока (м. д. жира 4 г/00 г) и обезжиренного молока (м. д. жира 0,1 г/100 г) необходимо для получения 1000 л нормализованного молока для производства йогурта с массовой долей жира 1,5 г/100 г?



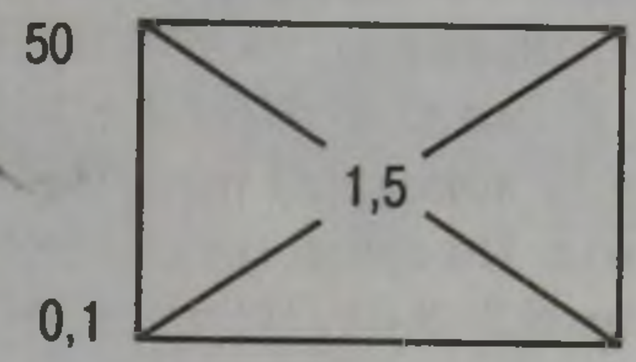
$$\text{Требуемое количество цельного молока} = \frac{1{,}4 \times 1000}{3{,}9} = 359 \text{ л}$$

$$\text{Требуемое количество обезжиренного молока} = \frac{2{,}5 \times 1000}{3{,}9} = 641 \text{ л}$$

Всего: **1000 л**

Пример 2

Сколько литров сливок (м. д. жира 50 г на 100 г) и обезжиренного молока (м. д. жира 0,1 г/100 г) необходимо для получения 1000 л нормализованного молока для производства йогурта с м. д. жира 1,5 г/100 г?



1,5 – 0,1 = 1,4

+

50,0 – 1,5 = 48,5

49,9

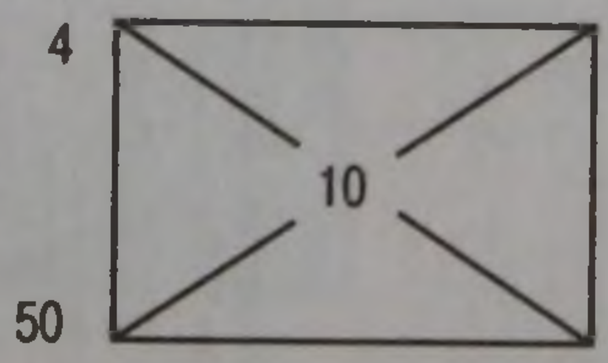
$$\text{Требуемое количество сливок} = \frac{1{,}4 \times 1000}{49{,}9} = 28{,}1 \text{ л}$$

$$\text{Требуемое количество обезжиренного молока} = \frac{48{,}5 \times 1000}{49{,}9} = 971{,}9 \text{ л}$$

Всего: **1000,0 л**

Пример 3

Сколько литров сливок (м. д. жира 50 г/100 г) и цельного молока (м. д. жира 4 г/100 г) необходимо для получения 1000 л нормализованного молока для производства йогурта с массовой долей жира 10 г/100 г?



50 – 10 = 40

+

10 – 4 = 6

46

$$\text{Требуемое количество цельного молока} = \frac{40 \times 1000}{46} = 869{,}6 \text{ л}$$

$$\text{Требуемое количество сливок} = \frac{6 \times 1000}{46} = 130{,}4 \text{ л}$$

Всего: **1000,0 л**

2.4 Нормализация молока по содержанию сухого обезжиренного молочного остатка

Сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО) в молоке для получения йогурта (в основном это лактоза, белок и минеральные вещества) определяется либо непосредственно государственными стандартами конкретной страны, либо косвенно — изготовителем, стремящимся произвести конечный продукт с определенными физическими свойствами, вкусом и запахом. По существующим стандартам требуемое содержание СОМО в йогурте составляет 8,2–8,6 г/100 г (см. главу 10). Этот уровень СОМО сравним с его значением в натуральном молоке и служит мерой защиты потребителя. С точки зрения производителя очень важны физические свойства йогурта, в частности, вязкость, которая напрямую связана с консистенцией продукта. Чем выше содержание сухих веществ в исходной смеси, тем выше вязкость конечного продукта. Связь между общим содержанием сухих веществ в молоке и консистенцией йогурта изучалась в работе [860]. Автор обнаружил, что с увеличением содержания сухих веществ с 12 до 20 г/100 г консистенция продукта значительно улучшалась. На рис. 2.3–2.4 показано это улучшение консистенции, определенной с помощью стандартного пенетрометра (по [860]).

Чем больше глубина проникновения индентора, тем меньше плотность сгустка и наоборот. Однако следует отметить, что при увеличении концентрации сухих веществ в молоке от 16 до 20% консистенция продукта изменяется незначительно. Поэтому с точки зрения улучшения качества продукта нецелесообразно повышать содержание сухих веществ в молоке более 16 г/100 г.

Начиная с 1970-х гг. появилось много публикаций по технологии йогурта и других ферментированных молочных продуктов (см. напр. [120, 154–156, 250, 400, 475, 504, 505, 617, 637, 668, 674, 733, 753, 755–757, 764, 779, 792, 804, 821, 862–864, 896]. Этому же вопросы посвящена серия статей [897–906] и своего рода «дайджест» меж-

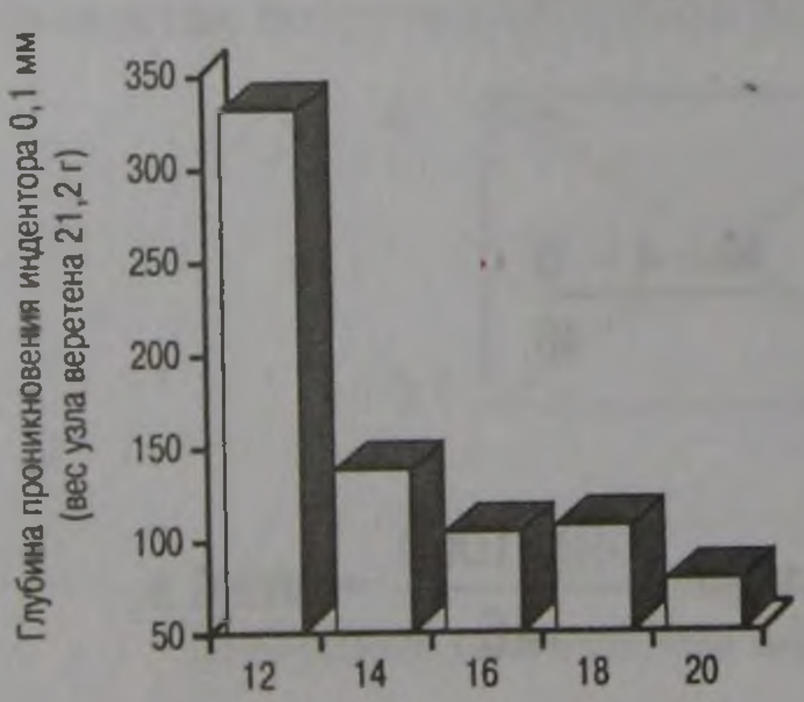


Рис. 2.3. Характеристика консистенции йогурта (12–20 г СВ на 100 г) непосредственно в конце сквашивания при 42 °С

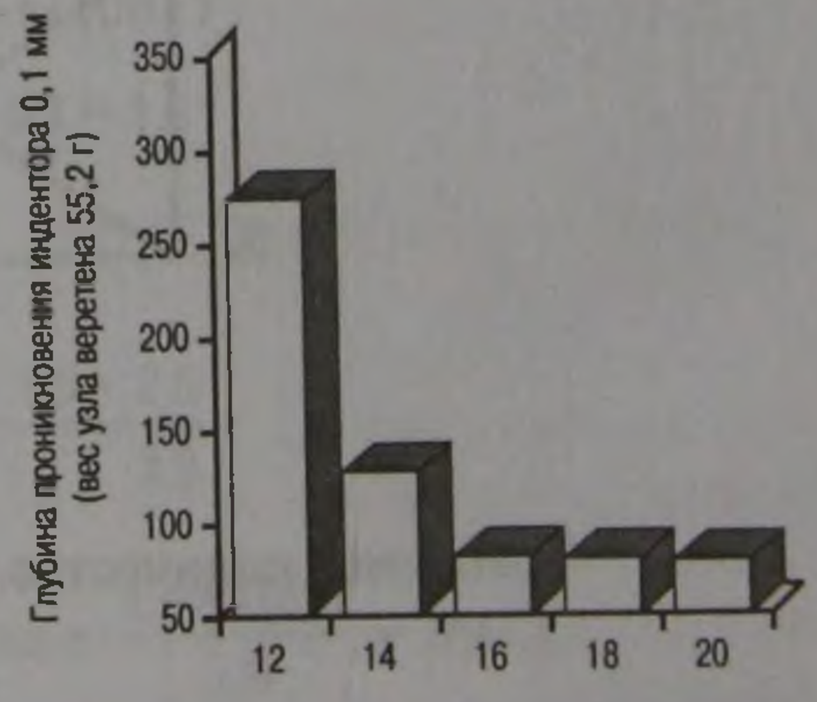


Рис. 2.4. Характеристика консистенции йогурта (12–20 г СВ на 100 г) на следующий день после хранения в холодильнике при 5–7 °С

STEIREROBST AG

THE fruit processor

ООО "Штайреробст"
129110 Россия, Москва,
Олимпийский проспект, 7, оф. 307
тел.: +7 095 9333107, 9333108
факс: +7 095 9333109
e-mail: office@ru.steirerobst.com

СЫРЬЕ

Контроль качества продукции начинается на этапе выращивания фруктов и ягод.
Собственный аграрный проект позволяет получать сырье с заданными характеристиками и обеспечивает потребности производства.

ЛАБОРАТОРИЯ, НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Инвестиции в научные исследования, современная лабораторная база, позволяют создавать продукты, соответствующие самым высоким требованиям заказчиков.

ПРОИЗВОДСТВО

Предприятия Штайреробст оснащены самым современным оборудованием и отвечают европейским нормам контроля.
Заводы компании расположены в Австрии, Венгрии, Румынии, Польше, Украине.

ПРОДУКЦИЯ

- **фруктовые наполнители для йогуртов и других молочных продуктов;**
- **концентраты фруктовых соков;**
- **свежие ягоды и фрукты: клубника малина, яблоко.**

НОВЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ:

- **наполнители для йогуртов с шоколадной стружкой;**
- **биологические наполнители;**
- **наполнители для pH-нейтральных продуктов;**
- **обогащенные витаминами наполнители.**

ЕКО КОМ
БОЛГАРИЯ

Со склада Москвы и Днепропетровска:

тел. (095) 920 80 76; 139 21 80 тел. (056) 231 20 20; 230 19 15 www.ekokom.com

ЗАКВАСОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ
(Прямого внесения)

Термофильные

Для производства йогуртов, ряженки, айрана и пр. Эта серия культур дает возможность получать продукты различной вязкости, разного вкуса.

Мезофильные

Для производства сметаны, творога, сыра, кислосливочного масла и пр. Эта серия предоставляет выбор различной степени газообразования.

Пробиотические

Для производства биопродуктов, комбинированных кисломолочных продуктов и напитков , а также и для обогащения всех видов молочных продуктов

Комбинированные

Уникальная серия для производства сыров с чеддеризацией,брынзы, кефира, простокваши, кумыса и пр.

МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩИЙ ФЕРМЕНТ

Уникальная активность - 750 000 ед. Прекрасная коагулирующая способность и оптимальный выход продукта. Для производства сыра, творога, брынзы.

дународных публикаций по йогурту [575–583]. Кроме того, ММФ периодически публикует монографии по научным и практическим вопросам современных технологий ферментированных молочных продуктов [408, 409, 412].

Уровень содержания сухих веществ в молоке (включая содержание жира) для производства йогурта варьирует от 9 г / 100 г в йогуртах с низким содержанием жира до 30 г/100 г в других типах йогурта. По мнению авторов работы [866], лучший йогурт можно получить из молока с общим содержанием сухих веществ 15–16 г/100 г. У большинства йогуртов, поступающих в торговую сеть, эта величина составляет 14–15 г/100 г. Для производства «супер»-йогурта предложено использовать молоко с содержанием сухих веществ 30 г/100 г, хотя конечный продукт по консистенции будет больше напоминать «концентрированный» йогурт, чем обычный (см. главу 5). Кроме того, содержание сухих веществ в смеси более 25 г/100 г может отрицательно сказаться на доступности влаги для определенных штаммов микроорганизмов закваски, что, в свою очередь, будет тормозить их развитие [692, 723].

При увеличении СОМО в смеси ее титруемая кислотность повышается вследствие буферного действия добавленных белков, фосфатов, цитратов, лактатов и других компонентов молока [921]. Это может привести к снижению продолжительности образования геля (табл. 2.3).

Увеличение значения СОМО в молоке в 2 раза приводит к возрастанию его титруемой кислотности также вдвое [207]. Вместе с тем различные уровни СОМО в молоке влияют на продолжительность жизни одного поколения бактериальных клеток и их количество в йогурте. Оптимальными значениями оказались 12 г и 14 г СОМО на 100 г для *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *S. thermophilus* соответственно [24].

Увеличение содержания сухих веществ в исходном молоке может быть достигнуто различными методами, описанными в следующих разделах.

2.4.1 Традиционная технология

Нагревание молока применялось давно — например, кипячение для концентрирования упариванием. Хотя целью в данном случае является увеличение сухого молочного остатка, применение нагрева вызывает значительные физико-химические из-

Таблица 2.3. **Влияние общего содержания сухих веществ в смеси на начальную кислотность, титруемую кислотность в конце сквашивания при 42 °С и прирост кислотности**

Общее содержание сухих веществ (г/100 г) в исходной смеси	Продолжительность сквашивания (ч)	Кислотность, % молочной кислоты		
		Начальная	Конечная	Прирост кислотности
12	3,5	0,15	0,80	0,65
14	3,5	0,19	0,84	0,65
16	3,0	0,21	0,83	0,62
18	2,5	0,24	0,88	0,64
20	3,0	0,29	0,93	0,64

менения (о тепловой обработке см. в разделе 2.9). Степень концентрации, достигаемую кипячением, точно рассчитать довольно трудно, но если, например, общее содержание сухих веществ в молоке составляет 13 г/100 г, то результатом кипячения молока для уменьшения его объема до двух третей будет увеличение содержания сухих веществ примерно до 19–20 г/100 г. Этот метод повышения содержания сухих веществ в молоке до сих пор используется в сельской местности, где объем производства йогуртов невелик.

2.4.2 Добавление сухого молока

Сухое цельное или обезжиренное молоко широко используется в промышленности для обогащения натурального молока при производстве густого однородного йогурта [110]. Поскольку в Великобритании выпускается в основном йогурт с низким содержанием жира, то наиболее популярный ингредиент — сухое обезжиренное молоко (СОМ). Количество добавляемого СОМ может колебаться в пределах от 1 до 6% от количества исходного молока, но рекомендуется добавлять 3–4%, так как при внесении большего количества СОМ в йогурте может появиться специфический привкус сухого молока.

Для получения йогурта хорошего качества могут быть использованы следующие способы повышения содержания сухих веществ в молоке:

- добавление 2% СОМ [610, 614, 747, 945];
- смешивание натурального молока с восстановленным в соотношении 1:1 [79, 147, 513];
- замена половины воды, необходимой для восстановления СОМ, несоленой сывороткой [237] или использование только сыворотки от производства сыра чеддер [503];
- добавление СОМ с высоким содержанием белка для увеличения содержания последнего в молоке до 5,2 г/100 г [621].

В некоторых развивающихся странах йогурт выпускается только с использованием СОМ и обезвоженного молочного жира (ОМЖ), содержание жирового компонента в котором около 99,9 г/100 г. Сухое обезжиренное молоко обычно восстанавливают до содержания СОМО примерно 12 г/100 г. Использование сухого обезжиренного молока при производстве ферментированных молочных продуктов предпочтительнее, чем цельного, так как применение сухого цельного молока может привести к появлению «окисленного» вкуса [343].

Современный подход к изготовлению СОМ заключается в регулировании содержания белков для исключения сезонных колебаний, улучшения функциональных характеристик сухого молока и увеличения срока его хранения [474]. В некоторых странах — например, в Дании и Италии — добавление СОМ при производстве йогурта не допускается, и поэтому используются другие способы увеличения содержания в нем сухих веществ.

В некоторых регионах используются сухие концентраты белков (цельного или обезжиренного молока), получаемые с помощью ультрафильтрации с последующей диафильтрацией для уменьшения содержания лактозы перед сушкой (см. табл. 2.4)

ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 2.4. **Сравнительный состав (г/100 г) различных видов сухих добавок, применяемых при производстве йогурта**

Вид добавки	Белок	Жир	Лактоза
Цельное молоко:			
коммерческое	26,3	26,3	39,4
ретентат	41,7	41,7	9,3
Обезжиренное молоко:			
коммерческое	36,1	0,6	52,9
ретентат[a]	62,8–80,5	0,9–1,5	5,5–23,9
Сыворотка:			
коммерческая	12,2	1,3	78,0
деминерализованная	14,5	1,0	80,5
концентрированная[a]	35,0–73,2	0,2	12,0–55,0
Пахта	34,1	5,0	51,0
Казеинат	87,3	0,2	–

[a] различные добавки. По [863].

[18, 19, 105, 619–621]. Эти концентраты применялись и применяются для производства густых йогуртов [238, 239, 282, 681, 874], но они дороже, чем СОМ.

Поскольку СОМ широко применяется при производстве йогурта, его свойства могут влиять на качество продукта. В настоящее время общепризнанными считаются требования к сухому молоку, опубликованные Американским институтом молочных продуктов [17]. Основные из них заключаются в отсутствии ингибирующих веществ и обеспечении соответствующих физических и микробиологических свойств. Требования к качеству различных видов сухого молока с учетом изменений стандартов на них опубликованы в обзорах [485, 833]. Некоторые специфические требования к СОМ, используемому для восстановления при производстве йогурта, описаны в работе [934] и сводятся к следующему:

- азотный индекс белков сыворотки — 4,5–5,9;
- цистеиновое число — 38–48;
- тиоловое число — 7,5–9,4;
- тепловое число — 80–93.

Согласно данным требованиям, сухое молоко — идеальное сырье для производства ферментированных молочных продуктов. Режим тепловой обработки, применяемой при производстве сухого цельного молока, и температура хранения продукта могут повлиять как на его качество [146, 606], так и на качество йогурта, приготовленного из этого молока [607]. Компания «Новозеландские молочные продукты» приступила к серийному выпуску специальных сухих продуктов *ALACO* — улучшителей структуры для йогуртов [56, 341, 783]. Подобный продукт, названный «Эксцелион», разработан в Нидерландах фирмой DMV International и содержит 51–85 г белка на 100 г, что позволяет использовать его в качестве замены сухого молока-стабилизатора [565]. Функциональные характеристики продукта должны обеспечивать

ДЁЛЕР ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

повышение вязкости, улучшение структуры и вкуса йогурта, а также снижать способность сгустка к синерезису.

В работах [107, 490, 491] приведены данные о качестве йогурта, полученного с использованием различных имеющихся в продаже видов СОМ. Характеристики продукта (вкус, аромат, структура, кислотность) значительно различались; некоторые виды СОМ больше подходили для густых, чем для перемешанных йогуртов. В работах [165, 166] сообщалось, что использование сухого молока после его длительного хранения влияло на качество йогурта, подтверждая тем самым, что качество производимого продукта во многом определяется качеством сухого молока–сырья.

2.4.3 Добавление сухой пахты

Сухую пахту (СП) получают высушиванием побочного продукта производства сливочного масла, а ее «кислая» разновидность образуется при сбивании сквашенных сливок. По химическому составу СП аналогична СОМ, однако при сравнительно невысокой жирности пахта содержит значительное количество фосфолипидов, благодаря чему обладает хорошей эмульгирующей способностью. Это делает ее весьма привлекательной для использования в пищевой и, в частности, молочной промышленности. Метод получения йогурта из восстановленных молочных компонентов описан в работах [285, 286] (предлагаемая рецептура: – 25 кг ОМЖ, 125 кг СОМ, 10 кг СП и 840 кг воды).

Использование сухой пахты для замены СОМ (до 50%) при производстве йогурта пониженной жирности вполне приемлемо. Получаемый при этом продукт по свойствам аналогичен контрольному (без сухой пахты) [912]. Свежая пахта, обогащенная СОМ, успешно используется для получения йогурта высокого качества [229, 584, 915]. Известно также использование натуральной пахты, сконцентрированной методом ультрафильтрации (УФ) или нанофильтрации (НФ) при производстве йогурта с низким содержанием жира. При этом отмечено, что концентрат пахты влияет на консистенцию, вкус и аромат продукта, но не влияет на его стабильность [737].

2.4.4 Добавление сухой сыворотки и/или концентратов сывороточных белков

Сыворотка образуется при производстве сыра, и использование ее в пищевой и молочной промышленности описано в ряде работ, в частности [23, 410, 754, 825, 837, 953–955]. В настоящее время существует много видов сухих продуктов из сыворотки (например, концентраты, изоляты или гидролизаты сывороточных белков, денатурированный сывороточный белок и др.), причем особенности каждого вида связаны с методом обработки, применяемым до стадии сушки (деминерализация, удаление лактозы, концентрирование белка сыворотки или сушка без предварительной обработки). Производство и применение концентрированных белков сыворотки описано в работах [89, 106, 145, 222, 344, 395, 413, 640, 892, 936, 937]. По данным [347, 425, 661, 843], рекомендованный уровень добавления сухой сыворотки к йогуртовой смеси – около 1–2%, поскольку внесение большего количества может привести к появлению в йогурте нежелательного привкуса сыворотки.

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

С 1970-х гг. в технологию получения сыворотки были внесены существенные усовершенствования, позволяющие получать продукты со свойствами, необходимыми для производства йогурта. О термоустойчивости белков сыворотки при изготовлении йогурта сообщается в работах [135, 382, 426, 693]. Сывороточные белки использовали для обогащения йогуртовой смеси в количестве 0,6–4% [326, 442–444, 612, 641, 758, 877, 907, 909], и результаты показали: а) увеличение выхода ацетальдегида; б) увеличение вязкости и уменьшение синерезиса; в) улучшение органолептических свойств и г) повышение буферной емкости при низком pH. Хороший йогурт может быть получен путем сквашивания восстановленной смеси, состоящей из СОМ и несоленой сухой сыворотки в соотношении 75 : 25 (содержание сухих веществ около 12 г/100 г). Для йогурта, получаемого с 75%-ным гидролизом лактозы, рекомендовано более высокое соотношение (50 : 50). Увеличение содержания растворимого азота в таком йогурте вызывается:

- добавлением сухой сыворотки;
- переносом протеолитической активности дрожжей в препарат β-D-галактозидазы;
- активностью закваски [813].

Замена СОМ смесями сывороточных белков на 50% уменьшала стоимость производства, причем качество йогурта было приемлемым, однако применение гидролиза лактозы при изготовлении йогурта несколько повышало его стоимость [929]. Использование сухих сывороточных белков при производстве йогурта и родственных продуктов было запатентовано [375, 494, 881] (см. также [379]).

Концентраты белков сыворотки (КБС) с содержанием сухого молочного остатка (СМО) около 14 г/100 г могут использоваться для обогащения йогуртовой смеси в количестве до 30% без ухудшения качества продукта [131, 312, 321, 380, 585, 886, 887]. При замене 40% натурального молока КБС появляется «сырный» запах и наблюдается уменьшение вязкости йогурта, а наилучшие результаты были получены при замене 10% молока. В работе [6] рекомендовано использование КБС для увеличения СОМО на 1 г/100 г.

В Египте соленая сыворотка от сыра «Домиати» для уменьшения содержания соли была деминерализована с помощью УФ дважды (около 12,51 г СМО на 100 г), и КБС был успешно использован для замены 40% молока в йогуртовой смеси [5]. Соленая сыворотка может также быть подвергнута УФ и диафильтрации с использованием вместо воды несоленой сыворотки. Затем КБС разводят несоленой сывороткой, чтобы довести содержание белков до 3,5 г/100 г [2]. Такой КБС добавляли к молоку буйволиц (до 20%), и полученный йогурт имел лучшую структуру, вкус и пониженную способность к синерезису. В работе [75] описано концентрирование творожной сыворотки до 40 г СМО на 100 г в вакуумном испарителе, а затем часть ее подкислялась до pH 4,6 для получения более кислого КБС. Оба концентрата сыворотки использовались отдельно (с удовлетворительными результатами) для замены СОМ при изготовлении йогурта, но было замечено, что введение сухих сывороточных веществ стимулировало рост *S. thermophilus* и *Bifidobacterium bifidum*, но снижало количество *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. На плотность сгустка и синерезис сливочного йогурта (около 10 г жира на 100 г), изготовленного из молока и

ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

концентрированной сыворотки, полученной при производстве камамбера, значительно влияет соотношение казеина и белков сыворотки. Оптимальный рекомендованный диапазон составляет 1,2–2,2 [506, 507, 710].

В работе [109] были рассмотрены различные аспекты применения жидкого КБС при изготовлении йогурта для частичной замены обезжиренного молока, и обнаружилось, что:

(I) законодательства большинства европейских стран значительно отличаются; в Нидерландах в соответствии с государственными стандартами допустимая максимальная замена СОМО в молоке КБС составляет 10%, 20% и 30% для питьевого йогурта, перемешаного йогурта без добавок и фруктового перемешанного йогурта, соответственно;

(II) активность микрофлоры закваски на стадии ферментации несколько увеличивается (возможно, вследствие более короткой лаг-фазы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus;* тем не менее, стимулирующий эффект наблюдался и для *L. acidophilus* [588]; приведенные в литературе результаты весьма противоречивы, что может быть обусловлено различиями штаммов, входящих в состав закваски;

(III) реологические и органолептические свойства йогурта в некоторых случаях улучшаются, однако в ряде случаев отмечено ухудшение вкуса; это можно объяснить количеством вносимого КБС с одной стороны, и условиями обработки йогуртовой смеси, с другой; не следует забывать и об изменениях свойств КБС при изготовлении йогурта.

2.4.5 Добавление сухого казеина

Из обезжиренного молока производятся различные виды сухого казеина и казеинатов (например, кислотный или сычужный казеин, казеинаты натрия, калия, кальция, аммония и гидролизат казеина). Свойства этих продуктов зависят от способа осаждения исходного казеина, например, кислотного (осаждение хлористоводородной (соляной), молочной или серной кислотой) или сычужного казеина. Сухой казеин, как следует из его названия, состоит в основном из казеина, и его добавление в йогуртную смесь увеличивает содержание белков в продукте и его вязкость [366, 810], однако степень увеличения содержания белков по сравнению с СОМ относительно невелика (см. рис. 2.5).

Очевидно, что для обогащения йогуртовой смеси белками могут быть использованы различные сухие продукты (см. табл. 2.4). При этом в зависимости от типа используемого продукта могут меняться физические и органолептические свойства йогурта. В работе [145] были рассмотрены различные методы получения сухих продуктов, в том числе концентратов белка сыворотки. Функциональные свойства КБС описаны в работах [480, 486].

Качество йогурта, изготовленного с применением различных сухих компонентов, изучалось в различных лабораториях мира многими исследователями. Некоторые

OEHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

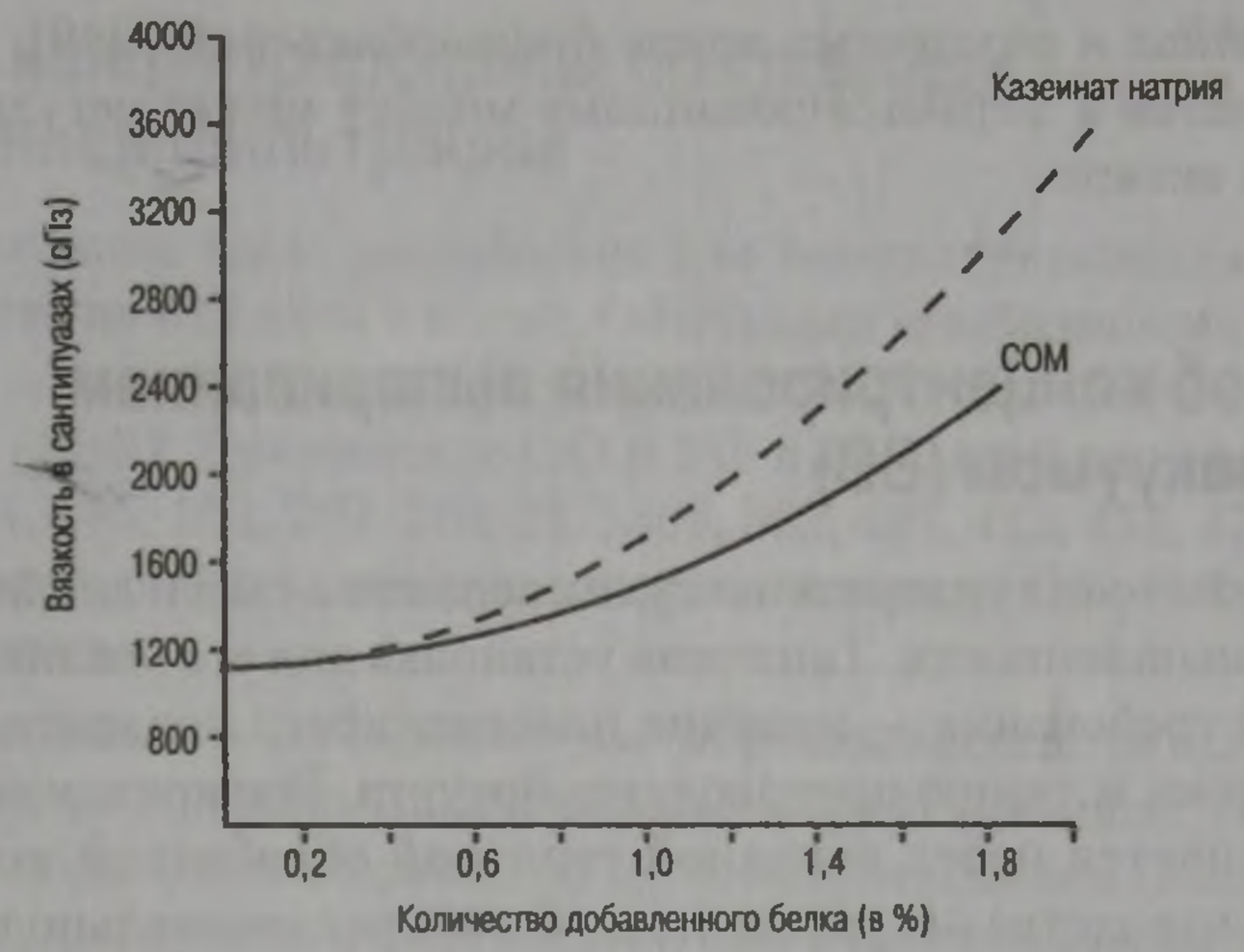


Рис. 2.5. Влияние содержания белка на вязкость йогурта
По [278–281].

примеры применения различных ингредиентов для получения высококачественного йогурта приведены ниже:

- смешивание казеината кальция и сухой сыворотки в соотношении 1 : 1 [178];
- добавление казеината натрия дает плотный йогурт с незначительным синерезисом, а различия между добавлением СОМ и сухих молочных белков незначительны; на связь между органолептическими и реологическими свойствами йогуртов, изготовленных с применением различных ингредиентов, влияет вид используемой закваски [770];
- способность к синерезису йогуртов, изготовленных с различными сухими ингредиентами, уменьшается в следующем порядке (числа обозначают процентное содержание белка): КБС 35 > казеинат натрия > КБС 45, 60 или 75 > СП, а вязкость через 25 мин после сдвига со скоростью 116,2 $с^{-1}$ (сдвиговая вязкость) уменьшалась в следующем порядке: казеинат натрия > СП, СОМ, КБС 75, 60 или 45 > желатин > КБС 35 [324, 325, 767, 773].

Существуют также рекомендации использовать в производстве йогурта белковые гидролизаты. Гидролизат казеина стимулирует рост *S. thermophilus* благодаря увеличению содержания свободных аминокислот [655]. В йогуртах с низкой и высокой вязкостью, изготовленных с использованием штаммов *S. thermophilus*, выделенных из коммерческих йогуртов [477], добавление до 1% гидролизата казеина увеличивало вязкость на 16–87% и уменьшало синерезис на 26,5–30%. Для ограничения расщепления жиров и улучшения вкуса при производстве кисломолочных продуктов можно использовать дрожжевой автолизат и гидролизованный белок в количестве 0,5–0,3 г/100 г [22]. Гидролизат, полученный из мяса скумбрии (*Scomber japonicus*), стимулирует рост *S. thermophilus* в молоке, обогащенном на 0,2–1,0 г/100 г, но не стимулирует рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [542]. Выявлено, что изолят соевых белков и/или дрожжевые экстракты при добавлении к молоку стимулируют

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

рост *S. thermophilus* и различных видов бифидобактерий [949], однако добавление таких гидролизатов к ферментированному молоку может регулироваться особыми нормативными актами.

2.4.6 Способ концентрирования выпариванием под вакуумом (ВВ)

Этот способ увеличения содержания сухих веществ в смеси для йогурта широко применяется в промышленности. Типичная установка для его реализации описана в главе 3. Основное требование — наличие пластинчатого испарителя, который может быть легко встроен в линию производства йогурта. Выпаривание и/или концентрирование выполняется перед конечной тепловой обработкой молока. На практике молоко для производства йогурта должно быть предварительно нормализовано (например, по содержанию жира), поскольку при выпаривании концентрируются все составляющие молока (потери летучих компонентов в конденсате незначительны). Доля воды, удаляемой из молока, составляет 10–25%, что эквивалентно увеличению СМО на 2–4 г/100 г. Однако в работе [81] для производства высококачественного йогурта рекомендуется использовать ВВ цельного молока до содержания СМО 16–18 г на 100 г. Одним из основных достоинств выпаривания считается удаление воды из молока под вакуумом, что способствует также удалению захваченного воздуха, а следовательно, улучшает стабильность сгустка и уменьшает синерезис при хранении [305]. При производстве йогурта из козьего молока процесс выпаривания улучшает консистенцию конечного продукта и уменьшает в нем специфический привкус козьего молока [332].

В промышленном производстве йогурта молоко может быть обогащено и/или нормализовано до стадии сушки концентрированным молоком (цельным или обезжиренным) или КБС. Типичный общий состав концентрированных молочных продуктов приведен в табл. 2.5.

Таблица 2.5. **Состав концентрированных молочных продуктов (г /100 г)**

Концентрат	Белок	Жир	Лактоза
Подсгущенное молоко:			
цельное	6,8	7,6	10,0
обезжиренное	7,5	0,2	11,3
Сгущенная:			
пахта	9,9	1,5	12,0
сыворотка	7,0	2,4	38,5
Ретентат:			
сыворотка[a]	12,2	НС	3,2

[a] – Ультрафильтрация; коэффициент концентрирования объема × 20.
НС — не сообщается.
На основе данных Bassette and Acosta (1988) и Caric (1984).

2.4.7 Способ концентрирования при помощи мембранной фильтрации

Мембранная фильтрация была разработана для концентрирования и/или выделения твердых веществ из их смеси с водой. Обычными мембранными процессами являются обратный осмос (ОО), нанофильтрация (НФ), ультрафильтрация (УФ) и микрофильтрация (МФ). Применение ОО и УФ в молочной промышленности описано в работах [104, 145, 163, 209, 210, 297, 307, 362, 407, 413, 414, 473, 497, 594, 601, 631, 732, 742]. Основные функциональные отличия между ОО, НФ, УФ и МФ заключаются в следующем:

- процесс обратного осмоса отделяет растворенные вещества с очень низким молекулярным весом (около 100), и через мембрану проходят только молекулы воды; таким образом, мембраны, по сути, непроницаемы (или незначительно проницаемы) для органических соединений и неорганических ионов, и поэтому важной характеристикой процесса становится осмотическое давление; система ОО работает при высоких давлениях, в пределах 1–6 МПа;
- процесс НФ иногда называют ультраосмосом; этот метод фильтрации селективно отделяет из водных растворов растворенные вещества с низким молекулярным весом; мембраны здесь более проницаемы, чем в ОО, но менее проницаемы, чем в УФ; системы НФ нормально работают при давлениях 2–3 МПа;
- в процессе УФ молоко лишь фильтруется, а мембраны способны удержать фракции с высоким молекулярным весом (более 2000); рабочие давления поэтому здесь гораздо ниже, чем при ОО (0,1–1 МПа);
- процесс МФ осуществляется при очень низких давлениях (0,01–0,05 МПа) и используется при отделении от водных растворов взвешенных частиц размером до 10 мкм.

Часть потока, проходящая через мембрану, носит название пермеат (ультрафильтрат), а часть потока, удерживаемая мембраной и содержащая растворенное вещество (вещества) и иные подлежащие концентрации компоненты — ретентат (концентрат).

Растворенное вещество, таким образом, концентрируется, и в пермеате его будет меньше, чем в исходном продукте. В табл. 2.6 показана способность веществ, растворенных в цельном или обезжиренном молоке или сыворотке, проникать через различные мембраны. При ОО через мембрану проходит только вода, а при УФ — вода, содержащая лактозу, небелковый азот, органические кислоты, минеральные вещества и водорастворимые витамины. В табл. 2.7 приведена сравнительная характеристика химического состава пермеата и ретентата цельного молока, обезжиренного молока и сыворотки, полученных методом ОО и УФ.

В молочной промышленности методы мембранной фильтрации применяются в основном для ряда процессов [104, 139], например:

- ОО используется для концентрирования сыворотки, УФ — пермеата и в меньшей степени для молока при производстве йогурта;
- НФ – для частичной деминерализации/обессоливания сыворотки, УФ – пермеата или ретентата;

Таблица 2.6. **Способность компонентов молока и/или сыворотки проникать через различные мембранные системы**

Компоненты молока/сыворотки	Тип мембранной обработки			
	ОО	НФ	УФ	МФ
Вода	✓	✓	✓	✓
Минеральные вещества	Р	✓	✓	✓
Лактоза, АК и НБА	Р	Р	✓	✓
Белки	Р	Р	Р	✓
Жиры и бактерии	Р	Р	Р	Р

✓ – проходит через мембрану, Р – не пропускается мембраной и остается в ретентате. АК: аминокислоты. НБА: небелковый азот.
По [104].

Таблица 2.7. **Химический состав (г на 100 г) пермеата и ретентата молока (цельного и обезжиренного) и сыворотки после концентрирования методом УФ и ОО**

Процесс	Продукт	Фактор концентрирования	Сухой молочный остаток	Жир	Белок	НБА	Лактоза
УФ	Цельное молоко	3	12,9	3,9	3,1	0,18	4,7
	Пермеат		6,1	–	0,06	0,19	5,1
	Ретентат		28,6	12,6	9,8	0,18	4,1
	Обезжиренное молоко	3	8,5	–	3,1	0,17	5,1
	Пермеат		5,7	–	0,06	0,17	5,3
	Ретентат		15,5	–	9,3	0,20	4,7
	Сыворотка	20	6,0	–	0,68	0,29	4,0
	Пермеат		6,2	–	0,13	0,55	4,5
	Ретентат		20,1	–	12,12	2,11	3,2
ОО	Цельное молоко	2	11,7	3,2	3,1	–	4,3
	Пермеат		0,08	–	–	–	–
	Ретентат (а)		22,6	6,4	6,1	–	8,6
	Обезжиренное молоко	2,3	8,8	–	3,1	–	4,7
	Пермеат		0,33	–	–	–	–
	Ретентат		19,0	–	6,4	–	10,3
	Сыворотка	2,7	6,8	–	0,8	–	4,4
	Пермеат		0,11	–	–	–	–
	Ретентат		18,2	–	2,2	–	11,9

НБА: небелковый азот. Тире указывает на отсутствие данных или в случае ОО — нулевой результат фильтрации, т. е. неспособность данных составных частей проходить через мембрану.
(а) Данные рассчитаны по опубликованному значению удержания на мембране.
Данные по [295, 296].

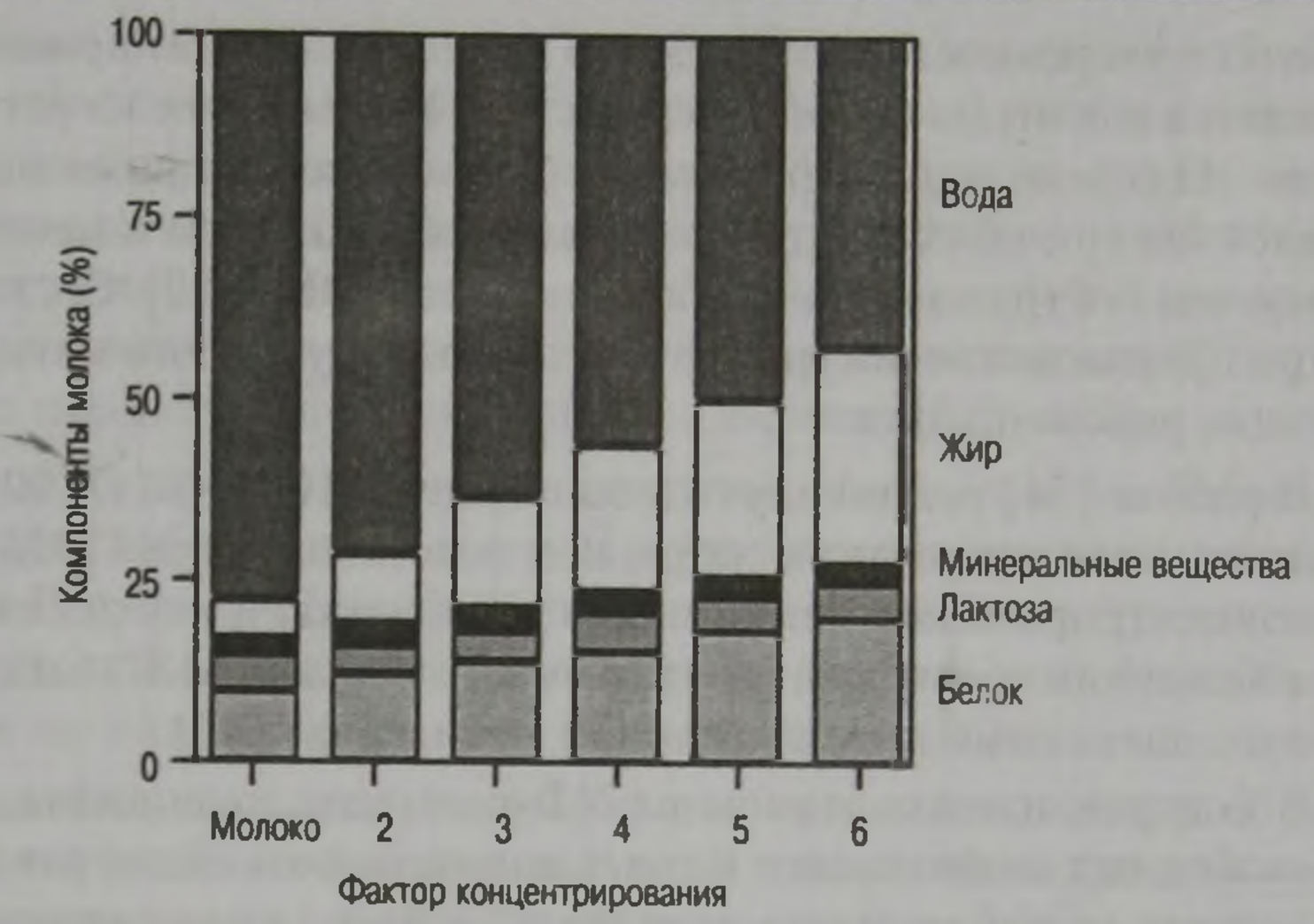


Рис. 2.6. Эффект концентрирования компонентов в ретентате, полученном ультрафильтрацией цельного молока

Примечание: содержание жира и белка возрастает с ростом фактора концентрирования, при этом содержание лактозы и минеральных веществ не изменяется; содержание минеральных веществ незначительно увеличивается, начиная с фактора 5.

По [721].

- УФ – для концентрирования жира и белков (рис. 2.6) при нормализации молока для производства сыра или обогащении молока для йогурта. Также используется для концентрирования сыворотки при производстве КБС.

МФ в основном используется для уменьшения количества микроорганизмов в обезжиренном молоке, сыворотке или рассоле, а также для удаления жира из сыворотки, используемой для получения концентрата или изолята сывороточных белков.

В работах [430, 431] описано приготовление йогурта из молока, сконцентрированного с помощью ОО или УФ, в промышленных масштабах. Данные из работ [250, 862] по характеристикам йогуртов, полученных из молока, сконцентрированного методами ОО и УФ, представлены ниже.

- Использование цельного молока, сконцентрированного методом УФ до содержания сухих веществ 18–20 г/100 г, позволяло получить однородный сметанообразный йогурт с характерным кисломолочным вкусом; при последующей обработке молока гомогенизации не требовалось.
- В процессе, подобном описанному выше, при доведении содержания лактозы до 2 г/100 г получался йогурт, превосходящий обычные сорта.
- Обезжиренное молоко, в котором сухой молочный остаток после концентрирования составлял 13 г/100 г, также пригодно для приготовления йогурта.
- При использовании обезжиренного молока, сконцентрированного методом ОО до содержания сухих веществ 15 г/100 г, получали йогурт, по вязкости, кислотности и вкусу подобный йогуртам, выработанным из обезжиренного молока, обогащенного СОМ до содержания сухих веществ 15 г/100 г.

Можно с уверенностью сказать, что в промышленном производстве йогурта ОО применяется значительно меньше, чем УФ. Тем не менее из ретентата, полученного методом ОО (после концентрирования объем молока становился меньше в два раза), получался йогурт, обладавший явно большей вязкостью и менее подверженный синерезису, чем йогурт из молока, обогащенного СОМ [215]. Согласно некоторым данным, при производстве йогурта из ретентата, полученного методом УФ, можно дать следующие рекомендации.

- В работе [74] рекомендуется значение СМО 13,23 г/100 г, но не приводится данных по содержанию жира; при восстановлении СОМ и последующем его концентрировании методом УФ до содержания сухих веществ 12 г/100 г и добавлении обезвоженного молочного жира (ОМЖ) был получен йогурт, высоко оцененный дегустационной комиссией [610].
- В йогурте, изготовленном из УФ-ретентата, отношение общего содержания свободных аминокислот к содержанию белков, было равно 0,0375; при этом в йогурте не наблюдалось значительного различия размера частиц низкомолекулярных пептидов [657]. Концентрирование молока более чем в два раза вело к излишней плотности продукта; упругость сгустка также зависела от степени концентрирования [880].
- Для производства йогурта с небольшим содержанием лактозы (около 0,75 г/100 г) и натрия рекомендуется применять УФ (масса белковых частиц около 20 килодальтон) с последующим добавлением к ретентату β-галактозидазы; при этом для компенсирования потерь кальция при фильтрации следует добавлять пектин, фосфат кальция и яблочный концентрат [732].
- На относительную вязкость УФ-ретентата обезжиренного молока при pH 6,0 влияет содержание белков и хлорида натрия в количестве 1 г/100 г [1].

Из обезжиренного молока, сконцентрированного УФ (масса белковых частиц около 10 килодальтон), получается йогурт с соотношением белка и лактозы 1,2; из обезжиренного молока, сконцентрированного ОО, высококачественный йогурт получается лишь при увеличении содержания белка на 35% [123].

Активность заквасок в УФ-ретентате оказывается выше в том случае, когда наблюдается повышение проводимости, а pH снижается незначительно несмотря на увеличение содержания молочной кислоты [525]. Такое поведение микроорганизмов объясняется буферной емкостью УФ-ретентата [622–626; см. также 25].

2.4.8 Добавление немолочных белков

В странах, где молочное производство развито недостаточно, в исследовательских лабораториях использовали для обогащения молока при производстве йогурта белки растительного, животного и иного происхождения. Примеры использования немолочных белков приведены ниже.

- В различных пищевых продуктах широко применяются так называемое «соевое молоко» и его белковые производные. Йогуртовые продукты на основе сои будут более подробно рассмотрены в главе 5.

BÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

- Для изготовления йогурта с высоким содержанием белка (около 19 г/100 г) используются смеси сладкого картофеля (батата, СК), молока, сахарозы и желатина. Качество йогурта при этом получается высоким, но он темнеет при увеличении содержания СК. В целом такие йогурты содержат значительные количества питательных веществ, витамин С (0,3–0,4 мг/100 г), витамин А 971(1252 ретинолового эквивалента на 100 г) и пищевые волокна (2,5 г/100 г). О снижении активности закваски данных не имеется [175–177].
- В изготовлении продуктов, сходных с йогуртом, используются бобовые (такие, как кормовые бобы, вигна и маш). Йогурт на основе кормовых бобов высоко ценится в Египте [7, 8], но ферментированное молоко, изготовленное из вигны или маша, по качеству оказывается ниже йогурта. хотя его органолептические свойства вполне приемлемы [731; см. также 406).
- Приемлемый стабильный продукт получается при смешивании и обработке яичного белка, соевого молока, соков растений, сахара, обезжиренного молока и ванильного экстракта (см. [549, 573; см. также 649].
- Для частичной замены молочных белков в производстве йогурта используют белок подсолнечника. Оказывается, что такие белки полностью лишены гелеобразующей способности, но взаимодействуют с казеинами с образованием мягкого желеобразного йогурта [100].
- Для увеличения сухого остатка молока до 23 г/100 г белок из арахиса (в виде муки или изолята) смешивают с молоком (цельное молоко с добавкой СОМ); нагревают до 80 °С в течение 30 минут, что дает возможность получить после ферментации сгусток с повышенным пределом текучести [729; см. также 908].
- В производстве йогурта используются также различные хлопковые белки, и наиболее пригодным по сравнению с контрольным (молочным) йогуртом считается йогурт, полученный путем смешивания хлопкового белка с сухим цельным молоком в соотношении 1 : 1 и 1 : 3 [9]. В работе [432] описывается получение вполне приемлемого йогурта с использованием смеси свежего молока и хлопкового белка с низким содержанием госсипола в соотношении 6 : 4, 1 г/100 г глюкозы и 0,1 г/100 г β-циклодекстрина.
- Сравнение контрольного йогурта с йогуртом, полученным из кокосового молока, обогащенного СОМ с добавлением 12 г/100 г сахара, показывает приемлемость последнего [39, 40, 203 789].
- Обогащение молока сухим яичным белком в количестве до 3% интенсифицирует процесс кислотонакопления для *L. acidophilus, Lactobacillus paracasei* подвида *paracasei и L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, а вязкость полученного йогурта зависит от количества вносимого сухого яичного белка [858, 859].

Приемлемый йогурт получается при обогащении молока такими белковыми добавками, как «соевое молоко», овсяная мука и сухая сыворотка [819], белки молока и сыворотки [559], высушенное алоэ [543, 951], «соевое молоко» и/или шелушеный рис [483].

Существуют различные способы нормализации молочной основы или повышения содержания в ней жира или СОМО. Химический состав потенциальных ингре-

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

диентов приведен в таблицах 2.4, 2.5 и 2.7. Выбор конкретного метода обогащения в той или иной ситуации определяется в основном следующими факторами:

- стоимостью и наличием сырья;
- масштабами производства;
- капиталовложениями в перерабатывающее оборудование.

Важно отметить, что добавление отдельных составляющих молока зависит от применяемого метода обработки, а возможное увеличение или снижение содержания белка, лактозы и жировых компонентов в йогуртовой смеси — от используемого способа обогащения/нормализации.

Вместе с тем важны и другие соображения. Так, при добавлении сухого цельного или обезжиренного молока сверх определенного уровня в йогурте может появиться мучнистость, а высокий уровень лактозы в смеси может вести к избыточному повышению кислотности при холодильном хранении. Тем не менее при производстве йогурта первостепенная роль отводится вязкости и консистенции сгустка, а эта характеристика полностью зависит от содержания белка в молочной основе. В течение года содержание белка в молоке изменяется [278, 280, 281]. В промышленном производстве йогурта повышение содержания белка в молоке может быть достигнуто добавлением сухого казеината, концентрированием молока методом УФ или (в меньшей степени) добавлением сухих продуктов с высоким содержанием белка — сухой сыворотки или сухой пахты (см. табл. 2.4, 2.5 и 2.6).

Хотя на сгусток влияет общее содержание белка, образование геля зависит от функциональных свойств казеиновой фракции [769]. Молочная кислота, образованная закваской, дестабилизирует казеиновые мицеллы, и при pH 4,6–4,7 в присутствии двухвалентных ионов (кальция или магния) казеин образует трехмерную сетку, удерживающую все компоненты молока, включая водную фазу. Особенно важно, что обогащение молочной основы казеином или казеинатом дает следующие преимущества:

- для увеличения содержания белка не требуется концентрирования молока;
- сохраняются естественный вкус и структура йогурта;
- казеин или казеинат, улучшая гидрофильные свойства белка, действует как стабилизатор;
- отмечается повышение вязкости йогурта и снижение проблемы синерезиса при холодильном хранении; для достижения равного эффекта при обогащении молока сухого казеина или казеината требуется в 3 раза меньше, чем сухого обезжиренного молока; на рис. 2.5 показано, насколько казеинат эффективнее для улучшения консистенции йогурта, чем сухое обезжиренное молоко.

Очевидно, что йогурт можно производить как из концентрированного, так и из обогащенного молока. Пытаясь выделить ниаболее приемлемый способ, исследователи [10, 96, 97, 794, 795, 865] сравнивали качество йогурта, полученного из молока, обработанного ОО, УФ, ВВ и продукта, полученного из молока с добавлением СОМ. Химический состав молочных основ приведен в табл. 2.8.

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 2.8. **Химический состав (г/100 г) молока для производства йогурта, концентрированного/обогащенного различными способами**

Способ обработки исходного молока	СМО	Жир	Белок	Лактоза (а)	Зола
По [10]					
Контроль	11,84	3,43	3,12	4,45	0,84
ВВ	14,57	3,49	4,12	6,03	0,93
УФ	14,13	3,60	4,97	4,63	0,93
ОО	14,53	3,53	4,03	6,07	0,92
Добавление СОМ	14,32	3,32	4,14	5,93	0,93
По [864](б)					
Добавление СОМ	15,96	1,56	5,55	7,64	1,21
ВВ	15,11	1,62	5,24	7,11	1,15
УФ	11,82	1,55	5,14	4,27	0,84
ОО	15,79	1,60	5,51	7,53	1,15
Добавление казеината натрия	12,87	1,53	5,36	5,13	0,85
По [97]					
Добавление СОМ	13,79	3,50	3,72	5,68	0,89
ВВ	13,80	3,50	3,71	5,70	0,89
УФ	13,71	3,50	4,09	5,13	0,85

[а] Данные для лактозы [10, 864] вычислены как разность.

[б] Данные являются средними для трех различных заквасок.

ВВ – выпаривание под вакуумом; УФ – ультрафильтрация; ОО – обратный осмос; СОМ – сухое обезжиренное молоко.

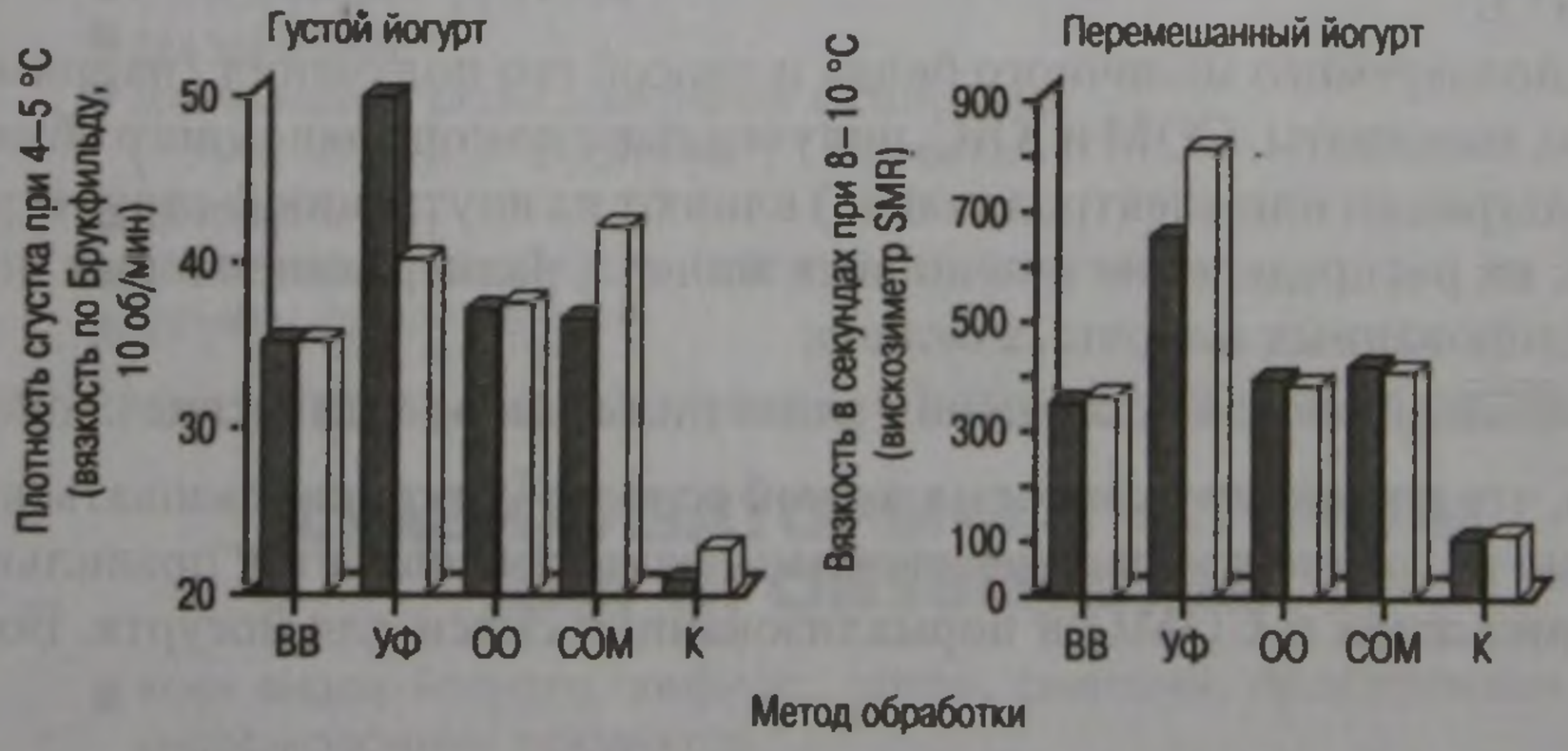


Рис. 2.7. Реологические свойства йогуртов, полученных из молока, концентрированного или обогащенного различными способами

ВВ – выпаривание под вакуумом; УФ – ультрафильтрация; ОО – обратный осмос; СОМ – сухое обезжиренное молоко и К – контроль (натуральное молоко)

■ – йогурт через сутки хранения при 4 °С; □ – через 14 суток хранения при 4 °С.

По [10].

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Выводы можно сформулировать следующим образом:

- Йогурты, полученные с применением УФ и добавлением казеината натрия, имеют наиболее высокие показатели вязкости и плотности сгустка (рис. 2.7), но неудовлетворительный вкус [864];
- наиболее высокую органолептическую оценку имели йогурты из молока, подвергнутого ВВ [10], однако подобные эффекты могут не наблюдаться при добавлении к йогурту фруктов и сахара (по данным [101, 300, 778];
- способ обогащения молока может резко изменить содержание химических компонентов в йогуртовой смеси; рекомендуемое значение белка составляет 5 г/100 г смеси.

Существуют многочисленные данные о качестве йогурта, изготовленного из обогащеного различными способами молока. Например, на содержание молочной кислоты, уровень D-лактата, вязкость и органолептические свойства йогурта, при производстве которого применялись казеинат натрия, белки сыворотки и УФ-молоко, можно влиять с помощью определенного способа обогащения исходного молока — например, с помощью казеината натрия, белки которого и УФ-молоко использовались для производства йогурта, в котором содержание молочной кислоты, уровень D-лактата, густота и органолептические свойства регулировались с помощью метода обогащения [743–745].

Сравнительные исследования йогуртов, изготовленных из молока с различным содержанием белка, которые проводились в Канаде [628, 629], показали следующее:

- используемый способ обогащения и содержание казеина влияет на устойчивость геля и интенсивность синерезиса;
- соотношение казеиновых и неказеиновых составляющих меняется от 1,08 : 1 до 4,56 : 1;
- вид используемого молочного белка и способ его получения (например, УФ-молоко, казеинаты, СОМ и КБС, полученные с помощью ионного обмена, ультрафильтрации или электродиализа) влияют на внутреннюю структуру сгустка, т. е. на распределение казеиновых мицелл, размер мицелловых цепочек и флокулированных молочных белков;
- применяемый способ обогащения влияет на органолептические свойства.

Вероятно, что в ходе подготовки молочной основы будут использоваться различные молочные ингредиенты, и существенным фактором является правильный расчет содержания жира и СОМО в нормализованной смеси для йогурта. Возможны два подхода:

1) примерные расчеты могут быть получены при помощи квадрата Пирсона;
2) для точного расчета количества жира и СОМО, поступающих с различным сырьем, можно использовать алгебраический метод [402].

Первый метод расчета наиболее приемлем для мелких производителей йогурта, тогда как алгебраический метод обычно рекомендуется применять на крупных производствах, особенно с учетом экономических аспектов технологии.

НАШИ ИНГРЕДИЕНТЫ -

ДЛЯ ВАШИХ ИДЕЙ

БИОФУД

П Р Е Д Л А Г А Е Т

ДЛЯ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ФРУКТОВО-ЯГОДНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ:

- с кусочками фруктов
- со злаками
- желейные с разноцветными шариками ("Тути-Фрути", "Бубл-Гум", "Коровка")
- протертые
- гомогенные (топпинги, топпинги сгущенные)
- фрукты припущенные

ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ, ДЕСЕРТОВ, МОРОЖЕНОГО

СТАБИЛИЗАТОРЫ-ЗАГУСТИТЕЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА:

- всех видов йогурта, кефира, пахты, сметаны, простокваши и других кисломолочных продуктов
- сырков: творожных, гомогенизированных, десертов на основе творога, йогурта и пудинга
- мороженого: молочного, сливочного, пломбира, замороженных десертов на основе йогурта, творога
- соусов на основе йогурта, сметаны, майонеза, облегченного масла

МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ МОЛОЧНОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ООО "БИОФУД"
тел./факс: (095) 777-40-50, 511-97-90
e-mail: milk@biofood.ru

2.5 Добавление стабилизаторов/эмульгаторов

2.5.1 Общие сведения

При производстве некоторых молочных продуктов применяются стабилизаторы и/или эмульгаторы. При изготовлении йогурта к молочной основе добавляют только стабилизаторы. В большинстве стран их применение регулируется нормативными актами. На международном уровне комитетом по вопросам продовольствия и сельского хозяйства Всемирной организации здравоохранения (ФАО)/(ВОЗ) был подготовлен (в 1990 г.) перечень соединений с указанием допустимых концентраций, которые могут быть использованы для производства йогурта. Подобный подход был принят также в Великобритании [823].

Классификация пищевых стабилизаторов/эмульгаторов довольно сложна, и поэтому был предложен целый ряд различных схем, например:

- описание всех соединений как полисахаридных материалов;
- наименование, включающее ботанический вид;
- происхождение — растительное, животное или синтетическое;
- химическая классификация.

Позднее была предложена классификация, включающая также метод обработки [289–294], например:

- натуральные камеди;
- модифицированные натуральные или полусинтетические камеди (химические модификации натуральных камедей и подобных им веществ);
- синтетические камеди (полученные в результате химического синтеза).

Некоторые стабилизаторы, разрешенные ФАО/ВОЗ (1990) и нормативными актами Великобритании,[823] и сгруппированные в соответствии с классификацией Гликсмана, приведены в табл. 2.9.

Основная цель добавления стабилизаторов к молочной основе — улучшение и сохранение таких важных характеристик йогурта, как структура и консистенция, вязкость, внешний вид и вкус. При производстве йогурта сгусток (коагулят) часто подвергается механической обработке, например:

- перемешивание сгустка в резервуаре в конце сквашивания или перемешивание в резервуаре для охлаждения;
- перекачивание сгустка в пластинчатый или трубчатый охладитель;
- перемешивание при введении в сгусток фруктов или ароматизаторов с последующим перекачиванием в фасовочно-упаковочный автомат;
- тепловая обработка сгустка после сквашивания для получения пастеризованного йогурта, УВТ-йогурта или йогурта длительного хранения.

В результате такой обработки йогурт может стать менее вязким или может произойти отделение сыворотки. Добавление стабилизаторов позволяет преодолеть эти недостатки.

Стабилизаторы иногда называют гидроколлоидами. В йогурте они выполняют две основные функции: во-первых, связывают воду, и, во-вторых, увеличивают вяз-

Таблица 2.9. **Классификация и функции гидроколлоидов, которые могут использоваться в производстве йогурта**

Натуральные	Модифицированные	Синтетические [а]
Из растений	Производные целлюлозы (1) [б]	Полимеры
Экссудаты	Карбоксиметилцеллюлоза	Производные поливинила
Аравийская камедь (1,3) [б]	Метилцеллюлоза	Производные полиэтилена
Трагакант	Гидроксиэтилцеллюлоза	
Карайя	Гидроксипропилцеллюлоза	
Экстракты	Гидроксипропилметилцеллюлоза	
Пектины (2,3) [б]	Микрокристаллинцеллюлоза	
Мука	Микробная ферментация	
Плоды рожкового дерева (кароб) (1) [б]	Декстран	
Гуаровая камедь (1) [б]	Ксантан (1, 3) [б]	
Морские водоросли	Различные производные [б]	
Экстракты	Низкометоксилированный пектин	
Агар (2,3) [б]	Пропиленгликоль альгинат	
Альгинаты (1, 2, 3) [б]	Предварительно клейстеризованные крахмалы	
Каррагинан (ирландский, или жемчужный мох)	Модифицированные крахмалы	
Фурцеллеран (1, 2, 3) [б]	Карбоксиметиловый крахмал	
Злаковые крахмалы (1, 2, 3)	Гидроксиэтиловый крахмал	
Пшеница	Гироксипропиловый крахмал	
Кукуруза		
Животного происхождения		
Желатин [б]		
Казеин		
Растительного происхождения		
Соевый белок		

[а] Применение для производства йогуртов ограничено. [б] Стабилизаторы, разрешенные ФАО/ВОЗ (1990); допустимый уровень (отдельно или в сочетании с другими) составляет 5 г/1 кг, кроме пектина, желатина и/или производных крахмалов, для которых этот уровень —110 г/1 кг.

Числа в скобках указывают функцию гидроколлоида: (1) загуститель, (2) желирующее вещество и (3) стабилизатор. Допустимый уровень этих стабилизирующих соединений определяется нормативными актами; в натуральном или неароматизированном ферментированном молоке наличие этих соединений не допускается.

Данные по [76, 289–294, 303, 715].

кость [76, 217, 270, 639, 706–708, 781, 872]. Молекулы стабилизатора способны образовывать связи между собой и компонентами молока благодаря наличию отрицательно заряженной группы, например, гидроксильного или карбоксильного радикала, или благодаря наличию соли, обладающей способностью связывать ионы кальция. Эти отрицательные группы сосредоточены на межфазных поверхностях и согласно

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

[76, 121, 213, 303, 416, 460, 701], эффект действия стабилизатора в молочной основе проявляется в том, что он:

- связывает воду в виде гидратационной;
- реагирует с компонентами молока (в основном с белками) с увеличением уровня их гидратированности;
- стабилизирует молекулы белка за счет образования сетки, ограничивающей свободное движение воды (рис. 2.8 и 2.9).

Следовательно, гидроколлоиды в йогурте, с одной стороны, выступают в качестве желирующих веществ или загустителей, с другой — являются стабилизаторами [749, 798, 876]. В табл. 2.9 представлен широкий диапазон соединений, которые могут быть добавлены к молоку при производстве густого йогурта, причем они могут добавляться по отдельности или в виде смеси. Смеси (стабилизационные системы) используются более широко, так как большая часть имеющихся на рынке составов — это смеси стабилизаторов (если не указано иное). Применение стабилизационных систем обеспечивает достижение определенной функции или, что значительно чаще, позволяет преодолеть тот или иной недостаток отдельного компонента. Например, какой-либо компонент, пригодный для изготовления фруктового или ароматизированного йогурта, не может самостоятельно применяться для производства замороженного, сухого или пастеризованного йогурта, и поэтому выбор определенного типа стабилизатора зависит от множества факторов, включая описанные в следующих разделах.

2.5.2 Различные свойства и условия применения

2.5.2.1 Функциональные свойства

Действие определенных стабилизаторов необходимо рассматривать в зависимости от типа выпускаемого йогурта, однако в большинстве случаев пользуются методом проб и ошибок.

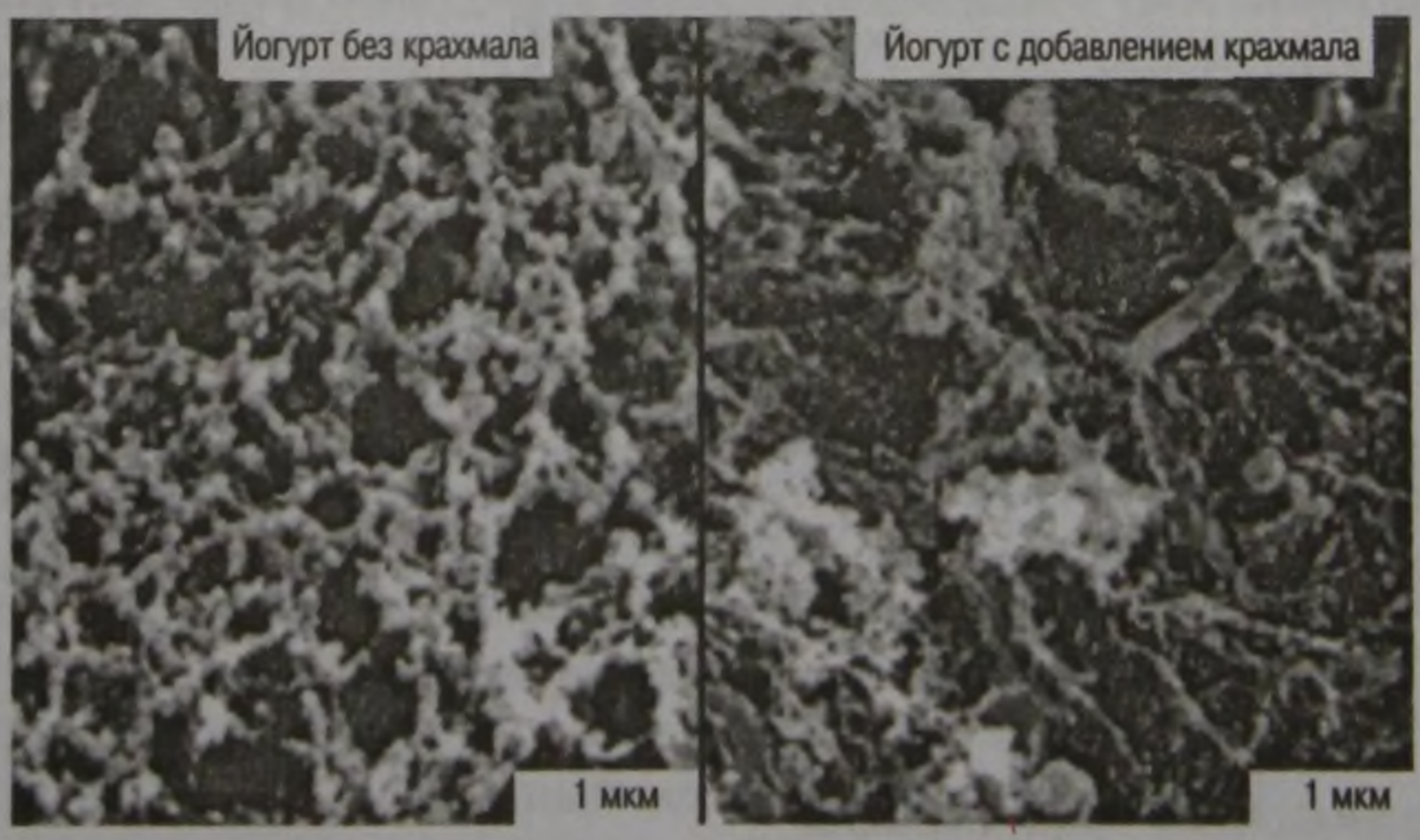


Рис. 2.8. Микроструктура йогурта (фотография сделана на сканирующем электронном микроскопе)

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

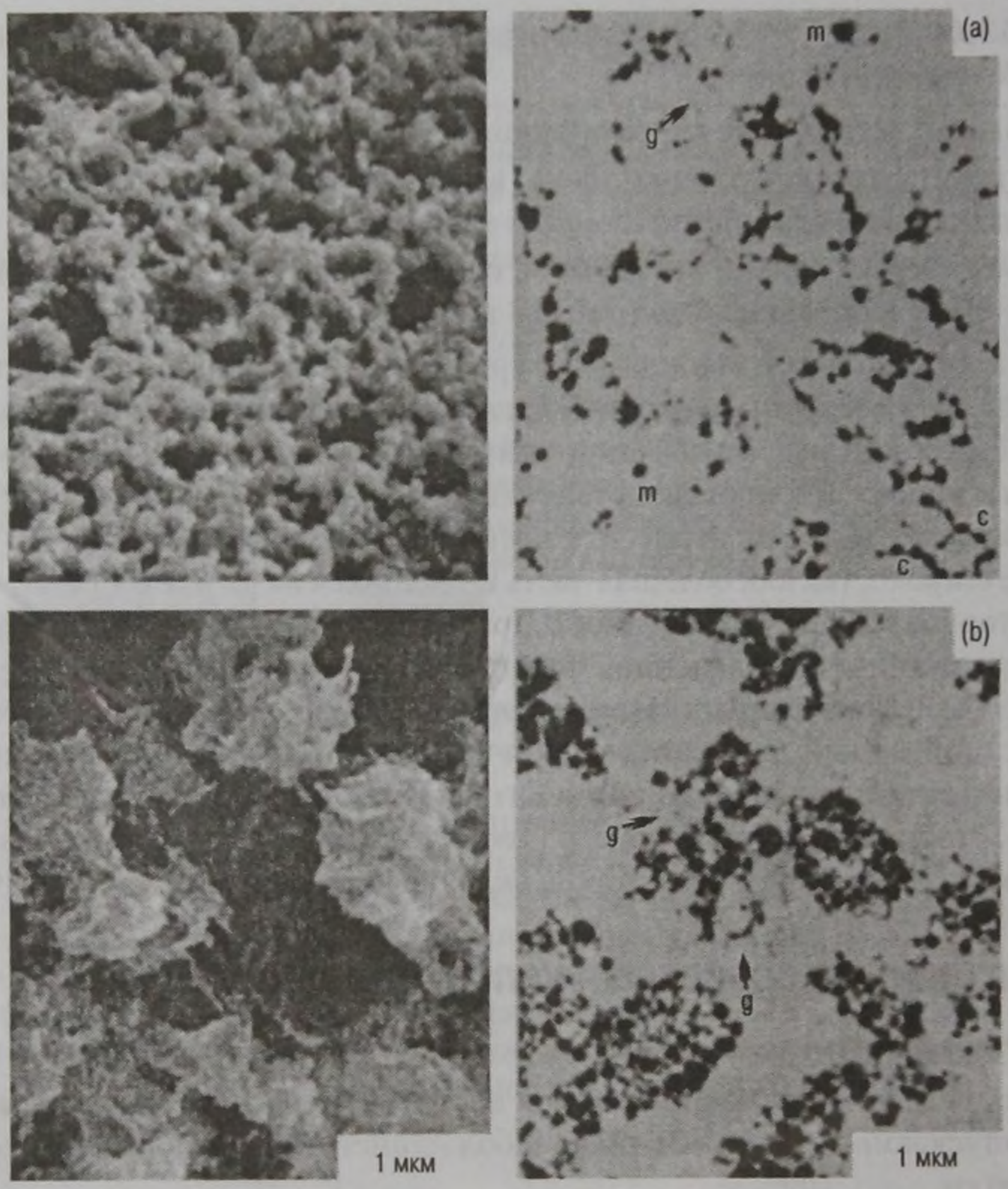


Рис. 2.9. Микроструктура йогурта с добавлением различных стабилизаторов

Фото: (слева): сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), справа трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ).

(а) Йогурт с добавлением 0,4% каррагинана; (б) йогурт с добавлением 2% предварительно желированного крахмала из кукурузы восковой спелости

Добавление каррагинана привело к образованию волокнистой (фибриллярной) микроструктуры, соединяющей крупные агрегаты казеиновых мицелл. На фотографии видно, что волокна тонкие и длинные, без свободных окончаний. Наличие крахмала привело к образованию коротких волокон и пластинок, волокна часто имели свободные окончания, причем некоторые из них были соединены с небольшими агрегатами казеиновых мицелл.

Метод ТЭМ не показал различий между микроструктурами йогурта с крахмальным и каррагинановым стабилизаторами, однако можно использовать СЭМ для обнаружения различных добавок в йогурте.

Примечание: (g) жировые шарики, (f) плоские волокна, (h) пластинки, (m) казеиновые мицеллы, увеличение 6000 ×.

По [452]. Воспроизведено с разрешения *Journal of Dairy Research*.

2.5.2.2 Оптимальная концентрация

Для йогурта оптимальная концентрация стабилизатора (стабилизаторов) иногда определяется действующими нормативными актами и/или побочными эффектами, т. е.

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

появлением нежелательного привкуса при добавлении слишком большого количества стабилизатора. Некоторые рекомендованные уровни содержания стабилизаторов для изготовления йогурта приведены ниже:

- 0,02–0,7 г/100 г для пектинов или некоторых модифицированных крахмалов [90, 322, 501, 700, 940, 959] или 1,2 г/100 г для каррагинана и 0,25 г/100 г для пектина [703];
- 0,05–0,6 г/100 г для агар-агара, камеди рожкового дерева, гуаровой камеди, альгината, желатина, каррагинана или карбоксиметилцеллюлозы [59, 172, 301, 337, 540, 808, 845, 849, 916], однако по данным [253], при изготовлении йогурта следует применять только высококачественный желатин, поскольку он лучше взаимодействует с казеином, имеет более высокую точку плавления и стабилизирующую способность;
- 1–2 г/100 г для некоторых крахмальных составов [160, 461, 873];
- 0,1–0,5 г/100 г для гуаровой камеди в подкисленной молочной пробе (0–20 г жира на 100 г и 6–12 г СОМО не влияли на коэффициент распределения ацетальдегида, этанола или диацетила [556];
- 0,5–2 г/100 г волокон свеклы улучшают консистенцию йогурта и дают приятный вкус [785];
- 0,6 г/100 г крахмала из тапиоки могли заменить 2 г/100 г СОМО (что дает существенную экономию) без ущерба для качества йогурта; внесение 0,3 г/100 г желатина менее эффективно по сравнению с крахмалами, особенно в йогуртах, содержащих 1,5 г жира на 100 г [599, 600]; для улучшения питательных и органолептических свойств йогурта можно использовать смесь пшеничных зерен, подвергнутых тепловой обработке, и сахарозы [336].

Другим фактором, определяющим количество добавляемого стабилизатора, является содержание сухих веществ в молоке, предназначенном для выработки йогурта. По [333] оптимальными концентрациями (г/100 г) для смеси желатин/камедь являются 0,5; 0,45; 0,4; 0,3 и 0,25 для молока, содержащего 12,5; 14,5; 16,5; 19,0; 22,0 сухих веществ соответственно. Ниже приведены и другие рекомендуемые концентрации (г/100 г) смеси стабилизаторов для производства йогуртов:

(а) 0,35 Gelodan [615];

(б) 0,3 альгината натрия или желатина + < 1,5 крахмала [433];

(в) 1 желатин + 0,2 агара [20];

(г) 0,2 альгината натрия + 0,1 β-циклодекстрина [432];

(д) 0,06 карбоксиметила гуаровой камеди или лейкаценовой камеди + каррагинан в соотношении 9 : 1 [3, 230];

(е) полимерный раствор камеди рожкового дерева и каррагинана [69];

(ж) 2,0 Gelodan YF 358 (волокно + белки молока) и 1,5 Gelodan YF 326 (волокно + желатин) или 1,5 Gelodan YF 314 (волокно + молочные белки + низкометоксилированный пектин) и 1,5 Gelodan YF 361 (волокно + желатин + пектин с низкометоксилированным пектином) [149].

Оценка действия различных стабилизаторов для производства йогурта приведена также в работах [420, 421, 424, 820, 822].

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

2.5.2.3 Токсические или ингибирующие эффекты

Для использования в пищевых продуктах некоторых стабилизаторов, например, каррагинанов, трагаканта и камеди рожкового дерева необходима их токсикологическая проверка, но в основном стабилизаторы в используемых концентрациях не подавляют развитие микрофлоры закваски для йогурта.

2.5.2.4 Юридические вопросы

Законодательство и нормативные акты разных стран различаются, в связи с чем в отдельных странах для производства йогурта разрешено использовать не все стабилизаторы, и поэтому с нормативными актами необходимо регулярно знакомиться.

2.5.2.5 Растворение

Для растворения некоторых крахмальных смесей и Na-каррагинана оптимальными являются низкие температуры, в связи с чем эти компоненты могут быть добавлены в холодное молоко при подготовке молочной основы. Большинство стабилизаторов, однако, растворяются только при высоких температурах, например, при 50–85 °C (за исключением агар-агара, растворяющегося при 90–95 °C), и поэтому на предприятиях такие стабилизаторы добавляют в теплое молоко до пастеризации или в горячее молоко после тепловой обработки. В некоторых случаях полное растворение стабилизирующей смеси, содержащей, например, крахмал, может потребовать выдержки при высокой температуре в течение некоторого времени (чтобы смесь стала активной в качестве стабилизатора).

Учитывая различные свойства этих соединений, рекомендовать какой-либо один метод введения их в молочную основу трудно, однако помочь в решении различных проблем могут следующие рекомендации:

- следуйте инструкциям, предоставляемым изготовителем, а при отсутствии информации: (а) смешайте стабилизатор с сухим молоком и введите смесь в воду или молоко с помощью высокоскоростной мешалки при температуре, рекомендованной для растворения сухого молока, или (б) смешайте стабилизатор с сахаром и добавьте к молочной основе при высокой скорости перемешивания и при температуре, рекомендованной для внесения сахара;
- замочите стабилизатор (например, желатин) в воде или молоке, а затем добавьте к основной смеси при перемешивании с большой скоростью.

2.5.2.6 Казеин

Некоторые гидроколлоиды (натрий-карбоксиметилцеллюлоза, гуаровая камедь и камедь рожкового дерева) уже при содержании 0,05 г/100 г в свежем молоке могут вызвать дестабилизацию мицелл казеина [715], и хотя в конечном итоге мицеллы казеина коагулируют, структура образующегося сгустка имеет весьма ограниченную влагоудерживающую способность, что приводит к явному синерезису. Кроме того, из дестабилизированного казеина может образоваться грубый сгусток. Этот эффект можно уменьшить смешиванием указанных выше соединений с каррагинаном или альгинатами (см. также [213]).

2.5.2.7 Условия обработки

Для тех или иных продуктов на основе йогурта были разработаны соответствующие условия проведения технологического процесса (см. главу 5), причем успех во многом зависит от добавления стабилизаторов. Например:

- в пастеризованный, УВТ-йогурт или йогурт с длительным сроком хранения рекомендуется добавлять желирующую смесь, состоящую из камеди рожкового дерева, агар-агара и/или ксантана [29]; присутствие производных крахмала (диамилопектин глицероль эфир или диамилопектин фосфат) могут улучшить внешний вид термообработанного йогурта [893];
- для замороженного йогурта [276] рекомендовали смесь стабилизаторов/эмульгаторов без указания состава, но добавление модифицированного крахмала оказалось неудовлетворительным [940];
- вязкость перемешанного йогурта улучшала следующая смесь (в г/100 г): 1-натрия протеината (возможно казеината натрия), 0,1 фримульсиона J5, 0,1 камеди Genu CH 200, 0,3 Genu каррагинана с мальтодекстрином или 0,16 фримульсиона JQ [562];
- в питьевой йогурт добавляют стабилизатор на основе агар-агара в концентрации 0,25 г/100 г, что помогает удержать фрукты в продукте в виде взвеси [638];
- качество сублимированного дахи (индийского йогурта) улучшалось при добавлении к ферментированному молоку до сушки кукурузного крахмала и лецитина или моностеарата глицерина [77].

Поскольку в свежем молоке или при образовании кислоты может происходить осаждение казеина, некоторые стабилизаторы следует добавлять в йогурт после формирования сгустка. В этом случае рекомендуется смешивать стабилизатор (например, разжиженный агар-агар и/или набухший желатин) с сахаром, а затем вводить в сгусток. Дополнительная информация и современные данные об использовании стабилизаторов в родственных йогурту продуктах приведены в главе 5.

2.5.2.8 Характеристики загустевания

Большинство применяемых в производстве йогурта стабилизаторов загустевают при нормальной температуре охлаждения, за исключением желатина и агар-агара, которые загустевают при 25 °С и 42–45 °С соответственно. В связи с этим применение этих стабилизирующих веществ может привести к возникновению проблем на стадии охлаждения — в частности, вызвать трудности при перекачивании или упаковке. Кроме того, применение желатина может придать сгустку излишне грубую консистенцию. Чтобы устранить этот эффект или уменьшить его, сгусток пропускают через мелкоячеистое сито.

2.5.2.9 Гигиенические нормы

При использовании стабилизаторов следует соблюдать соответствующие гигиенические нормы, однако температура обработки молока при производстве йогурта (85 °С в течение 30 мин или 90–95 °С в течение 5–10 мин) достаточно высока для уничтожения большинства микроорганизмов, которые могут присутствовать в ста-

билизаторе. Стабилизаторы, добавляемые в сгусток (после сквашивания), должны иметь высокие микробиологические показатели, иначе срок хранения продукта может уменьшиться.

2.6 Добавление подсластителей

2.6.1 Введение

Подсластители обычно добавляют при изготовлении фруктового и ароматизированного йогурта, а в некоторых случаях — и для производства «сладкого» натурального йогурта, спрос на который ограничен.

Основная цель добавления подсластителей — смягчить (нивелировать) кислотность продукта. Количество добавляемого подсластителя определяется следующими факторами:

- типом подсластителя;
- предпочтением потребителя;
- видом используемых фруктов;
- возможным их воздействием на закваску,
- юридическими вопросами;
- экономическими соображениями.

Обычно фруктовые и ароматизированные йогурты содержат до 20 г/100 г углеводов, которые включают:

- остаточные количества углеводов молока (лактозы, галактозы и глюкозы), содержание которых связано с СМО в молочной основе и методом ее обогащения;
- природные сахара, присутствующие во фруктах (сахароза, фруктоза, глюкоза и мальтоза);
- сахара, добавленные при изготовлении йогурта и/или при обработке фруктов.

Содержание различных натуральных углеводов и их вид зависит от вида фруктов, причем общее содержание варьирует от 1,6 г/100 г в лимоне до 65 г/100 г в изюме [381, 814]. Фрукты, пользующиеся постоянным спросом, имеют следующие содержания природных углеводов (г/100 г):

Абрикос	7,5
Черешня	12,0
Черная смородина	6,6
Мандарин	14,2
Персики	9,0
Ананасы	11,6
Малина	5,6
Клубника	6,2

К основным углеводам фруктов относятся глюкоза, фруктоза, сахароза и мальтоза. Поэтому субъективная (ощущаемая) сладость каждого вида фруктов зависит от

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 2.10. **Относительная сладость подсластителей**

Подсластитель	Относительная сладость (для сахарозы — 1)
Лактоза	0,4
Дульцитол	0,4
Мальтоза	0,4
Сорбитол	0,5
Маннноза	0,6
Галактоза	0,6
Глюкоза	0,7
Ксилоза	0,7
Маннитол	0,7
Глицин	0,7
Инвертный сахар	0,7–0,9
Глицерол	0,8
Сахароза	1,0
Фруктоза	1,1–1,5
Цикламат	30–80
Ацесульфам калия	150–200
Аспартам	200
Сахарин	240–350
Неогесперидин дигидрохалкон	1500–2000
Тауматин	3000

содержания и вида присутствующих в них углеводов. Данные об относительной сладости различных углеводов, включая углеводы молока и синтетические подсластители, приведены в табл. 2.10 (сладость сахарозы принята за единицу).

Используемые в производстве йогуртов фруктовые составы можно разделить на две категории: фруктовые пресервы без подсластителей и фрукты с подсластителями. Последние более популярны, и содержание подсластителей в подготовленных для производства йогурта фруктах находится в диапазоне от 25 до 65 г/100 г, причем наиболее распространен уровень 30–35 г/100 г.

В настоящее время пресервы и подобные им материалы добавляют, как правило, к готовому йогурту, поскольку присутствие углеводов в молочной основе может подавлять развитие микроорганизмов закваски. В работе [885] сообщается об уменьшении скорости образования кислоты *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в концентрированном молоке (СМО 16 г/100 г) при увеличении содержания сахара от 6 до 12 г/100 г.Микроскопическое исследование различных видов йогурта показало, что, во-первых, *S. thermophilus* более толерантны к большим концентрациям сахара, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (что подтверждается в работах [587, 851]) и, во-вторых, происходят морфологические изменения, т. е. меняется форма клеток (они удлиняются и приобретают «больной» вид). В работе [479] сообщается, что использование более 9 г/100 г сахара в молочной основе уменьшает скорость образования кислоты и снижает вязкость йогурта (см. также [167, 173, 306, 531]. В Финляндии клубничный йогурт, содержащий 3,5 г/100 г жира и 10 г/100 г

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

сахарозы, был высоко оценен только экспертами-мужчинами. Подобные наблюдения могут быть использованы для выбора сегмента рынка с целью прогнозирования успеха продвижения того или иного продукта [888]. Толерантность заквасок к сахару зависит от свойств штаммов входящих в их состав микроорганизмов, и поэтому необходим тщательный отбор путем предварительного культивирования в подслащенном молоке.

Имеющиеся на рынке закваски устойчивы к сахару до его содержания в молочной основе 12 г/100 г. Нами, тем не менее, наблюдалась задержка развития одной культуры в период ферментации (около 30 мин) при содержании сахара 9 г/100 г. Исследования, проведенные в Южной Корее [839], свидетельствуют о задержке роста *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при следующих концентрациях подсластителя: сахароза ⩾ 4; фруктоза ⩾ 2,7; аспартам ⩾ 0,02; фрукто-олигосахарид ⩾ 7,3 и изомальтоолигосахарид ⩾ 7,7.

Ингибирующее действие сахара в количестве 10–12 г/100 г на развитие микрофлоры закваски в молоке с содержанием сухих веществ 14–16 г/100 г в основном связано с осмотическим эффектом, обусловленным растворенными в молоке веществами, хотя не исключено также влияние низкой активности воды [519, 814]. Активность воды (A_w) некоторого пищевого продукта описывается формулой:

$$A_w = P_f/P_0 = \text{ОРВ}/100,$$

где A_w –активность воды, P_f – давление водяного пара в пищевом продукте, P_0 – давление пара чистой воды при той же температуре и ОРВ – относительная равновесная влажность.

Эта концепция важна с точки зрения контроля качества, поскольку и рост микробов, и активность ферментов в пищевых продуктах связаны с A_w [12]. Поэтому можно предположить, что и осмотическое давление, и A_w оказывают ингибирующее действие на микроорганизмы закваски. Закваски для йогуртов, культивируемые в молоке с высоким содержанием сухих веществ, например, 30 г/100 г, также проявляют пониженную активность [958], что может быть полностью обусловлено A_w среды роста. В работе [885] также отмечен замедленный рост микроорганизмов закваски при содержании сухих веществ в молоке 21 г/100 г и добавлении сахара 3 г/100 г. Ингибирующий эффект авторы связывают с A_w, поскольку считают маловероятным, что сахар при концентрации его в растворе 3 г/100 г может создать достаточное осмотическое давление для торможения роста микроорганизмов.

Принимая во внимание приведенные выше данные, обычно при добавлении подсластителей используют следующие способы:

- производитель йогурта добавляет до 5 г/100 г подсластителя (сахара) к молочной основе;
- сладость, необходимая в конечном продукте, достигается добавлением подслащенного фруктового наполнителя.

Следует отметить, что содержание сахара в замороженном йогурте гораздо выше, чем в обычном фруктовом и ароматизированном йогурте. При этом рекомендуется добавлять к молочной основе сахар (сахарозу) в количестве, не превышающем 10 г/100 г, а остальную часть вносить в охлажденный йогурт перед замораживанием.

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Для изготовления фруктового и ароматизированного йогурта могут использоваться различные виды углеводов, и некоторые примеры подобного использования приводятся в следующем разделе.

2.6.2 Виды углеводных подсластителей

2.6.2.1 Сахароза

В растениях содержится большое количество сахарозы, которую обычно называют сахаром. Сахароза имеет эмпирическую формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$. Очищенный углевод, используемый на предприятиях, получают из сахарного тростника и сахарной свеклы. Сахароза широко используется в пищевой промышленности в качестве подсластителя в виде гранул или сиропа. Гранулы при добавлении к натуральному молоку требуют сильного перемешивания до полного их растворения. На практике они добавляются вместе с остальными сухими ингредиентами примерно при 40 °С. Сироп, содержание сахара в котором составляет 65–67 г/100 г (насыщенный при 20 °С), легко смешивается с водной фазой молочной основы, но так как он содержит влагу в количестве 33–35 г/100 г, уровень СМО в молоке для йогурта снижается. Эта дополнительно внесенная вода должна учитываться при расчете нормализованной смеси.

Предпочтительно добавлять сахар перед тепловой обработкой молока, поскольку это обеспечивает разрушение вегетативных форм посторонней микрофлоры, например, осмофильных дрожжей и плесеней. В тех случаях, когда сахар должен быть добавлен после образования сгустка, необходимо принять меры для обеспечения его равномерного распределения и исключения отрицательного влияния на консистенцию продукта.

2.6.2.2 Инвертный сахар

Этот тип углевода образуется в результате «инверсии» (превращения) сахара правовращающей оптической активности в сахар левовращающей активности и наоборот. Вид инвертного сахара зависит от исходного сырья. Например, сироп инвертной сахарозы образуется при кислотном гидролизе в присутствии тепла, причем степень инверсии может лежать в диапазоне от 10 до 90%:

$$\underset{\text{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{вода}}{H_2O} \xrightarrow[\text{и тепло}]{\text{кислота}} \underset{\text{D-глюкоза (декстроза)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-фруктоза (левулоза)}}{C_6H_{12}O_6}$$

инвертный сахар

Одно из преимуществ такого преобразования в том, что продукт (при 50%-ной инверсия) содержит 25 г/100 г влаги [441] и, несмотря на высокую концентрацию сахара, не кристаллизуется. Из кукурузного крахмала гидролизом с образованием D-глюкозы (декстрозы) получают инвертный кукурузный сироп. Степень преобразования оценивают декстрозным эквивалентом (DE); тип I (20–37 DE), II (38–57 DE), III (58–72 DE) и IV (>72 DE) [441]. Гидролиз обычно производится одним из следующих методов:

- полный кислотный гидролиз;

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

- кислотное ожижение/ферментативное осахаривание;
- полный ферментативный гидролиз.

В настоящее время преобразованию подвергают также крахмальные сиропы, особенно сиропы, богатые мальтозой или фруктозой. Последний имеет большие потенциальные возможности для применения в пищевой промышленности. В работе [589] сообщается о промышленном производстве в США кукурузных сиропов с высоким содержанием фруктозы (42, 55 или 95 г/100 г). Сладость по сахарозе (сладость сахарозы равна 1) для них составляет 1; 1,1–1,2 и 1,5 соответственно (см. также [216]).

2.6.2.3 Фруктоза (левулоза)

Фруктоза или фруктовый сахар имеет ту же эмпирическую формулу, что и глюкоза, – $C_6H_{12}O_6$ и, как видно из табл. 2.10, слаще сахарозы и глюкозы. Промышленное производство фруктозы базируется в основном на конверсии крахмала. В работе [142] сообщается о применении виноградного сусла, содержащего фруктозу в количестве 20 г/100 г для подслащивания йогурта.

2.6.2.4 Глюкоза (декстроза)

Глюкоза имеет ту же эмпирическую формулу, что и фруктоза ($C_6H_{12}O_6$), и в промышленных масштабах производится путем гидролиза кукурузного крахмала.

2.6.2.5 Сироп глюкозы/галактозы

Сироп производится из молочной сыворотки, побочного продукта производства сыра и казеина, и из пермеата молока, концентрированного методом УФ. Количество лактозы в сыворотке составляет обычно около 5 г/100 г, но, как показывает табл. 2.10, относительная сладость лактозы составляет лишь 0,4 сладости сахарозы. В связи с этим, чтобы лактоза придавала ощутимую сладость, она должна быть превращена в составляющие ее мономеры (глюкозу и галактозу). Гидролиз лактозы может быть кислотный или ферментативный. Химический состав различных сиропов, характеристика используемых ферментов, включая коммерческие составы и страны, где их производят, приведены в обзоре [825].

2.6.2.6 Различные подсластители

Сорбит — спирт, получаемый в промышленности из глюкозы с помощью гидрогенизации, когда альдегидная группа (CHO) в молекулах глюкозы превращается в спиртовую группу (CH_2OH). Хотя сорбит обладает половиной сладости сахарозы (см. табл. 2.10), он может быть применен во фруктовых и ароматизированных йогуртах, предназначенных для больных диабетом. Скорость абсорбции сорбита из кишечника ниже, чем глюкозы, и поэтому он меньше влияет на уровень сахара в крови. Рекомендации по ежедневному приему отсутствуют, хотя известно, что большие дозы вызывают диарею [204].

Сахарин и цикламат — искусственные подсластители. Их сладость по сравнению со сладостью сахарозы составляет 240–350 и 30–80 соответственно (см. табл. 2.10). Однако из-за возможных токсических проявлений во многих странах применение цикламата в качестве добавки запрещено. Что касается сахарина, то хотя его приме-

ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

нение пока разрешено, оно, однако, повсеместно подвергается тщательному контролю со стороны соотвествующих органов. С учетом этого применение данных подсластителей в пищевой промышленности ограничено.

Следует отметить, что некоторая информация о влиянии подсластителей на активность йогуртовых заквасок имеется. Так, в работе [276] сообщается о торможении образования кислоты *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при обогащении молока для йогурта подсластителем, состоящим из 99,9 г/100 г сорбита и 0,1 г/100 г сахарина. В качестве меры предосторожности эти виды подсластителей следует добавлять после ферментации молока (см. также [403]. В табл. 2.11 приведена последняя информация о влиянии синтетических подсластителей на качество йогурта, интенсивность роста микрофлоры заквасок, а также о стабильности подсластителей в процессе хранения. Дополнительная информация об искусственных подсластителях (см. [314, 315, 392]) и йогурте содержится в обзорах [21, 102, 112, 245, 346, 387, 399, 699, 791, 793, 882].

Любые из указанных подсластителей можно использовать при производстве фруктовых и ароматизированных йогуртов, а выбор конкретного вида определяется одним или несколькими из следующих факторов:

- наличием и стоимостью подсластителя: вероятно, именно этими факторами определяется то, что наиболее широко используется сахароза;
- юридическими вопросами: разрешено ли применение данного сахара в качестве пищевой добавки; поскольку большая часть подсластителей получена из натуральных продуктов, и лишь некоторые подсластители имеют искусственное происхождение, запрет на их использование маловероятен;
- хранением: гранулированные продукты хранятся в многослойных мешках или больших бункерах, и для предотвращения слеживания важно регулирование влажности в месте хранения; данные о требованиях к хранению подсластителей в крупной фасовке обсуждаются в работах [162, 441, 459, 609]; сиропы, хранятся в основном в больших металлических контейнерах и бункерах;
- вопросами питательной ценности: фруктоза — очень сладкий сахар, а фруктозо-сахарозный сироп, используемый в небольших концентрациях, может обеспечить как сладость, так и пониженную калорийность; кроме того, фруктоза, как и сорбит, поступает в кровь медленно, в связи с чем возможно использование ее в «диабетическом» йогурте.

2.7 Добавление различных веществ

При подготовке молочной основы некоторые производители йогурта для достижения специфических целей вводят в молоко различные добавки. Примеры использования таких добавок приведены ниже.

2.7.1 Пенициллиназа

Для лечения мастита молочных коров широко применяются инъекции антибиотиков в вымя, и остаточные их количества в молоке тормозят рост *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. главу 6).

ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 2.11. **Характеристики йогурта с искусственными подсластителями**

Подсластитель (г/100 г)	Комментарии	Источник
Ксилитол 8, фруктоза 7, цикламат 0,07 и ксилитол 4 + сахарин 0,007	Ксилитол замедляет рост закваски и может использоваться только с сахарозой; используемые концентрации служат удовлетворительной заменой 8 г/100 г сахарозы	[403]
Тауматин от 0,0002–0,0003 до 0,1	Этот белковый подсластитель получают из фрукта *Thaumatococcus danielli* и используют в Японии	[672, 950]
Аспартам 0,1–0,75	Поделаститель смешивают со стабилизационнолй системой следующего состава (г/100 г): 3–8 низкометоксилированного пектина, 2–7 высокометоксилированного пектина и 0,2–2,5 гексаметафосфата натрия; смесь пастеризуют и добавляют в йогурт в отношении 1:3–7,5 (по объему)	[574]
Аспартам 0,14	Добавленное количество эквивалентно 2 г сахарозы на 100 г, но 64% экспертов предпочли сахарозу (из-за длительного послевкусия и замедленного проявления сладости при использовании аспартама)	[313]
Кукурузный сироп с фруктозой 4	Йогурт швейцарского производства с сиропом фруктозы (около 90 г/100 г), был высоко оценен; подсластитель особенно в клубничном йогурте не влияет на содержание ацетальдегида и диацетила, но содержание ацетона в экспериментальном йогурте было самым высоким	[602, 603, 938]
Аспартам 0,02 или сорбит 7,4 и полидекстроза	Среди девяти различных подсластителей сорбит и аспартам оказались наилучшими; ухудшения вкуса через 28 суток хранения не обнаружено, незначительное ухудшение обнаружено после 42 суток хранения	[464]

Таблица 2.11. **Характеристики йогурта с искусственными подсластителями (окончание)**

Подсластитель (г/100 г)	Комментарии	Источник
Нутрасвит	Рекомендуемые концентрации: 400–500 мг/л для фруктового йогурта или 700 мг/л для мокко- йогурта; во Франции и Индии йогурт с низким содержанием жира с аспартамом имел высокие оценки как наиболее предпочтительный	[219, 511, 933]
Актилайт	Подсластитель является фруктоолигосахаридом и стимулирует рост лактобактерий и бифидобактерий	[871]
Аспартам	Подсластитель оставался в стабильном состоянии от полутора до 4–5 или >6 месяцев при 32,2 °С; 21,1 °С и 4,4 °С соотвстственно, отмечена хорошая стабильность в йогурте с фруктами на дне упаковки	[248, 249, 786]
Разные подсластители	Йогурт, изготовленный с ацесульфамом, оставался стабильным в течение срока хранения, а продукт, подслащенный аспартамом, слегка изменялся в период ферментации, но оставался стабильным в процессе хранения	[560]
Аспартам и ацесульфам калия	При сенсорной оценке йогурта обнаруживается синергетическое действие этих подсластителей и отсутствие влияния на структурные свойства; рекомендованный уровень каждого типа подсластителя в клубничном йогурте составляет 0,016 г/100 г	[62, 561]
Натрен 0,3–0,4, аспартам 0,04	Йогурт с натреном и малиновым сиропом высоко оценивается экспертами-дегустаторами	[884]
Разные смеси	Смеси подсластителей (например, фруктоза+аснартам или фруктоза+аспартам+ацесульфам) давали самую высокую интенсивность сладости в йогурте при минимальной стоимости	[777]
Неогесперидин	Данный подсластитель, один или в сочетании с ацесульфамом, остается в йогурте стабильным после хранения в течение 6 недель при 3 °С	[634–636]

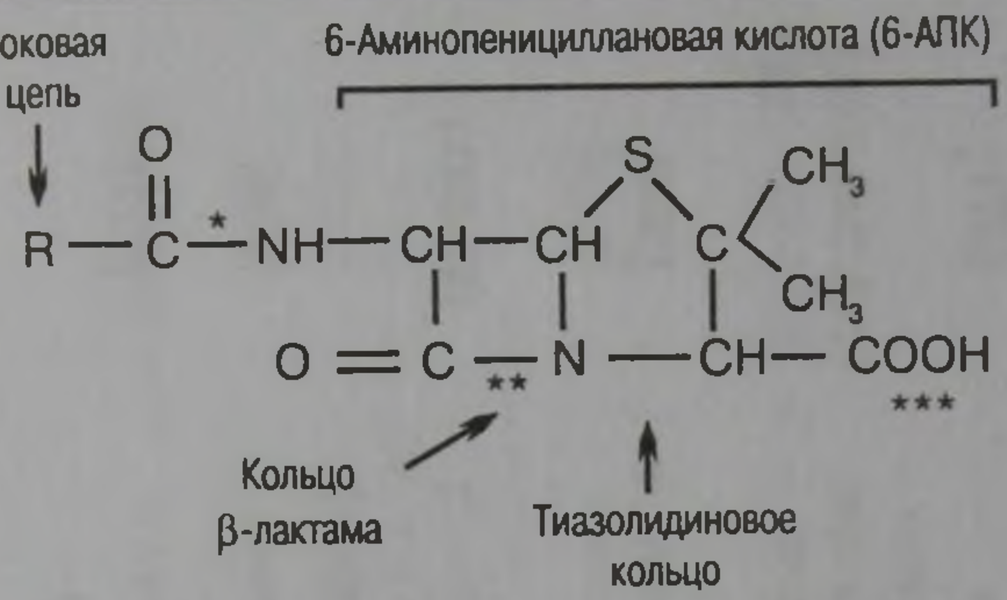


Рис. 2.10. Общая структура пенициллина и принцип действия β-лактамазы:

* — место действия амидазы; ** — место действия β-лактамазы; *** — место образования соли.

Кольцо β-лактама 6-АРК расщепляется под действием β-лактамазы с образованием бактериологически инертной пенициллоидной кислоты; специфическое действие уменьшается или увеличивается в зависимости от природы боковой цепи.

По [80, 223].

Данные о структуре, действии и биохимической активности антибактериальных средств имеются в работах [718, 935]. Хотя в ряде стран соответствующими нормативами введены ограничения на содержание в молоке ингибирующих веществ, даже допустимые их уровни могут снизить активность заквасочных культур для йогурта. В связи с этим повсеместно ведется поиск методов инактивации различных антибиотиков, и в случае пенициллина достигнут заметный эффект. Инактивация пенициллина осуществляется с помощью пенициллиназы (β-лактамазы, ЕС 3.5.2.6), содержащейся в фильтрате различных культур вида *Bacillus*. Одно из подобных средств известно под наименованием Bacto-Penase (бактопеназа). β-лактамаза специфична для гидролизного цикла амидов, β-лактама в пенициллине, и не является антибиотиком. Структура пенициллина и нейтрализующее действие β-лактамазы показаны на рис. 2.10.

Активность составов с пенициллиназой можно оценить химическим и микробиологическим методами. Результаты химического метода выражаются в единицах Леви (LU) или в кинетических единицах Керси (Kersey) (KKU), а микробиологический метод измеряет инактивированные «единицы» пенициллина. Например, 1 мл бактопеназы имеет силу 2000 LU, 200 000 KKU или может инактивировать 1 млн единиц пенициллина G; концентрат бактопеназы в десять раз активнее, чем стандартный состав пенициллиназы. В промышленном производстве пенициллиназу добавляют

в молоко вместе с остальными сухими ингредиентами. Рекомендуется добавлять ее при температуре окружающего воздуха; высокие температуры, применяемые, например, при тепловой обработке молока, могут ее инактивировать. При этом важно отметить, что пенициллиназа эффективна только против пенициллина, и ее следует добавлять в молоко, если известно, что оно загрязнено именно пенициллином (однако выяснить это сложно). Постоянное введение пенициллиназы в молоко для йогурта может оказаться неэкономичным, особенно если учесть, что 60% антибиотиков, используемых в Великобритании для лечения мастита, — это не пенициллин.

Другой подход к инактивированию находящегося в молоке пенициллина исследовался в Великобритании и Польше, где молоко для йогурта обрабатывалось определенными штаммами *Micrococcus* [191, 739]. В другом исследовании штаммы *Micrococcus* и молочнокислые бактерии вводились вместе, и последние росли в присутствии низких концентраций пенициллина (около 0,3 МЕ/мл) [568, 569].

2.7.2 Консерванты

В пищевой промышленности, в том числе при обработке фруктов, используют различные виды консервантов, которые служат эффективными ингибиторами роста дрожжей и плесеней [27, 227, 746]. Добавление обработанных консервантами фруктов в йогурт приводит к переносу некоторых из этих веществ в продукт. Поэтому, например, в Великобритании приводится общая информация о консервантах, допускаемых во фруктовых йогуртах, но не разрешенных в натуральном йогурте [823]. Подобный подход принят ФАО/ВОЗ, и в йогуртах допускается наличие таких консервантов (поступающих исключительно с фруктовыми добавками), как сорбиновая кислота (и ее соли натрия, калия и кальция), сернистый газ и бензойная кислота. Максимально допустимый уровень в конечном продукте составляет 50 мг/кг (отдельно или в сочетании) [243].

Поскольку использование этих консервантов допустимо во фруктовых йогуртах, некоторые производители склонны обогащать молочную основу одним из этих консервантов (например, сернистым газом, сорбиновой, бензойной кислотами, бензоатами и/или этиловым, метиловым или пропиловым *p*-гидроксибензоатом), надеясь увеличить срок хранения продукта. Однако этот подход нельзя рекомендовать отчасти потому, что конечные продукты могут не соответствовать требованиям стандартов предполагаемого рынка сбыта, а отчасти вследствие того, что присутствие подобных веществ в молоке может влиять на развитие микрофлоры закваски. Исключение из этого правила представляет только сорбиновая кислота, которая широко используется в молочной промышленности (при производстве сыра и сырных продуктов).

Это вещество промышленно производится в виде порошка в форме кислоты (CH_3–CH=CH–CH=CH–COOH) или ее калиевой и натриевой солей, то есть сорбата калия или натрия (CH_3–CH=CH–CH=CH–COOK или Na). Соли сорбиновой кислоты используются шире, чем сама кислота. Они обладают противогрибковой активностью при pH среды ниже 6,5, когда соль распадается с образованием свободной кислоты [28, 32]. Следует отметить, что ингибирующая способность сорбатов калия и натрия составляет лишь 75% ингибирующей способности сорбиновой кислоты.

Например:

0,13 г/100 г сорбата калия или натрия эквивалентны 0,1 г/100 г сорбиновой кислоты, что эквивалентно 1000 мкг/г.

Сорбиновая кислота – микостатическое вещество, т. е. она не снижает содержание в продукте дрожжей или плесеней, а лишь подавляет их активность, возможно, за счет взаимодействия с их дегидрогеназной системой. Влияние сорбата калия на активность заквасочных йогуртовых культур изучалось в работе [334], где сообщается о снижении интенсивности роста микроорганизмов закваски, накопления кислоты и ацетальдегида. Содержание сорбата калия составляло 0,05 и 0,1 г/100 г, что эквивалентно 375 и 750 мкг/г свободной сорбиновой кислоты соответственно. Скорость образования кислоты тремя различными промышленными заквасками для йогурта приведена в табл. 2.12. Можно заметить, что при низкой концентрации торможение увеличивало время обработки на 1 ч.

В работах [666, 667] сообщается, что 72 и 92 образца густого и перемешанного йогурта, произведенного в Австрии, содержали бензойную кислоту в концентрации 14–16 мкг/г и 10–19 мкг/г соответственно, в то время как в Японии два образца сухого йогурта имели содержание бензойной кислоты 190 и 282 мкг/л (что эквивалентно примерно 26 и 39 мкг/л бензоата в свежем йогурте), и только один образец содержал 233 мкг/г сорбиновой кислоты (около 32 мкг/г в свежем йогурте) (см. [68, 812]).

Срок холодильного хранения ферментированного молочного напитка айрана, произведенного в Турции и содержащего 0,06 г/100 г сорбиновой кислоты, был увеличен до 70 дней [676]. Хотя использование бензоата натрия и сорбата калия в различных количествах увеличивает стойкость йогурта при хранении и оказывает минимальное влияние на органолептические свойства продукта, были отмечены случаи снижения в конце срока хранения количества клеток микрофлоры закваски [726,

Таблица 2.12. **Влияние сорбата калия ($C_6H_7O_2K$) на изменение pH молока при сквашивании его различными заквасками (количество вносимой закваски 3%, температура культивирования – 45 °С)**

Продолжительность сквашивания(ч)	Закваска R1			Закваска 403			Закваска 405		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	pH								
2	4,75	5,00	5,10	4,75	4,90	5,15	4,85	5,05	5,25
3	4,35	4,60	4,70	4,40	4,50	4,60	4,45	4,65	4,75
4	4,10	4,40	4,50	4,20	4,30	4,40	4,20	4,40	4,50

A – контроль, $C_6H_7O_2K$ не добавлен. B – молоко содержит 0,05 г/100 г $C_6H_7O_2K$. C – молоко содержит 0,1 г/100 г $C_6H_7O_2K$.
По [334].

790, 841]. В обзорах [389, 824] рассмотрено современное отношение к бензойной кислоте как природному консерванту, встречающемуся в ферментированных молочных продуктах и сыре, и показаны возможные пути ее образования.

Другой путь увеличения сохраняемости йогурта — добавление низина (природного бактериоцина, бактериального белка-антибиотика), продуцируемого некоторыми видами *Lactococcus lactis* подвида *lactis*. Чувствительность *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* изучалась многими исследователями. На основании полученных результатов можно с уверенностью утверждать, что максимальное торможение развития микроорганизмов закваски происходит в молоке, содержащем 100–200 МЕ/мл низина [328–331, 465, 541, 542, 652]. Однако в работе [119] сообщается, что если *S. thermophilus* нечувствительны к низину (до 5 МЕ /мл), то та же концентрация тормозит развитие *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Этот результат заставляет предположить, что чувствительность лактобактерий зависит от их вида. Микроорганизмы, вырабатывающие низин (1000 МЕ/мл), используются для производства индийского йогурта дахи, но этот бактериоцин не тормозит размножение дрожжей и плесеней в период хранения [727, 728].

Природный консервант для йогурта, который, вероятно, станет особенно важен в ближайшие несколько лет, — это натамицин (или примарицин, как его часто называют). Обычно его получают из *Streptomyces natalensis*, и он является полиеновым антибиотиком, который на сегодняшний день имеет следующие преимущества:

- обладает бактерицидными свойствами по отношению к дрожжам и плесеням (в отличие от сорбиновой кислоты, которая лишь подавляет их рост);
- отсутствует влияние на закваску;
- достаточно высокая термоустойчивость, что позволяет добавлять его к молоку до тепловой обработки при 95 °С в течение 7–10 мин;
- высокая кислотоустойчивость, достаточная для выдерживания pH 4,0 в течение двух-трех недель.

Дельвоцид (*Gist-Brocades*, г. Делфт, Нидерланды) является коммерческой формой этого фунгицида и содержит 500 мг натамицина в 1 г. Дозировка натамицина, равная 10–20 мг/кг, эффективно предотвращает микробную порчу йогурта в течение хранения его до 4 недель; при этом влияния на процесс ферментации или выживания молочнокислых бактерий не наблюдалось.

Как и в случае применения сорбиновой кислоты, активность натамицина максимальна в кислой среде, но в отличие от сорбата калия, в меньшей степени зависит от pH. Действие натамицина основано на его реакции с эргостеролом — веществом, содержащимся в мембранах клеточных стенок дрожжей и плесеней. Благодаря этой реакции клеточные мембраны разрушаются, что ведет к потере межклеточной жидкости и солей и, в конечном итоге, к гибели клетки. Поскольку клеточные мембраны бактерий не содержат стериноподобных соединений, по отношению к ним натамицин не проявляет никакой антибактериальной активности.

В настоящее время правомерно использование натамицина для предотвращения роста плесеней на корке сыра, однако его использование в йогурте юридически не закреплено. Эта ситуация вполне может измениться, поскольку в работе [125] утверждается, что при приеме 500 мг в день натамицин не всасывается в кишечном

тракте человека; даже прием 1000 мг в день вызывает лишь тошноту и диарею. Летальная доза при оральном приеме натамицина у крыс (LD_{50} = 50% испытуемых объектов умирают) составляла 1500 мг/кг массы тела. Важно, что рекомендованный ежедневный прием составляет лишь 0,3 мг/кг массы тела [243], но не ясно, почему это значение столь мало. Тем не менее следует отметить, что это значение предполагает, что человек, весящий около 70 кг, не должен потреблять более 20 мг натамицина в день. При предлагаемом добавлении натамицина в количестве 15 мг/кг йогурта лишь небольшое количество потребителей, возможно, превысят норматив рекомендованного ежедневного приема.

Другие консерванты, используемые в производстве йогурта, включают:

- нитрит калия, подавляющий рост лактококков и стрептококков [653];
- нитриты или нитраты, снижающие образование кислоты и вязкость йогурта [87, 88; см. также [850];
- лизоцим, тормозящий рост лактобактерий, но не *S. thermophillus* [496];
- *Microgard*™ (Микрогард), тормозящий рост дрожжей и плесеней в концентрации 0,5–10 г/100 г [787, 926].

Однако в некоторых случаях этилкарбамат, обладающий канцерогенными свойствами (что было установлено в опытах на лабораторных животных), может присутствовать в йогурте как продукт ферментации и/или реакции превращения диэтилпирокарбоната в этилкарбамат. Сообщается об уровнях его содержания от 0,1 и менее до 4,3 мкг/кг [144, 354, 811]. Содержание этилкарбамата в йогурте в таких пределах не представляет никакой опасности для потребителей.

Поскольку все эти виды консервантов могут быть получены в виде порошка, их добавляют в молоко вместе с остальными сухими ингредиентами; тепловая обработка молока не влияет на их стабильность. Для достижения максимальной пользы от консервантов йогурт должен быть хорошего качества, и поэтому вопрос, является ли их применение действительно оправданным, довольно спорный.

2.7.3 Минеральные вещества, витамины и/или жирные кислоты

2.7.3.1 Фторирование

В работе [72] приведены результаты исследования фторирования (4 мкг/г) молока для производства йогурта. При этом не наблюдалось никаких отличий от контрольного продукта. В работе [268] сообщается, что добавление в молоко фторида натрия существенно не влияет на рост молочнокислых бактерий. Это означает, что молочные продукты, включая йогурт, могут быть использованы для обеспечения детей дополнительным количеством фтора в районах, где фторирование воды не практикуется. Производители йогурта должны знать, что в целом проблема фторирования весьма противоречива. При том, что мало кто возражает против местного применения фтора в зубной пасте, прием фтора внутрь с питьевой водой или пищей (например, с йогуртом) может в некоторых случаях быть вредным для здоровья. Например, сообщалось о значительном изменении цвета зубов и о вреде для костей скелета даже при приеме фтора в соответствии с действующими нормами. «Образ» йогурта свя-

зан со здоровьем, поэтому не хотелось, чтобы модное нововведение нанесло урон восприятию продукта населением.

2.7.3.2 Жирные кислоты

Капроновая или пальмитиновая кислоты, добавляемые в количестве 0,01 г/100 г, не могут быть обнаружены в пастеризованном и гомогенизированном молоке по постороннему привкусу, однако известно, что в дахи капроновая кислота была обнаружена [682]. Было отмечено также, что изменение состава кормов для коров или добавление соевого масла к молоку при производстве йогурта не влияет на активность закваски [956]. Производство йогурта с растительным маслом будет подробно рассмотрено в главе 5.

2.7.3.3 Витамины

Обогащение йогурта витаминами производится для детского питания, и в некоторых странах проводились его маркетинговые исследования [33]. Стабильность витаминов А и С в йогурте оценивалась в работах [252, 415, 663]. Содержание обоих витаминов в процессе хранения уменьшалось, однако этот эффект можно свести к минимуму за счет добавления препарата β-каротина [683].

2.7.3.4 Снижение содержания натрия

Йогурт с низким содержанием натрия стал весьма популярным благодаря своим питательным свойствам, а также как физиологически полезная пища. Для его получения молочная основа обрабатывается в катионообменном аппарате, содержащем сильнокислотный катионит [656]. Качество йогурта, полученного из молока с низким содержанием натрия, было аналогичным качеству контрольного йогурта, причем уменьшенное содержание натрия не влияло на активность закваски. По сравнению с молоком содержание натрия и калия меняется от 540 до 63 мкг/г и от 1530 до 2360 мкг/л соответственно.

2.7.3.5 Изменение минерального состава

Изменение минерального состава йогурта описано многими исследователями. Примерами могут служить следующие виды обработки молочной основы:

- уменьшение содержания кальция до 50% и обогащение магнием до 1 г/л [697];
- увеличение содержания железа в йогурте путем использования для ферментации молока железных резервуаров [92, 184] или добавления железа в молочную основу [365];
- увеличение содержания кальция в йогурте с помощью глюконата кальция [255, 339];
- восстановление с помощью более сильной закваски скорости образования кислоты в молоке, обогащенном кальцием, где рост *S. thermophilus* был ослаблен [952].

2.8 Гомогенизация

Гомогенизация означает буквально получение гомогенной (однородной) эмульсии двух несмешиваемых жидкостей — например, масла/жира и воды. В молочных продуктах встречаются два вида эмульсий:

- «масло в воде» — «прямая» эмульсия, в которой капельки масла (жира) распределены в водной фазе (в эту категорию попадает большинство гомогенизированных молочных продуктов);
- «вода в масле» — «обратная» эмульсия, в которой капельки воды распределены в масляной фазе (типичный пример — сливочное масло).

Молоко для йогурта — типичный пример эмульсии типа «масло в воде», поэтому со временем жир стремится отделиться (особенно в период сквашивания в резервуарах). Для предотвращения этого молочную основу подвергают высокоскоростному перемешиванию или гомогенизации, т. е. ее пропускают под высоким давлением через небольшое отверстие или кольцевой зазор. Роль этого процесса в производстве йогурта проиллюстрирована в табл. 2.13.

Все эти эффекты — отражение влияния гомогенизации на отдельные составляющие молока, в частности, влияния факторов, описанных ниже в разделах 2.8.1 и 2.8.2

2.8.1 Влияние на составляющие молока

Хорошо известно, что диаметр жировых шариков в молоке варьирует от 1 до 10 мкм при среднем его значении 3 мкм. Эти изменения размера жировых шариков зависят от факторов, влияющих на химический состав молока (порода коровы, стадия лактации, возраст и здоровье коровы, вид корма, и т. д.). После гомогенизации средний диаметр жировых шариков становится меньше 2 мкм (см. рис. 2.11), что предотвращает образование конгломератов жира и отстой его на поверхности. В белковом компоненте молока (казеине и сывороточных белках) могут происходить следующие процессы:

- денатурация некоторых белков сыворотки;
- взаимодействие казеина с денатурированными сывороточными белками;
- образование сульфгидрильных соединений из денатурированных белков сыворотки.

Однако изменения составных частей молока, описанные в табл. 2.13, и желаемый результат гомогенизации могут быть достигнуты только при соблюдении определенных условий, а именно правильном выборе давления и температуры гомогенизации с учетом необходимого содержания жира в обрабатываемой смеси.

До обработки цельного молока любых млекопитающих не происходит какого-либо взаимодействия между основными его составляющими — белками (β-лактобулином (β-Лг), альфа-лактальбумином (α-Ла) и казеином), жирами и лактозой [921]. Жировые шарики в сыром молоке окружены оболочкой, состоящей из белка, липидов и фосфолипидов [647]. Нагрев и давление вызывают химические и физические изменения в жировых шариках молока. Если химические изменения касаются ос-

Таблица 2.13. **Физико-химические изменения, вызываемые гомогенизацией молока.**

Эффект гомогенизации	Изменения, связанные с йогуртом
Увеличивается	
Вязкость	Уменьшение размера жировых шариков и увеличение адсорбции на мицеллах казеина увеличивает общий эффективный объем взвешенного вещества
Активность ксантиноксидазы	Вследствие разрушения мембран жировых шариков, содержащих около половины ферментов, присутствующих в молоке
Цвет (белее)	Увеличение количества жировых шариков, влияющее на отражение и рассеивание света
Липолиз (расщепление жиров)	Увеличение общей площади поверхности жира, доступной для липаз; разрушение мембраны жировых шариков, которое может усилить липолиз под действием закваски
Хорошее перемешивание	В особенности, если молоко обогащено СОМ
Содержание фосфолипидов в плазме молока	В результате физического воздействия больше материала мембран жировых шариков поступает в плазму молока
Пенообразование	В результате увеличения содержания фосфолипидов в плазме молока перекачивание молока может вызвать пенообразование в резервуарах для сквашивания
Уменьшается	
Размер жировых шариков	Предотвращается отстой жира, особенно в процессе сквашивания в резервуаре
Вкус окисленности (прогорклости)	Вследствие миграции фосфолипидов в плазму молока и образования сульфгидрильных соединений, действующих как антиоксиданты; возможно из-за денатурации белков сыворотки, вызывающей активизацию скрытых SH-групп
Стабильность белков	Изменения во взаимодействии белок–белок в результате некоторой денатурации и сдвига солевого баланса
Слипание (образование конгломератов) жира и его отстой	Уменьшение слипания жира вследствие адсорбции казеиновых мицелл и субмицелл жировыми шариками
Содержание казеина в плазме	Частичный перенос казеина из плазмы молока для формирования оболочки вокруг вновь образованных мелких жировых шариков (см. рис. 2.11)
Синерезис	Увеличение гидрофильности и способности связывать воду благодаря взаимодействию казеина и мембран жировых шариков и взаимодействиям белок-белок

По [134, 342, 647, 862]. С разрешения *Journal of Food Protection*.

татков жирных кислот, то физическе изменения под действием температуры и давления выражаются в сложных взаимодействиях между составляющими молока. Влияние этих физических изменений на качество многих молочных продуктов было рассмотрено в работах [108, 197, 198, 596–598, 647, 816, 818, 879]. По мнению разных

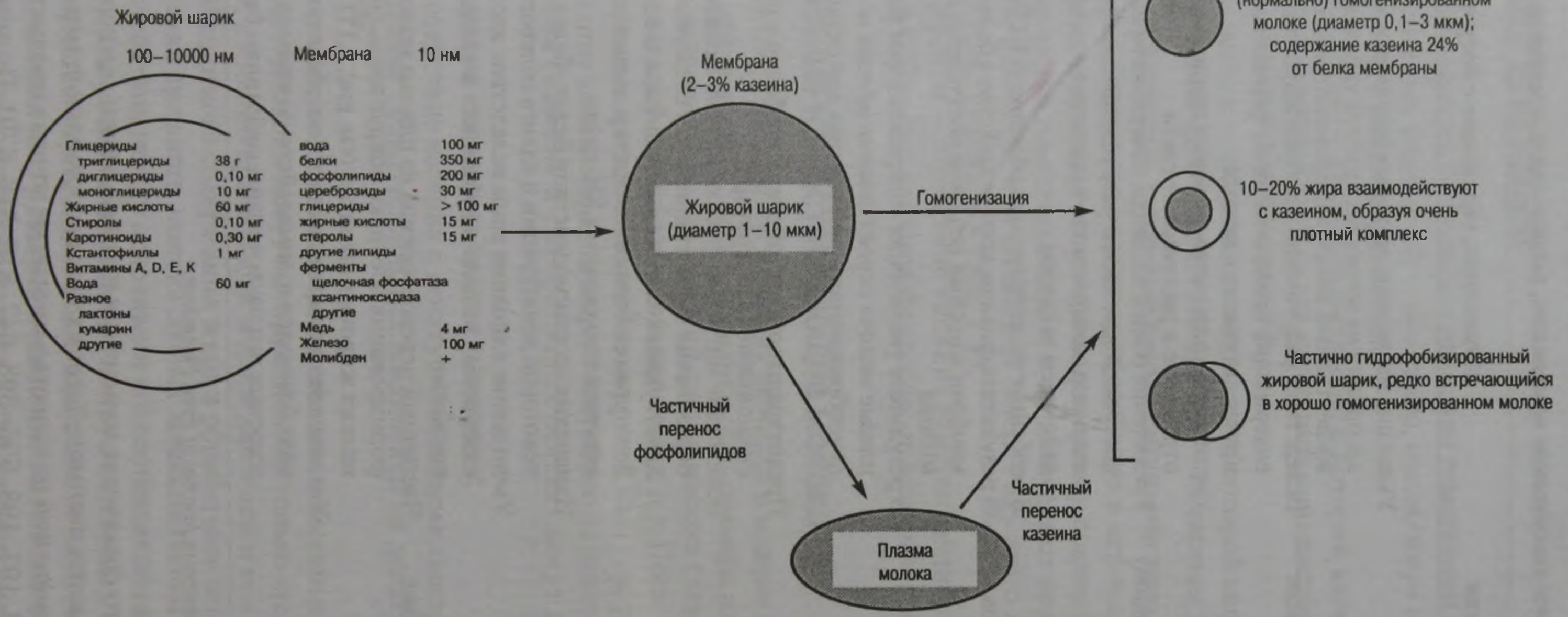


Рис. 2.11. Структура и состав жировых шариков; схематическое изображение влияния гомогенизации (масштаб: 1 мм = 10^3 мкм = 10^6 нм = 10^7 Å)

По [342, 345, 647].

специалистов, возможные изменения, связанные с гомогенизацией до тепловой обработки, сводятся к следующим:

- разрушение жировых шариков (1–10 мкм) с образованием частиц субмикронного диапазона;
- разрушение некоторых казеиновых мицелл и связывание их с вновь образованными жировыми шариками для стабилизации последних;
- хотя белки плазмы играют небольшую роль, но некоторые из них могут взаимодействовать с жировыми шариками и без нагревания;
- структура жировых частиц в гомогенизированном молоке отличается от структуры нативных жировых шариков, поэтому они имеют другие свойства с точки зрения ферментативной и тепловой коагуляции молока.

Однако при нагреве молока взаимодействия усиливаются (более подробно см. раздел 2.9), а именно:

- происходит денатурация α-Ла и β-Лг с последующими взаимодействиями, в основном это касается β-Лг сыворотки;
- после денатурации β-Лг становится более реакционно способным из-за высвобождения одиночных сульфгидрильных групп (SH);
- возможные реакции β-Лг включают взаимодействие с другими молекулами β-Лг (агрегацию), взаимодействие с к-казеином на поверхности казеиновых мицелл и взаимодействие с мембраной жирового шарика, что приводит почти к удвоению количества белка, связанного с жиром.

Нагревание гомогенизированного молока свыше 70 °С приводит к усилению денатурации и формированию из денатурированных белков сыворотки новых структур, которые в дальнейшем могут участвовать в таких реакциях, как:

- взаимодействие с другими денатурированными β-Лг с образованием геля;
- осаждение на поверхности мицелл казеина коллоидной дисперсии молока (за счет взаимодействия с к-казеином);
- взаимодействие с к-казеином, адсорбированном на жировых шариках;
- взаимодействие с остатками мембран жировых шариков;
- адсорбция на поверхности жировых шариков (с вытеснением адсорбированных казеинов)

2.8.2 Некоторые аспекты обработки

Применение одноступенчатой или двухступенчатой гомогенизации зависит от содержания жира в исходном сырье. При обработке сырья с высоким содержанием жирового компонента, например, сливок, рекомендуется двухступенчатая гомогенизация, поскольку жировые шарики в гомогенизированных сливках имеют тенденцию к образованию скоплений. При производстве йогурта молоко обычно подвергается одноступенчатой гомогенизации при температуре 65–70 °С и давлении 15–20 МПа. Сообщалось о давлении до 30 МПа, но на практике такой режим широко не исполь-

зуется. В работе [466] изучалось влияние двухступенчатой гомогенизации (давление 27,6 МПа на первой ступени и 3,5 МПа на второй) на образование скоплений (слипание) жира и на распределение жировых шариков в восстановленном молоке, причем это влияние становилось более выраженным с увеличением давления гомогенизации и содержания жира. Авторы работы [863], изучая влияние гомогенизации на свойства молока для производства йогурта и, следовательно, на качество готового продукта, пришли к заключению, что в результате гомогенизации

- общая площадь поверхности жировых шариков увеличивается, их размер уменьшается и происходит изменение состава оболочек;
- часть вновь образованной поверхности жировых шариков из-за дефицита нативных оболочечных компонентов покрывается поверхностно-активными веществами, в основном адсорбированными белками;
- турбулентный характер гомогенизации способствует большей адсорбции казеиновых мицелл по сравнению с сывороточными белками; казеин покрывает около 25 % площади поверхности жирового шарика, в то время как сывороточные белки — лишь 5 %;
- в рекомбинированном молоке, при получении которого молочный жир эмульгируется в обезжиренном молоке, оболочки жировых шариков состоят только из сывороточных белков;
- жировые шарики после гомогенизации ведут себя подобно крупным казеиновым мицеллам (поскольку их оболочки состоят в основном из казеинов), увеличивая эффективную концентрацию казеина, и могут участвовать в некоторых процессах, характерных для казеина, например, в кислотном свертывании;
- увеличение количества мелких жировых шариков повышает способность молока отражать свет, поэтому ферментированное молоко кажется белее;
- уменьшается риск синерезиса (выделение свободной сыворотки на поверхности сгустка), а плотность конечного продукта увеличивается, улучшая вкусовые ощущения.

В некоторых случаях гомогенизация молока для йогурта производится после тепловой обработки молочной основы. При этом необходимо помнить об опасности повторного загрязнения продукта и, во избежание этого, следует ужесточить гигиенические требования и, по возможности, использовать асептический гомогенизатор. Некоторые авторы [508, 509] рекомендуют при производстве сливочного йогурта (жирность 10 г/100 г) с добавлениеми 30% КБС (СМО около 25 г/100 г) применять следующие приемы для получения продукта высокого качества: добавление СОМ в количестве 2%; нагревание смеси до 95 °С в течение 22 с для денатурации 70% β-Лг и последующую гомогенизацию при 75 °С и давлении 20 МПа. Однако в работах [401, 711] на основании оценки различных параметров технологического процеса — например, различных соотношений казеина и сывороточных белков в смеси, различных сочетаний тепловой обработки и гомогенизации (одноступенчатая гомогенизация при давлении 5–30 МПа, многократная гомогенизация до или после тепловой обработки при 95 °С в течение 80 с и др.) — делается вывод о том, что получение йогурта с максимальной плотностью и влагоудерживающей способностью сгустка

достигается в случае проведения гомогенизации при давлении не выше 25 МПа после тепловой обработки.

Разумеется, необходимо проверить, влияет ли положительно на качество продукта гомогенизация молока после его тепловой обработки. Есть сведения (Robinson, из неопубликованных данных), что когда партию коровьего молока после выпаривания под вакуумом (СМО 16%) делили на две части и гомогенизировали до и после нагревания, структурно-механические свойства полученных из этого молока йогуртов, как густых (с ненарушенным сгустком), так и перемешанных (с нарушенным сгустком), не отличались. Возможно, определяющими факторами в данном случае являются способ обогащения исходного молока и точное поддержание температурного режима, однако ясно, что данный вопрос требует дальнейшего изучения. Подобная картина наблюдалась для коровьего и овечьего молока, однако при использовании козьего молока гомогенизация после его тепловой обработки улучшала структурные свойства йогурта.

Тем не менее основные причины улучшения консистенции йогурта, полученного из гомогенизированного молока, могут быть следующими:

- изменение влагоудерживающей способности белков молока, снижающее интенсивность синерезиса [317, 471, 493];
- увеличение содержания в плазме молока компонентов оболочек жировых шариков (белков и фосфолипидов), что также повышает влагоудерживающую способность сгустка [788];
- снижение продолжительности сквашивания молока, особенно при увеличении давления гомогенизации (0–15 МПа) [917];
- плотность сгустка при производстве био-йогурта существенно зависит от содержания СОМО (18 г/100 г), применения двухступенчатой гомогенизации (давление 1 и 2 ступеней 14,6 и 3,5 МПа соответственно), в меньшей степени — от содержания жира (4,5 г/100 г) и не зависит от продолжительности выдержки молока при тепловой обрботке (90 °С) [70];
- улучшение физических свойств йогурта может быть достигнуто обогащением молока с помощью УФ, нагреванием его до 100–120 °С в течение 4 или 16 с и применением двухступенчатой гомогенизации при температуре 55 °С и давлении 14,2 и 3,5 МПа соответственно после нагрева молока [794];
- гомогенизация молока для йогурта при 0; 10,3 и 34,5 МПа влияла только на синерезис и водоудерживающую способность [805];
- замена молочного жира растительным маслом или заменителями жира влияет на реологические и органолептические характеристики, а также на микроструктуру йогурта (этот вопрос более подробно рассмотрен в главе 5).

Кроме того, на степень указанных изменений могут влиять условия обработки (температура и давление), используемые при гомогенизации молочной основы [618]. В работе [854] показано повышение вязкости сквашенного молока при постепенном увеличении давления гомогенизации (от 5 до 30 МПа) без нагревания молока; подобные результаты наблюдались после тепловой обработки молока (рис. 2.12). Этот эффект ранее описан также в работе [272], и его данные представлены в табл. 2.14.

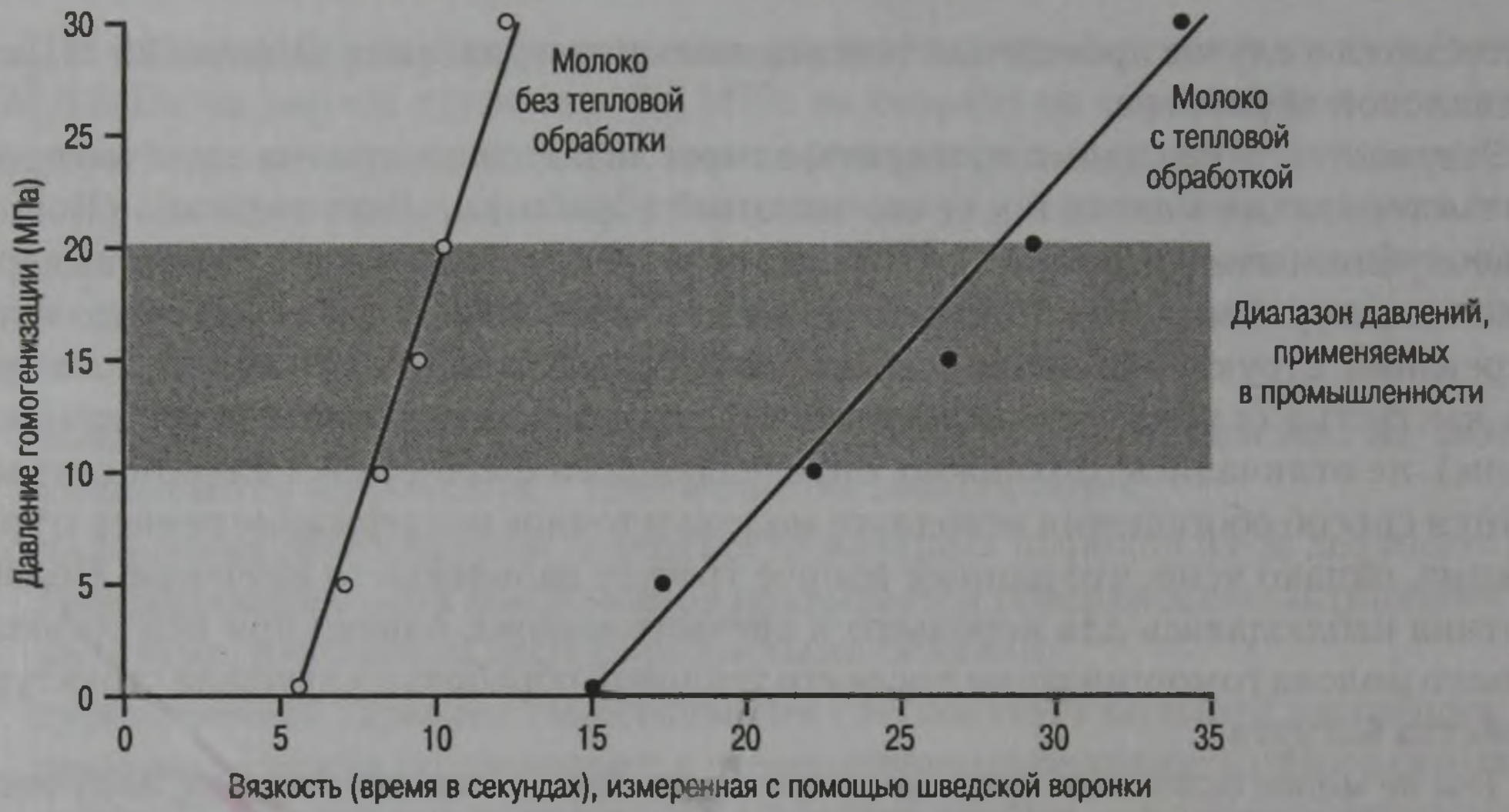


Рис. 2.12. Влияние давления гомогенизации на вязкость сквашенного молока
По [272]

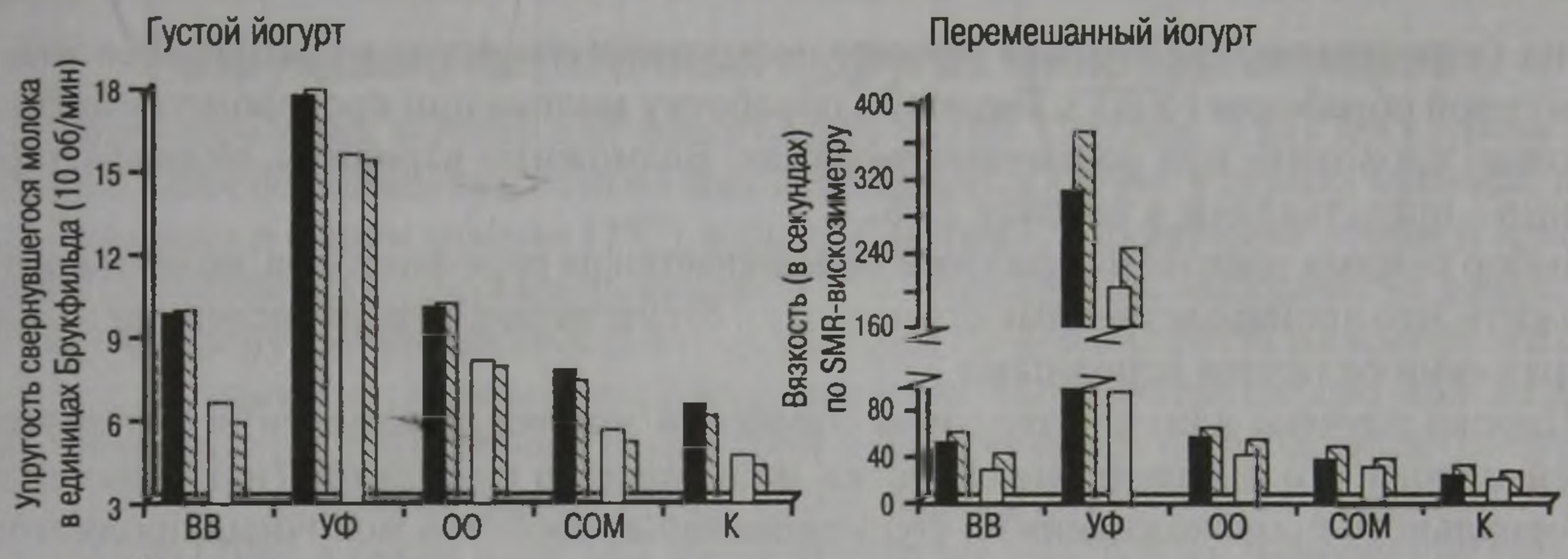
Таблица 2.14. **Влияние гомогенизации и тепловой обработки на вязкость йогурта**

Измерение вязкости йогурта	Тепловая обработка молока в течение 30 мин при							
	70°C		78°C		86°C		95°C	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Методом падающего шарика [а] (глубина, см)	3,0	>15,0	1,5	10,5	1,2	6,0	1,2	2,1
Истечением из воронки Постгумуса [б] (время,с)	9,0	5,0	14,0	7,5	17,0	8,5	18,7	9,0

A — гомогенизированное молоко; B — негомогенизированное молоко.
[а] Вязкость йогурта определяется глубиной погружения шарика (чем глубже он утонет, тем менее вязкий йогурт). [б] чем больше времени требуется для прохожения определенного объема йогурта через воронку, тем выше его вязкость.
По [272].

В работе [11] проанализировано качество йогурта, производимого из гомогенизированного и негомогенизированного козьего молока, сконцентрированного различными способами. Авторы пришли к выводу, что:

- при производстве йогурта из козьего молока гомогенизация его необходима (рис. 2.13);



Йогурт из: ■ гомогенизированного и □ негомогенизированного молока (продолжительность хранения – 1 день при 4 °С

▨ Увеличение или уменьшение вязкости йогурта из гомогенизированного или негомогенизированного молока через 14 дней при 4 °С

Рис. 2.13. Вязкость йогурта из козьего молока (гомогенизированного или негомогенизированного), концентрированного различными методами и хранящегося 1–14 дней при 4 °С

ВВ – выпаривание под вакуумом; УФ – ультрафильтрация; ОО – обратный осмос; СОМ – сухое обезжиренное молоко; К – контроль.

- ухудшение консистенции густого йогурта отмечается после хранения его в течение 14 дней, а наилучшие результаты получаются при концентрировании козьего молока ультрафильтрацией;
- вязкость перемешанного йогурта из козьего молока ниже вязкости йогурта из коровьего молока из-за меньшего содержания белка в козьем молоке [10, 11].

О подобных результатах сообщается также в работе [646], где изучались свойства йогурта из овечьего молока, изготовленного из гомогенизированного и негомогенизированного молока без обогащения. Более подробно этот вопрос рассмотрен в главе 5.

2.9 Тепловая обработка

Нагревание молока, как упоминалось выше, давно применяется в производстве йогурта для увеличения концентрации сухих веществ в молочной основе. По современным представлениям, назначение тепловой обработки молока при производстве кисломолочных продуктов заключается в следующем:

- разрушение и/или удаление патогенных и других нежелательных микроорганизмов;
- создание условий, благоприятных для развития микрофлоры закваски;
- изменение физико-химических свойств составляющих молока, влияющих на качество йогурта.

Тепловая обработка молока является одной из наиболее распространенных операций в промышленном производстве различных молочных продуктов. Применяемые сочетания температуры и времени варьируются от ⩽ 65 °С в течение нескольких

секунд (термизация) до 150 °С в течение нескольких секунд для ультравысокотемпературной обработки (УВТ). Тепловую обработку молока при производстве йогурта можно проводить при различных режимах. Возможные варианты, включая термизацию, представлены в таблице 2.15.

Выбор режима тепловой обработки основывается на ряде факторов, но если предположить, что производственные ограничения отсутствуют, то перечисленные выше соображения окажутся основными.

Широко изучено влияние тепловой обработки молока на изменения составных частей молока, его питательные свойства, инактивацию ферментов (нативных или бактериального происхождения) и функциональные свойства молочных продуктов (например, термоустойчивость УВТ-молока, сгущенного и сухого молока, см. табл. 2.16). Дополнительно можно рекомендовать специальную литературу — например, обзоры [261, 262, 265].

При производстве йогурта молоко нагревается выше 70 °С, и физико-химические изменения, которые могут произойти в молочной основе, сложны и многообразны. Влияние термической обработки на функциональные свойства йогурта описано ниже.

Таблица 2.15. **Режимы тепловой обработки натурального молока и молочной основы для йогурта**

Продолжительность	Температура (°С)	Вид тепловой обработки	Примечание
Несколько с	⩽ 65	Термизация	Основная цель — уничтожить психротрофные бактерии; не вызывает других необратимых изменений
30 мин	65	Длительная пастеризация (в ванне длительной пастеризации)	Разрушение почти всех патогенных микроорганизмов, присутствующих в молоке, однако уничтожаются не все вегетативные клетки микроорганизмов; инактивация некоторых ферментов; вкус и сыворотчные белки не изменяются
15 с	72	Кратковременная пастеризация	
4–20 с	85	Высокотемпературная пастеризация	Уничтожение всех вегетативных клеток, но не спор бактерий; разрушается большая часть ферментов, но не молочные и бактериальные протеиназы или бактериальные липазы; денатурация белков сыворотки
30 мин [a]	85		
5 мин [a]	90–95		
40–20 мин	110–120	Стерилизация периодическим способом (например, в автоклавах)	Разрушение всех микроорганизмов и спор; некоторые виды УВТ могут быть недостаточны для инактивации всех ферментов; имеют место химические изменения, меняется цвет и вкус молока
20–2 с	135–150	УВТ	

[a] тепловая обработка, широко применяемая в промышленном производстве йогурта.
По [206, 261, 265, 277, 563, 921].

2.9.1 Разрушение патогенных и других микроорганизмов

Тепловая обработка молока для йогурта при 85–95 °С (табл. 2.15) достаточна для уничтожения большинства, если не всех вегетативных клеток микроорганизмов, присутствующих в сыром молоке [287], однако бактерии, образующие споры и некоторые термоустойчивые ферменты, сохраняются. Уменьшение конкуренции делает молоко, подвергнутое тепловой обработке, хорошей средой для роста микроорганизмов йогуртовой закваски; вместе с тем бактериологическое качество сырого молока и сухих ингредиентов, добавляемых к молочной основе, является очень важным фактором.

Высокое содержание психротрофных бактерий может вызвать разрушение β- и α_s-казеина [208], а также жировых компонентов молока. И если разрушение казеина приводит к формированию слабого сгустка, склонного к отделению сыворотки, то гидролитическое прогоркание жира может служить причиной появления выраженного постороннего привкуса в продукте [181–183]. Важно также помнить, что ферменты (пептидгидролазы и липазы) некоторых видов *Pseudomonas* термоустойчивы, и для их инактивации требуется высокотемпературная (150 °С) тепловая обработка [15, 16, 85, 86, 218, 242, 361, 481, 595, 605, 848, 852].

В сыром молоке присутствует около 60 ферментов, некоторые из которых нестойки к нагреванию, а другие могут переносить ультравысокотемпературную обработку молока. Роль этих ферментов в молочном производстве рассматривается в работах [244, 262]. Активность ферментов молока — полезный индикатор физиологических изменений в вымени млекопитающих, условий обработки молока и факторов, влияющих на вкус и качество молочных продуктов. При производстве йогуртов сохранение этих ферментов не представляет серьезной проблемы [170].

2.9.2 Действие стимулирующих или ингибирующих факторов

Нагревание молока может привести к высвобождению некоторых веществ, стимулирующих или ингибирующих активность молочных заквасок. В работах [308–310] описаны следующие явления:

- стимулирование развития микрофлоры закваски в молоке при тепловой обработке его в интервале от 62 °С с выдержкой 30 мин до 72 °С с выдержкой 40 мин;
- ингибирование развития микрофлоры закваски при нагреве молока в диапазоне от 72 °С с выдержкой 45 мин до 82 °С с выдержкой 10–120 мин или до 90 °С с выдержкой 1–45 мин;
- стимулирование развития заквасочной микрофлоры в молоке, подвергнутом тепловой обработке при 90 °С в течение 60–180 мин и при автоклавировании (120°С, 15–30 мин);
- ингибирование развития микрофлоры закваски при ужесточении режима стерилизации молока в автоклаве (120 °С, более 30 мин).

Явный цикл «стимулирование — ингибирование — стимулирование — ингибирование» имеет место вследствие изменений белков сыворотки и может быть смоделирован добавлением денатурированных сывороточных белков или гидрохлорида цистеина. Переход от одного цикла к другому в ответ на различные режимы тепловой обработки вполне может быть связан с высвобождением денатурированных азотис-

Таблица 2.16. **Влияние тепловой обработки на изменение составных частей молока и свойства полученного из него йогурта**

Компоненты молока	Изменения, вызванные нагреванием	Их проявление в ходе технологического процесса	Влияние на йогурт
Белковые			
Белки сыворотки	Денатурация и агрегация, инактивация иммуноглобулинов	Почти полное	Разрушение лактенинов, уменьшение способности к отстою сливок
	Образование активных SH-групп	Максимум при 90°С с выдержкой в течение 10 мин	Появление привкуса кипячения, снижение окислительно-восстановительного потенциала, появление антиоксидантных свойств
	Взаимодействие α-Ла и β-Лг	Происходит до взаимодействия с к-казеином	Способствует образованию более прочного геля
	Взаимодействие β-Лг и к-казеина	Значительное	Снижает синерезис, увеличивает размер мицелл, стабилизирует гель
Казеин	Частичный гидролиз, высвобождение гликопептидов из к-казеина	Ограниченное	Небольшое увеличение количества свободных аминокислот и пептидов
	Дефосфорилирование	Незначительное	Небольшое перераспределение фосфора
	Агрегация, дезагрегация, образование связей между боковыми участками белковых мицелл и цепочек	Характерно в основном для небольших мицелл	Увеличение размера мицелл и образование белковой сетки
Ферменты	Инактивация	Разрушение нативных и бактериальных липаз и протеаз	Сводит к минимуму появление прогорклого и горького привкусов
Другие	Разложение аминокислот с образованием вкусовых веществ	Значительное	Влияет на вкус
	Взаимодействие амнокислот с лактозой, реакция Майяра, образование Шиффова основания, снижение количества доступного лизина	Происходит в небольшой степени, например, потеря лизина около 0,3%	Небольшое снижение питательной ценности, значительное, если йогурт обогащается сухими продуктами высокого нагрева
	Взаимодействие аминокислот, например, образование лизин-аланина	Ограниченное	Минимально

Таблица 2.16 (окончание)

Компоненты молока	Изменения, вызванные нагреванием	Их проявление в ходе технологического процесса	Влияние на йогурт
Углеводы			
Лактоза	Разложение с образованием органических кислот, фурфурола и гидроксиметилфурфурола	Происходит в небольшой степени	Уменьшает pH и Eh, образует муравьиную кислоту и влияет на рост микрофлоры заквасок, влияет на вкус йогурта
	Реакция с аминокислотами (см. выше)		
Другие	Уменьшение содержания сиаловой кислоты и гексозаминов, увеличение содержания гексоз	Происходит при 85°C в течение 10 мин	Неизвестно
Разные			
Жир	Образование лактонов, метилкетонов и других летучих кетонов	В малой степени	Влияет на вкус
	Гидролиз	Незначительное	Незначительно
Витамины	Разрушение некоторых водорастворимых витаминов	Содержание C, B_1, B_6, B_{12}, фолиевой кислоты уменьшается	Уменьшение питательной ценности
Минеральные вещества	Перераспределение Ca, P, Mg между водной (истинный раствор) и коллоидной формами	Значительный эффект, модифицирует структуру поверхности мицелл казеина	Уменьшает pH, влияет на частицы свернувшегося молока, уменьшает продолжительность свертывания
Микроорганизмы	Разрушение	Уничтожение патогенных и других микроорганизмов	Обеспечивает безопасность продукта для потребителей и минимизирует дефекты качества
Газы	Снижение уровня растворенного кислорода, азота и углекислого газа	Создает микроаэрофильную среду для закваски	Обеспечивает безопасность для потребителей и минимизирует дефекты качества

По [862] с разрешения журнала *Journal of Food Protection*

тых соединений (например, в концентрации 0,15–0,20 мг/мл) или 10–20 мкг/мл цистеина, поскольку при искусственном добавлении цистеина наблюдается увеличение количества сульфгидрильных групп, высвобожденных нагреванием. В сыром молоке и в молоке, подвергнутом нагреву при низкой температуре, цистеин служит стимулятором, однако при высокотемпературной обработке молока та же концентрация становится ингибирующей. Было предложено следующее объяснение циклов стимулирования/ингибирования:

- первоначальное стимулирование объясняется рядом факторов, перечисленных в табл. 2.16;
- высвобождение цистеина, глютатиона или тиоглюколата и удаление кислорода приводит к стимулирующему эффекту;
- ингибирование происходит вследствие избыточной концентрации цистеина в молоке и увеличения количества токсичных летучих сульфидов;
- второй цикл стимулирования обусловливается снижением уровня токсичных сульфидов в результате дальнейшего нагревания или образования муравьиной кислоты.

Поэтому в работах [308–310] рекомендовано использовать сухое молоко высокого нагрева. Эти наблюдения, однако, неприменимы в настоящее время из-за (а) развития технологии производства порошков и (б) улучшенного отбора штаммов закваски. Дополнительная информация приведена в разделе 2.4.2.

В работе [221] исследовано влияние различных видов тепловой обработки молока на образование кислоты и формирование вкуса отдельными штаммами молочнокислых бактерий, включая *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Сводные данные из их работы приведены в таблице 2.17. В целом степень нагрева оказывает различное влияние на активность йогуртовых заквасок, но причины такого поведения не рассматривались. Наиболее вероятно, что изменения определенных компонентов молока (табл. 2.16) способствовали наблюдаемому изменению активности заквасок.

Таблица 2.17. **Влияние тепловой обработки молока на активность заквасок для йогурта**

Показатель	*S. Thermophilus*			*L. Delbrueckii* подвид *bulgaricus*		
	63°C 30 мин	85°C 30 мин	Обработка паром 30 мин	63°C 30 мин	85°C 30 мин	Обработка паром 30 мин
Титруемая кислотность [а]	1,00	0,85	0,66	1,60	1,70	1,62
Количество летучих жирных кислот [б]	9,00	9,00	7,00	40,00	34,50	31,00
Диацетил (мкг/г) [в]	13,00	12,00	6,00	12,00	13,00	0,00
Протеолитическая активность [г]	0,34	0,25	0,18	0,25	0,18	0,09

[а] В % молочной кислоты; [б] мл 0,01н NaOH на 50 г творога; [в] уровень диацетила аномально высок (см. главу 7); [г] мг выделенного тирозина, на 1 г творога.

По [221] с разрешения *Milchwissenschaft*.

2.9.3 Изменение физико-химических свойств молока

Свежее натуральное молоко содержит примерно 87 г/100 г воды и 13 г/100 г СМО. Состав молока для йогурта после нормализации и/или обогащения несколько изменяется: содержание воды в нем — 84–86 г/100 г, а СМО — 14–16 г/100 г.

Несмотря на кажущуюся простоту состава (основные компоненты молока — вода, углеводы, жир, белки и минеральные вещества), оно имеет весьма сложную структуру (см. рис. 2.2). Компоненты молока распределены в основном между двумя дисперсными системами — жировыми шариками и их мембранами (см. рис. 2.11 на с. 66), образующими эмульсию, и комплексами казеиновых мицелл, образующими коллоидный раствор. В целом обе эти системы термоустойчивы. Данные о влиянии на них тепловой обработки и ее связи с производством йогурта сведены в табл. 2.16, из которой очевидно, что при тепловой обработке молоко для йогурта претерпевает ряд изменений.

2.9.3.1 Влияние на белки

В ряде работ приводятся результаты исследования белков молока (например, [82, 175, 186, 193, 226, 263, 267, 385, 419, 920, 932], а также взаимодействия компонентов молока, включая основные их химические изменения, и поведения белков молока в различных пищевых системах [187, 440, 695, 943]. Содержание основных белков и их составляющих в молоке следующее:

Казеин:		76–88% от общего содержания белка
α_{s1}-	45–55	в том числе (% от указанной фракции)
β-	25–35	
к-	8–15	
γ-	3–7	
Сывороточные белки:		15–22% от общего содержания белка
альбумин сыворотки крови	0,7–1,3	в том числе (% от указанной фракции)
β-лактоглобулин	7–12	
α-лактальбумин	2–5	
иммуноглобулин	1,9–3,3	
Протеоза/пептоны		2–6% от общего содержания белка

Основным белком молока крупного рогатого скота является казеин, играющий главную роль в производстве определенных видов молочных продуктов, например, йогурта и сыра. На основе предложенных моделей структуры белков можно предположить, что казеин существует в виде мицелл или агрегатов субмицелл, сформированных в основном α_s- и β-казеинами, стабилизированных к-казеином, содержащих кальций и фосфат кальция [82].

Сывороточные белки находятся в растворе и имеют более компактную, сферическую форму, чем казеины. Их структура обусловлена формированием дисульфидных связей (вследствие присутствия большого количества серосодержащих аминокислот), незначительным содержанием фосфатных групп, а также тем фактом, что сывороточные белки в нативном состоянии не образуют ассоциатов и менее чувствительны к кальцию, чем казеин [82]. Функциональные свойства белков сыворотки становятся более явными после нагревания молока, поскольку при температуре

Таблица 2.18. **Изменения (%) азотистых фракций молока различных видов млекопитающих после нагревания**

Азотистые фракции	Коровы			Козы			Овцы		
	63°C 30 мин	80°C 10 мин	120°C 15 мин	63°C 30 мин	80°C 10 мин	120°C 15 мин	63°C 30 мин	80°C 10 мин	120°C 15 мин
Казеиновая	+0,60	+14,95	+18,77	0	+24,43	+25,31	+3,98	+26,35	+2,35
Неказеиновая	−1,61	−45,63	−57,77	0	−35,90	−41,81	−10,50	−68,06	−76,05
Растворимый белок	−2,23	−62,40	−89,38	0	−58,08	−70,58	−15,07	−79,39	−93,96
β-Лактоглобулин	−1,80	−59,56	−94,30	0	НД	−100,00	−34,65	−74,25	−100,00
Небелковая	0	0	+25,00	0	+4,76	+4,76	+11,36	+15,00	+15,00

НД — нет данных.
По [730].

выше 80 °С они денатурируются и связываются с к-казеином, повышая стабильность мицеллы.

Хорошей иллюстрацией подобного эфекта является предварительный нагрев молока до 90 °С в течение времени, обеспечивающего полное взаимодействие между белками, благодаря чему последующий его нагрев до 120–140 °С (например, при производстве УВТ-молока) позволяет получить конечный продукт высокой стабильности. Сравнительные данные о влиянии нагревания на белки молока (включая казеины) различных видов млекопитающих представлены в табл. 2.18.

Казеины, как было сказано выше, более термоустойчивы, чем сывороточные белки. Так, β-Лг и α-Ла денатурируются при температурах, применяемых для обработки молочной основы [199, 533, 695, 944], и если денатурированый β-Лг реагирует с другими компонентами молока, то α-Ла вступает во взаимодействия, вызванные тепловой денатурацией, только после сильной тепловой обработки [197, 816]. Возможные взаимодействия и их последствия могут быть следующими:

- объединение мелких агрегатов денатурированных молекул β-Лг с образованием более крупных агрегатов под действием только нагрева [948] или как функция pH и температуры [570];
- взаимодействие между β-Лг и к-казеином как результат нагревания молока, включающий гидрофобные взаимодействия высвободившихся SH-групп [194, 340, 662];
- при нагревании молока до 90 °С взаимодействия β-Лг и α-Ла с казеиновыми мицеллами имеют похожую кинетику, однако при ультравысокотемпературном нагреве молока молекулы α-Ла вступают в реакцию медленнее, чем молекулы β-Лг из-за изменения скорости теплопередачи [179, 180];
- тепловая обработка может существенно повлиять на некоторые белки оболочек жировых шариков [478], поэтому взаимодействие между денатурированными белками сыворотки и белками оболочек жировых шариков нельзя объяснить исключительно образованием —SS–связей.

- прикрепление к-казеина к поверхности оболочек жировых шариков приводит к потере триацилглицеринов и изменению содержания липидов при нагревании молока до 80 °С и выдержке в течение 20 мин [108, 393, 394, 827];
- взаимодействие β-Лг с поверхностью жировых шариков гомогенизированного молока может вытеснить адсорбированный мицеллярный казеин [197, 815, 816, 946, 947];
- связывание коллоидного фосфата кальция и других ионов казеином; наблюдающийся при этом сдвиг солевого равновесия не является решающим для образования кислотного геля [64–67, 384, 806, 919, 957];
- объединение казеиновых мицелл в крупные частицы, а также диссоциация казеиновых мицелл с образованием растворимых казеинов при 100 °С или выше [534, 827].

Очевидно, что изменения белков молока, вызванные нагреванием и последующее образование кислоты (см. раздел 2.10.3 о формировании геля) могут повлиять и на другие свойства. Например, оптимальные гидрофильные свойства белков получены при нагревании до 85 °С в течение 30 мин [317–319]. Влияние различных видов тепловой обработки на сгусток коровьего молока показано в табл. 2.19.

Ускорение процесса формирования геля обусловлено, возможно, взаимодействием между β-Лг и казеином, поскольку нагревание молока в течение 30 мин при 80 °С вызывает денатурацию более 90% β-Лг и лишь 60% α-Ла [527]. В работе [319] сообщается, что максимальная гидратация белков наблюдается при нагревании молока до 85 °С и постепенно уменьшается с повышением температуры; этот взгляд разделяют многие исследователи, например, [418, 719]. Снижение гидрофильных свойств комплекса казеин/β-Лг может отрицательно повлиять на качество йогурта, увеличивая склонность сгустка к синерезису, поэтому без учета других соображений тепловая обработка молока при производстве йогурта должна производиться при температуре от 85 до 95 °С.

По [694] действие нагревания на белки представляет собой двухстадийный процесс, на первой стадии которого происходят структурные изменения (развертывание белковой глобулы), на второй — агрегация (объединение) денатурированных

Таблица 2.19. **Влияние тепловой обработки на процесс коагуляции белков при производстве йогурта**

Параметр	Режим тепловой обработки молока					
	85 °С	85 °С/ 30 мин	90 °С	90 °С/ 30 мин	95 °С	95 °С/ 30 мин
Продолжительность коагуляции (час)	2,43	2,01	2,34	2,04	2,29	2,04
Кислотность при коагуляции (% молочной кислоты)	0,63	0,49	0,63	0,50	0,63	0,50
pH при коагуляции	4,70	5,16	4,78	5,12	4,80	5,08

По [318] .

молекул белка, за которой может последовать коагуляция (в зависимости от степени и продолжительности нагревания). В β-Лг такой процесс происходит за счет реактивации –SH–групп в результате нагревания [921]. Образующиеся агрегаты могут быть двух размеров в зависимости от вида действующих реактивных групп: малые агрегаты β-Лг (3.7S) со сшиванием –H–группами и крупные агрегаты β-Лг (29S), в которых существенным может оказаться образование –SS–связей (ссылки на некоторые более ранние работы имеются в [563, 608, 796].

В 1970-х гг. в публикациях по исследованию тепловой денатурации β-Лг признавалось лишь взаимодействие между β-Лг и к-казеином, но в сообщениях [231–233] было сделано предположение, что α-Ла также участвует в этом процессе. Сущность этого взаимодействия может быть описана следующей схемой:

β-Лг (малые агрегаты) → β-Лг (большие агрегаты) + α-Ла → α-Ла (β-Лг) + к-казеин (казеиновые мицеллы)

α-Ла (β-Лг) к-казеин (комплекс сывороточные белки / казеин)

Однако в работе [643] была предложена несколько модифицированная модель, в которой денатурированный β-Лг ассоциируется с к-казеином казеиновых мицелл (фаза 1). Это приводит к формированию «отростков» казеиновых мицелл, имеющих неупорядоченную структуру, и поверхность становится высокогидрофобной. Когда α-Ла начинает денатурироваться (фаза 2), он взаимодействует с β-Лг и заполняет промежутки в структуре, возникшие в фазе 1. Количество α-Ла, присутствующего на поверхности мицелл, зависит от процесса нагревания и его интенсивности. Все это приводит в конечном итоге к образованию более гладкой поверхности с пониженной гидрофобностью и увеличивает влагоудерживающую способность белковой матрицы (см. [371]). В работе [141] был сделан вывод, что вызванная нагреванием агрегация α-Ла зависит от концентрации свободных групп –SH, присутствующих в других белках сыворотки и происходит, по-видимому, в результате разрыва внутримолекулярных дисульфидных (–SS) связей в α-Ла, ведущего к агрегации.

2.9.3.2 Влияние скорости денатурации белков сыворотки

В работах [533б, 534] была проведена количественная оценка относительных скоростей необратимой денатурации белков сыворотки (иммуноглобулинов, сывороточного альбумина и лактоферрина, β-Лг и α-Ла) в молоке различных млекопитающих при нагревании до 70–90 °С. Опубликованные результаты позволяют предположить, что

- содержание отдельных белков сыворотки коровьего, козьего и овечьего молока различно, например, общее содержание сывороточных белков составляет 0,65; 0,61 и 1,1 г/100 г соответственно;
- подверженность тепловой денатурации сывороточных белков молока этих трех видов млекопитающих изменяется в ряду: иммуноглобулины > альбумин сыворотки крови и лактоферрин > β-Лг > α-Ла;

- начало денатурации сывороточных белков молока различных животных при 90 °С характеризуется следующим образом: овца > коза > корова.

Вопросы влияния нагревания на белки рассматриваются также в работах [133, 536–539, 889]. Известно, что добавление термолабильного генетического варианта β-ЛгА к сырому молоку уменьшало синерезис йогурта в случае обработки молочной основы при 70 °С [93, 544]; такой подход к изготовлению йогурта может в будущем стимулировать попытки направленно воздействовать на состав белковых компонентов в процессе их синтеза в вымени коровы.

2.9.3.3 Влияние на взаимодействие «белок–жир»

На основе подробного изучения взаимодействий «белок–жир» в восстановленном молоке было установлено [828–830] , что эти взаимодействия зависят от многих факторов, например:

- повышение содержания белков в обезжиренном молоке приводит к увеличению белковой нагрузки на поверхность жира, максимум которой достигает 6 мг/м^2;
- крупные жировые шарики имеют меньшую белковую нагрузку (в основном это белки сыворотки);
- изменение соотношения «белок сыворотки/казеин» в обезжиренном молоке уменьшает количество белка, адсорбированного на поверхности жировых шариков, и может влиять на состав белкового слоя;
- степень диссоциации к-казеина увеличивается при увеличении СОМО в восстановленном обезжиренном молоке от 10 до 20 г/100 г при pH 6,5–7,1 до нагревания или только в результате нагревания при 120 °С в течение 2–11 мин при pH 6,5;
- скорость диссоциации к-казеина с поверхности жировых шариков и казеиновых мицелл зависит от pH;
- белковая нагрузка поверхности жировых шариков уменьшается, и при разрушении казеиновых мицелл после удаления коллоидного фосфата кальция состав адсорбированного на поверхности жирового шарика белка изменяется.

2.9.3.4 Влияние на другие компоненты молока

Очевидно, что наибольшим изменениям в результате тепловой обработки молока, применяемой при производстве йогурта, подвергаются сывороточные белки, хотя определенное значение могут иметь изменения и некоторых других компонентов молока, например:

- нагревание может влиять на состояние солей молока, особенно кальция, фосфата, цитрата и магния; эти соли могут существовать в молоке в виде растворимых ионов или в коллоидной форме как часть комплекса казеиновых мицелл, а нагревание молока при 85 °С в течение 30 мин может перевести в коллоидную фазу до 16% растворимого кальция [458];
- нагревание молока может снизить количество присутствующего кислорода, т. е. уменьшить окислительно-восстановительный потенциал, стимулирующий рост закваски;

- обычно применяемые на производстве умеренные режимы тепловой обработки позволяют удалить нежелательные привкусы молока, однако сильное нагревание может привести к появлению посторонних привкусов — например, карамельного, вызванного реакцией Майяра между лактозой и аминогруппами белков;
- нагревание вызывает изменения витаминного состава молока; как известно, витамины молока делятся на две основных группы — так называемые жирорастворимые витамины (например, A, D, E и K), связанные с жировым компонентом молока, и водорастворимые витамины (например, витамины группы B и C). Жирорастворимые витамины относительно термоустойчивы, а витамины B_6, B_{12} и C неустойчивы к действию тепла; в табл. 2.20 показаны потери чувствительных к нагреванию витаминов молока при различных видах тепловой обработки; относительно высокая температура тепловой обработки молока при производстве йогуртов, может, таким образом, вести к значительному уменьшению содержания некоторых витаминов, а присутствие растворенного кислорода значительно повышает чувствительность неустойчивых к теплу витаминов [26, 137, 349, 740, 741, 817, 921];
- нагревание молочной основы йогурта, снижая содержание некоторых витаминов, отрицательно влияет на питательные свойства йогурта, но одновременно может улучшить усваиваемость белков в кишечном тракте [720];
- в результате изменений молочных компонентов при нагревании на поверхностях технологического оборудования образуется осадок, в связи с чем уменьшается время эффективной работы теплообменников и требуется их очистка; исследования различных типов отложений на греющих поверхностях аппаратов и роли компонентов молока описаны в работах [271, 304, 373, 437, 438,

Таблица 2.20. **Потери витаминов (%) в молоке при различных тепловых процессах[a]**

Витамины	При пастеризации		При стерилизации		При выпаривании	При сушке	
	В порционном режиме	Низкотемпературной	В таре[б]	УВТ		Вальцовой	Распылительной
Тиамин (B_1)	10	< 10	20–35	10	20–60	20–30	10–15
Рибофлавин (B_2)	Н	Н	< 10	10	0	10–15	< 10
Фолиевая кислота	0	0	40–50	15	–	–	–
Биотин	< 10	< 10	< 10	< 10	10–15	10–15	10–15
Пантотеновая кислота	Н	Н	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
B_6	10	0	60–90	< 10	90	20	35
B_{12}	20	10	40–50	10	60	30	20

[a] Дополнительные данные приведены в табл. 2.15; [б] Примененная тепловая обработка: 110°C 15 мин и 115°C 30 мин; при втором режиме потери были больше.

Н — нет данных, – — пренебрежимо малы.

Потери витаминов A (+/–), каротин (–), D (–), E(+/–), K(?) и C (++) не представлены.

По [26, 137, 157, 260, 495, 713, 740, 741, 797, 921].

724]. Продолжительность работы пластинчатого теплообменника при обработке свежего натурального молока больше, чем при обработке восстановленного молока при той же температуре.

Следует отметить, что большинство технических данных получено в основном в ходе исследований, выполненных на цельном или обезжиренном молоке, однако физико-химические изменения, происходящие в молоке для йогурта, и степень этих изменений могут зависеть от состава молочной основы.

2.9.4 Влияние обработки на физические свойства геля

В разделе 2.4 было показано, что метод обогащения молока (увеличения СМО) может влиять на плотность и синерезис йогуртового геля (см. также [390, 765, 767, 768, 773]). На эти свойства также влияет давление гомогенизации (см. раздел 2.8). Хотя физико-химические изменения белковых компонентов молока можно считать основными факторами, влияющими на качество йогурта, не следует игнорировать и роли заквасок в формировании кислоты.

В ходе исследований структуры гелей, полученных из молока, подвергнутого и не подвергнутого тепловой обработке, с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) были выявлены существенные различия. В пастеризованном молоке гель формируется по мере того, как казеиновые мицеллы постепенно увеличиваются в размере и формируют цепочечную матрицу. Это ведет к равномерному распределению белка в йогурте и иммобилизации водной фазы внутри сетки. При этом образуется плотный сгусток, менее подверженный синерезису. В противоположность этому казеиновые мицеллы в сыром молоке образуют хлопья или агрегаты, в которых белок распределен неравномерно.Эта неоднородность ухудшает иммобилизацию воды; образуется менее прочный (примерно на 50% по сравнению с описанным выше) сгусток [350, 445, 446, 447, 450, 451, 453, 456, 628, 629]. Это различие хорошо видно на рис. 2.14. В йогурте с содержанием сухих веществ 10 г/100 г казеиновые частицы (цепочки и агрегаты) были самыми большими из наблюдаемых, и размер частиц уменьшался по мере возрастания СМО [352]. В целом чем больше поры в белковой матрице, тем проще отделение сыворотки, а более высокая устойчивость сгустка к синерезису при pH 3,85 связана с его большей жесткостью по сравнению со сгустком в йогурте, имеющем pH 4,5.

Исследование разных видов молока, подвергнутого тепловой обработке (95 °С в течение 10 мин), обнаружило наличие нитевидных отростков, состоящих из комплексов β-Лг/к-казеин; видимо, взаимодействие включает сшивание группами –SS и, возможно, участие различных солей, например, фосфата кальция и цитратов [205, 351, 353]. Эти отростки после ферментации имеют тенденцию становиться «диффузными», но их присутствие в сгустке из молока, подвергнутого тепловой обработке, тормозит слияние мицелл, приводя к образованию плотного сгустка с пониженной склонностью к синерезису.

Микроструктура йогурта характеризуется наличием белковой основы — матрицы, состоящей из коротких и средних мицеллярных цепей и агрегатов белковых мицелл с жировыми шариками, включенными в матрицу. На пористость белковой матрицы может влиять как соотношение между казеином и другими (неказеиновыми)

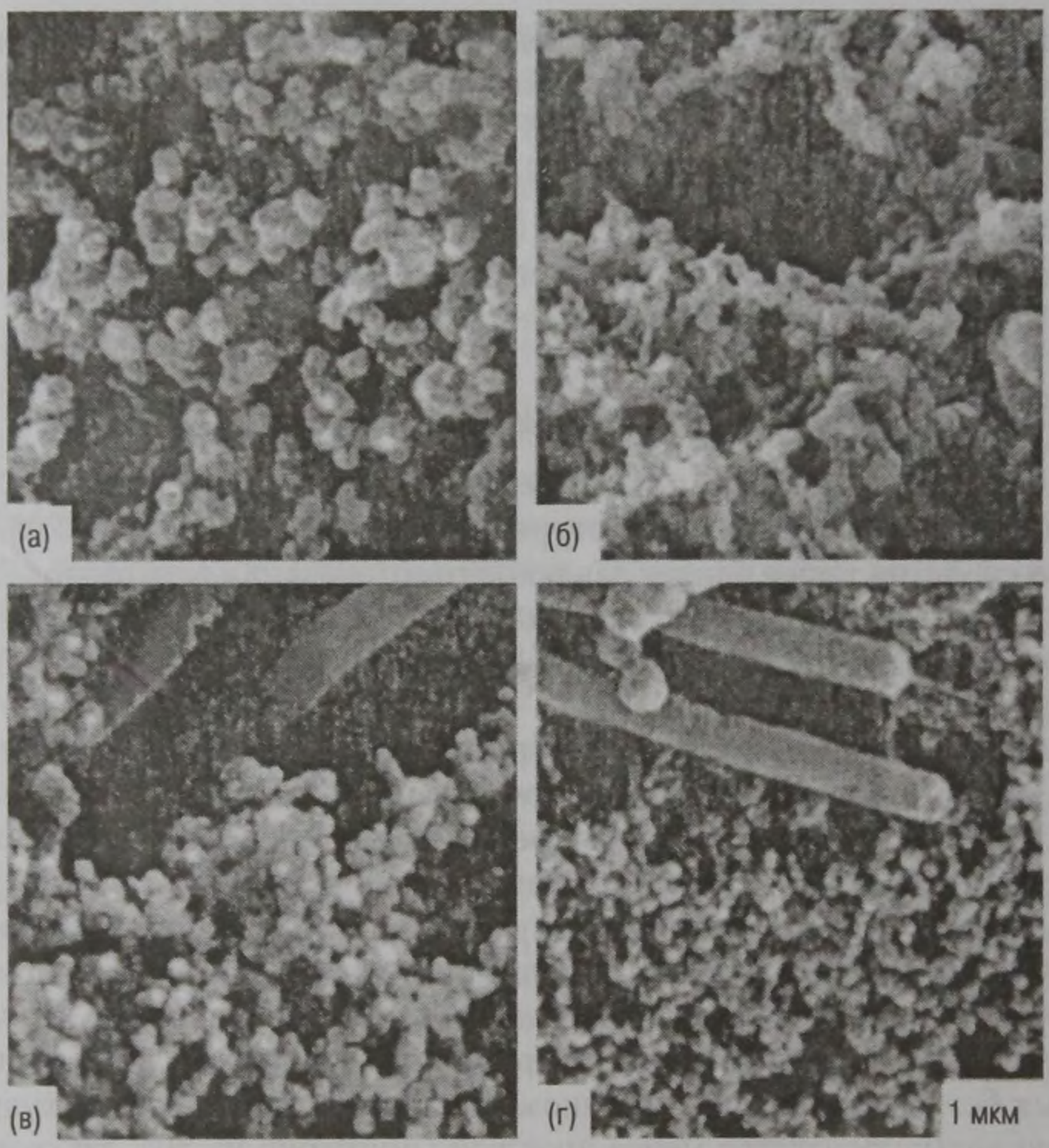


Рис.2.14 Характеристика структуры казеинового сгустка, полученного из восстановленного обезжиренного молока различного состава (10 и 20 г СМО на 100 г), подвергнутого тепловой обработке при 90 °С в течение 10 мин, и без нее.

Молоко с содержанием СМО 10 г/100 г: а – без тепловой обработки; б – с тепловой обработкой.
Молоко с содержанием СМО 20 г/100 г: в – без тепловой обработки; г – с тепловой обработкой.

Обратите внимание на различие в структуре сгустка в нагретом и ненагретом молоке (а) и (в) или (б) и (г), и на размер казеиновых мицелл в зависимости от увеличения СМО в молоке (а) и (в) или (б) и (г). По [445].

белками в молоке, так и метод его обогащения (увеличения СМО). В работах [628, 629, 865] рассматриваются соотношения указанных белков от 2,9 : 1 до 4,6 : 1. Рекомендуется соотношение 3,3 : 1, поскольку при более высоких соотношениях происходит слияние (объединение) казеиновых мицелл, что в конечном итоге может привести к получению продукта с неудовлетворительной консистенцией (она становится излишне плотная и неоднородная). На рис. 2.15 показана микроструктура (СЭМ и ТЭМ) йогурта, обогащенного СОМ и казеинатом натрия.

При этом йогурты, обогащенные ВВ и ОО, имели изображения, сходные с изображением йогурта с СОМ, а в йогурте из УФ-молока отмечено лишь незначительное слияние казеиновых мицелл [865]. Однако используя сухое цельное или обезжиренное молоко, полученное из УФ-концентрата (см. табл. 2.4), можно поддерживать ис-

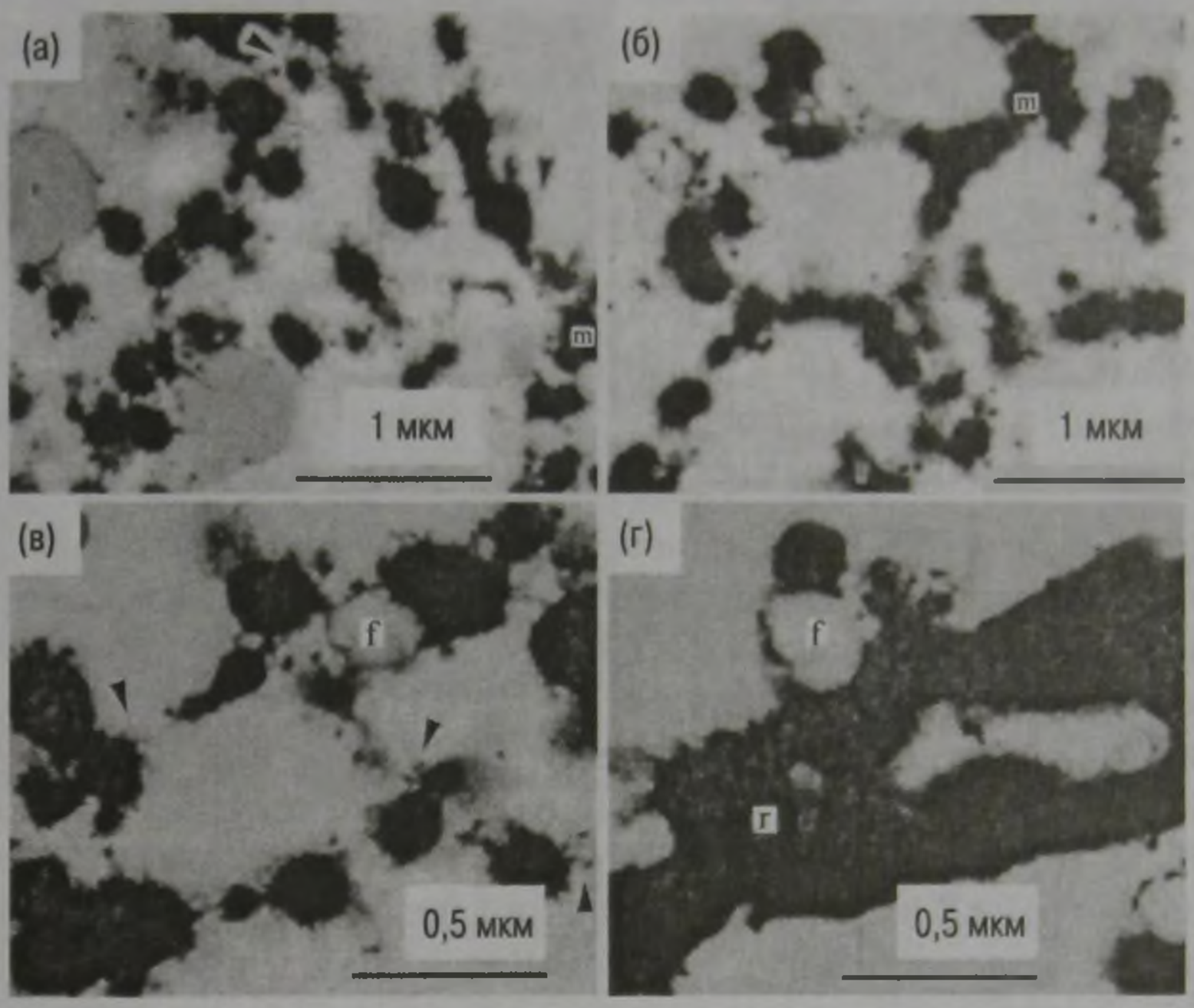


Рис. 2.15 Микроструктура (ТЭМ) цепей и кластеров казеиновых мицелл в йогурте, приготовленном из обезжиренного молока, обогащенного СОМ (а) и (в) и казеинатом натрия (б) и (г)

Стрелки указывают на выступы на поверхности казеиновых мицелл. f — жировые шарики; m и r — простые и комплексные цепи казеиновых мицелл соответственно.

По [865] с разрешения *Scanning Microscopy International*.

ходное соотношение казеина и неказеиновых белков в молочной основе и получать йогурт с плотным сгустком и минимальным синерезисом.

Гомогенизация и высокотемпературная обработка молочной основы увеличивает гидрофильные свойства сгустка и стабильность йогуртового геля благодаря денатурации белков сыворотки и ассоциации их с к-казеином. В работах [515–518] делается вывод о том, что физические свойства йогурта, полученного из молока, нагреваемого при 82 °С в течение 30 мин, по сравнению с йогуртом из молока, нагреваемого при 142 °С в течение 3,3 с, были лучше, и что последний режим пригоден только для производства питьевого йогурта, йогурта с жидкообразной (текучей) консистенцией или невысокой плотностью сгустка. О подобных результатах сообщается также в работах [684–688], где исследовалось влияние тепловой обработки цельного молока — при 85 °С в течение 10–40 мин (в ванне), при 98 °С в течение 30–112 с (высокотемпературная пастеризация) и при 140 °С в течение 2–8 с (ультравысокотемпературная обработка) на качество полученного из него йогурта, и пришли к выводу, что:

- вероятность получения сгустка более высокой плотности и вязкости для трех указанных режимов тепловой обработки убывает в ряду: длительная пастеризация в ванне → высокотемпературная пастеризация → УВТ-обработка; в то время как наиболее высокая удерживающая способность отмечена в сгустках,

подвергнутых высокотемпературной пастеризации, наименьшая — в сгустках из молока, пастеризованного в ванне;

- в йогурте, приготовленном из молока, подвергнутого длительной тепловой обработке в ванне, наблюдается синерезис и зернистая структура; УВТ-обработка приводит к получению менее прочной структуры сгустка; процесс высокотемпературной пастеризации (98 °С в течение 1,87 мин) представляется наилучшим и рекомендуется для применения в промышленном производстве; тем не менее в других работах для достижения максимальной активности закваски рекомендуется пастеризация при 85 °С в течение 30 мин.

Вместе с тем в работе [807] предлагается улучшить консистнецию йогурта и снизить синерезис с помощью следующего метода подготовки молока. В первый день — сепарирование цельного молока при 37 °С, обогащение его сухим молоком, нагревание до примерно 50 °С, гомогенизация при 17,2 МПа (первая ступень) и 6,9 МПа (вторая ступень) и охлаждение до 4 °С в течение 14 ч. На второй день — нагревание молока до 138 °С в течение более длительного времени, чем указывается в работах [515, 516], охлаждение до 42 °С и заквашивание; после сквашивания — охлаждение ледяной водой при pH 4,3 и хранение в течение 1 недели при 4 °С. Применение данного метода при производстве йогурта в промышленных масштабах может оказаться не очень удобным, и по литературным данным все-таки наиболее приемлемой считается высокотемпературная пастеризация молока для йогурта [201, 202, 463, 472, 643].

Может также оказаться важным, что при тепловой обработке молочной основы, полученной добавлением в молоко УФ–КБС [447, 449, 454, 455, 628], в микроструктуре мицелл наблюдается наличие значительного числа небольших частиц неправильной формы, прикрепленных к поверхности мицелл (рис. 2.16а) и мелких хлопьев белка, окружающих казеиновые мицеллы (или располагающихся отдельно) (рис. 2.16, б). В работе [382] была подвергнута диализу смесь КБС (СМО 16 г/100 г) в имитированном УФ-молоке, содержащем кальций, и сделали вывод, что на денатурацию белков сыворотки влияют:

- содержание кальция, при уменьшении которого становится больше растворимых агрегатов и меньше осажденных частиц;
- величина pH, при увеличении которого (от 5,8 до 7,0) возрастает денатурация белка, снижается число растворимых агрегатов и увеличивается количество осажденных частиц;
- α-Ла денатурируется менее интенсивно, чем β-Лг при температурах 66 °С и 71 °С;
- добавление СОМ низкого нагрева ограничивает денатурацию белков сыворотки в КСБ.

Исследования с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) [445] также показали, что *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* образуют в белковой матрице йогуртового сгустка так называемые «карманы». Эти карманы некоторыми специалистами рассматриваются как результат сублимационной сушки образцов, но и трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ), и раскалывание при замораживании йогуртов, и послойный анализ при наличии водной фазы под-

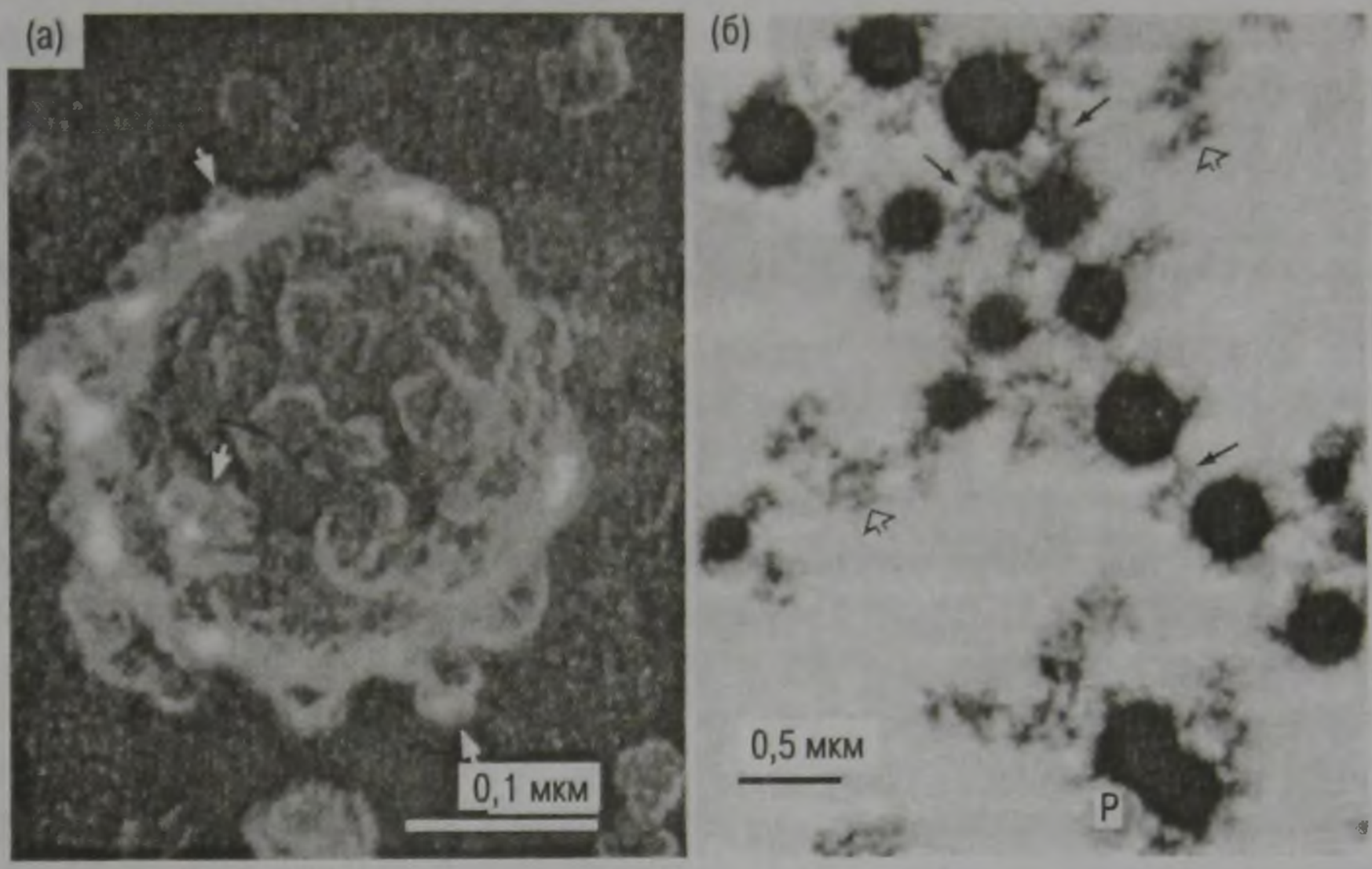


Рис. 2.16. *а*) Казеиновая мицелла в нагретом обезжиренном коровьем молоке, покрытая частицами неправильной формы (на фото обозначены стрелками); *б*) казеиновые мицеллы в молоке, обогащенном УФ-КБС, выглядят как отдельные звенья в цепочке, прикрепленной к хлопьям белка, причем некоторые из них не связаны с мицеллами (на фото они обозначены светлыми стрелками). Иногда некоторые мицеллы прочно «сливаются» воедино (на рис. обозначены как «Р»)

По [454, 628].

твердждают наличие этих карманов. На рис. 2.14 показаны некоторые молочнокислые бактерии в полости поры. Кроме того, на микрофотографиях СЭМ также обнаруживаются нити экзополисахаридов (ЭПС), образованных вязкими штаммами (расами) йогуртовых заквасок (см. также [129, 130]. Дополнительные данные о химическом составе этих нитей приводятся в главе 7.

На размер казеиновых частиц в молоке для йогурта влияет величина СМО в молочной основе, и при увеличении СМО в молоке (см. рис. 2.14) наблюдается уменьшение размера казеиновых частиц; причина этого точно не установлена.

На основе анализа снимков, полученных с помощью ТЭМ [836] для изучения микроструктуры йогурта, было выявлено, что

- агрегаты казеина крупнее в йогурте, полученном из молока, подвергшегося тепловой обработке при высокой температуре, что подтверждает наблюдения [453];
- на размер «пор» в йогуртовом геле, влияют режим тепловой обработки молока и структура казеиновой матрицы;
- ковариационная функция позволяет различить йогурты, изготовленные из молока, подвергшегося одинаковому нагреву в течение 10 и 30 мин.

Отделение сливок в холодном молоке зависит от действия глобулинов, способствующих образованию агрегатов поднимающихся жировых шариков [647]. Поэтому денатурация глобулиновых фракций молока в результате тепловой обработки ведет к уменьшению отстоя сливок [921]. Это может помочь мелким производителям йогурта, линии производства которых не включают гомогенизатор. Кроме того,

известно, что еще до появления коричневатого оттенка при тепловой обработке молоко становится более белым. По [136] причинами этого могут быть:

- хлопьеобразование (флокуляция) белков сыворотки;
- изменения казеиновых агрегатов;
- переход кальция из растворимой формы в коллоидную или нерастворимую форму.

2.10 Процесс ферментирования молока

2.10.1 Введение

При производстве йогурта подвергнутое тепловой обработке молоко охлаждается до температуры внесения закваски (*S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus)* и обычно сквашивается (ферментируется) при 40–45 °С, оптимальной температуре для роста этой смешанной культуры (метод краткой инкубации). В некоторых случаях продолжительность сквашивания может составлять 2,5 ч (при условии, что закваска (в количестве 3%) достаточно активна, и отношение между палочками и кокками хорошо сбалансировано). Однако может быть использовано и более продолжительное сквашивание при 30 °С около 16–18 ч или до достижения желаемой кислотности (например, до следующего дня) [396]. В работе [611] описывается получение *забади*, египетского эквивалента йогурта, с минимальным синерезисом, однородным плотным сгустком и приятным вкусом при 30 или 35 °С. В [164] йогурт получали с помощью различных штаммов термофильных заквасок (образующих и не образующих ЭПС), сквашивая молоко при 35 °С и 43 °С. Был сделан вывод, что температура сквашивания значительно влияет только на консистенцию, а в целом йогурт, полученный при 38 °С, оценивается несколько выше.

Когда охлажденное молоко перекачивается в резервуар для сквашивания, закваска обычно дозируется непосредственно в молоко, или, если используется многоцелевой резервуар, закваска добавляется вручную, либо (при большом объеме резервуара) необходимое количество закваски подается в него насосом. Как будет показано ниже, при производстве густого йогурта (термостатный способ) собственно ферментация может происходить в потребительской таре, а при производстве перемешаного йогурта (резервуарный способ) молоко сквашивается в резервуаре. Независимо от вида производимого йогурта биохимические реакции, отвечающие за формирование геля/сгустка, идентичны. Проблемы ферментационных процессов подробнее рассматриваются в главе 7. Основное отличие густого и перемешаного йогурта — это реологические свойства сгустка, поскольку в густом йогурте молоко в процессе сквашивания не перемешивается, и получаемый гель представляет собой сплошную твердообразную массу, а перемешаный йогурт получается в результате разрушения структуры геля в конце сквашивания, перед охлаждением и дальнейшей обработкой (см. также главу 5).

2.10.2 Микроорганизмы закваски

В промышленном процессе производства йогурта используются закваски с определенным набором молочнокислых бактерий, например *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, но для производства других аналогичных продуктов могут потребоваться закваски другого состава. Например, *болгарская пахта* производится с использованием только *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, *дахи* в Индии производится с помощью смешанной закваски, содержащей *S. thermophilus*, *Lactococcus lactis* вида *diacetylactis* и *Lactococcus lactis* подвида *cremoris* [863].

Био-йогурты производятся с помощью различных заквасок, содержащих йогуртовые организмы (отдельно или в смеси) и/или виды *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *Enterococcus*; более подробные данные приводятся в главе 5 и в работе [863].

Выбор комбинаций заквасок, используемых при производстве йогурта и родственных ферментированных молочных продуктов, осуществляется исходя из получения желаемых вкусовых характеристик продукта, накопления лактатов, ароматических соединений (ацетальдегида, ацетоина и диацетила) и ЭПС, а также стремления обеспечить потребителя широким выбором лечебных продуктов. Органолептические свойства продукта очень важны, и тщательный отбор различных штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* может обеспечить получение самых разных сочетаний интенсивности оттенков вкуса и образования ЭПС:

Выраженность вкуса	*Образование ЭПС*
Сильная	Слабое
Средняя	Среднее
Слабая	Сильное

Хотя чаще штаммы, дающие слабый (невыраженный) вкус, образуют более высокое количество ЭПС; органолептически продукт может восприниматься одинаково, поскольку присутствие ЭПС в йогурте может маскировать его вкус; такие продукты также будут давать различные ощущения во рту [918]. Структурные и органолептические характеристики сгустков, полученных на основе некоторых штаммов заквасок, поступающих на рынок в промышленных масштабах, изучались в работах [586, 766–768, 771, 772, 774]. Было выявлено следующее:

- по каждому органолептическому показателю (кроме прочности сгустка) между йогуртами имеются значительные различия;
- наиболее весомыми факторами являются тягучесть (как отрицательная характеристика) и вкус (как положительная характеристика);
- кажущаяся вязкость перемешанного йогурта увеличивается при использовании культур, образующих ЭПС, но корреляции между вязкостью и количеством ЭПС не наблюдалось; кроме того, проницаемость глюкон-δ-лактоновых гелей (ГДЛ), а также гелей, содержащих и не содержащих ЭПС, измеренная с помощью стеклянных трубок [586] значительно отличались, причем самый низкий показатель был у ЭПС-геля; таким образом, проницаемость и кажущаяся вязкость перемешанных гелей связаны обратной зависимостью;
- связь между напряжением сдвига и временем релаксации более явно проявляется в вязкоупругих свойствах продуктов, изготовленных с ЭПС-культурами.

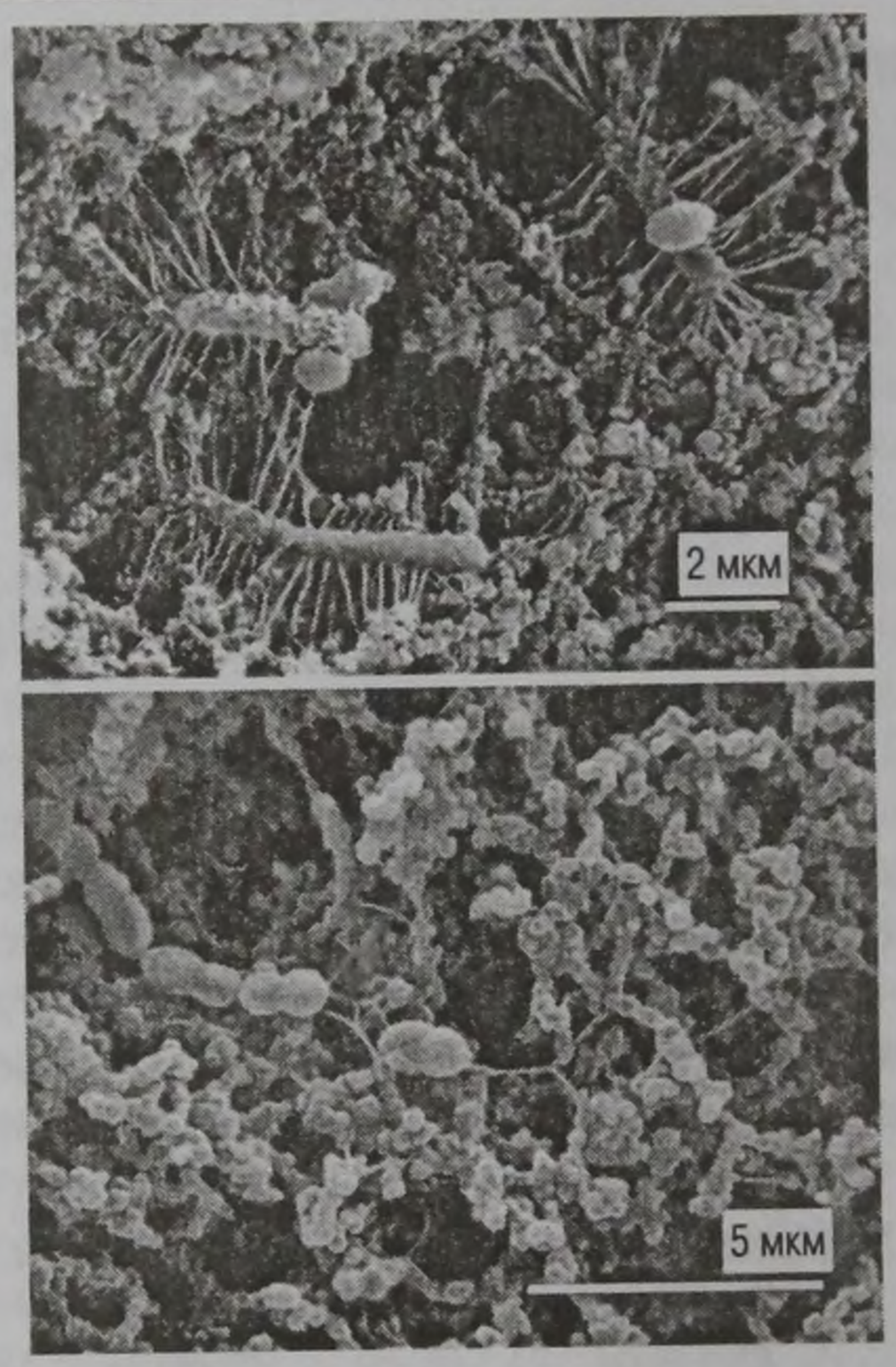


Рис. 2.17. Микроструктура йогурта, изготовленного с ЭПС-штаммом *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*

На второй аспект можно влиять добавлением к белковой матрице вязкой бактериальной массы, снижающей прочность йогуртового геля. На рис. 2.17 представлены примеры микроструктуры йогурта, изготовленного с применением заквасок, образующих ЭПС. Получение подобных микроструктур для *виили* – финского ферментированного молока, изготовленного с применением вязкого штамма вида *Lactococcus*, описано в [878].

Отмечено, что йогурт, полученный с применением ЭПС–культур, имеет пониженную склонность к синерезису и большую вязкость (по сравнению с йогуртом, полученным с применением не образующих ЭПС штаммов), однако при ферментировании молока при 32 °С наблюдается избыточное образование ЭПС. Такие физические свойства ЭПС-йогурта объясняются наличием нитевидных связей между бактериальными клетками и казеиновой матрицей, но эти связи разрушаются, когда йогурт подвергается сдвиговым воздействиям при градиенте скорости 220 /с$^{-1}$ [834, 835, 867]. В работах [355, 356] для наблюдения структуры йогурта в естественном состоянии была применена конфокальная сканирующая лазерная микроскопия, позволившая обнаружить, что:

(а) вокруг клеток видна оболочка из ЭПС, выделяемых *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus;*

(б) диаметр оболочки зависит от вида бактерий;

GLOBAR

Группа компаний "Глобар" является одним из крупнейших поставщиков ингредиентов для пищевой промышленности.

Для молочной промышленности ООО "Глобар" предлагает следующие ингредиенты:

Стабилизирующие системы "HYDROSOL" Германия для производства:

- Йогуртов
- Сметаны
- Кисломолочных напитков
- Творога, мягких сыров, спредов
- Смешанных молочных напитков, шейков
- Взбитых кисломолочных десертов
- Пудингов, муссов, сливочных топпингов
- Мороженого
- Компаунд для производства имитационного сыра

Консерванты
Пищевые кислоты

Ароматизаторы:

- Фруктово-ягодные
- Гастрономические

***Гибкая система скидок.**
***Рекомендации по применению предлагаемой продукции.**
***Консультации и выезд технологов на предприятия.**

• Гидрозоль ГмбХ •
Корнкамп 40
22926 Аренсбург
т.: +49(0)4102/23-93-03
Ф.: +49(0)4102/23-93-30
E-mail: info@hydrosol.de
www.hydrosol.de

• Глобар •
г. Санкт-Петербург
т/ф.: (812) 327-98-87
E-mail: globar@globar.ru
www.globar.ru

г. Москва
т.: (095) 382-99-38

г. Екатеринбург
т.: (3432) 35-19-82

г. Новосибирск
т.: (3832) 55-32-35

Keep Yourself 7 in ECO

Натуральные пищевые красители
Комплексные стабилизаторы
Натуральные экстракты
Колер карамельный
Эфирные масла
Ароматизаторы

ЕВРО РЕСУРС
Россия, Санкт-Петербург
ул. Лифляндская, 3
Тел. +7 (812) 320-0311
Факс +7 (812) 320-0316
er@euro-resource.spb.ru
http://www.eco-resource.ru

Ресурс Ко

J.Elan Технология Вкуса

ПИЩЕВЫЕ ВКУСОАРОМАТИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ
ДЖЕЙ ЭЛАН

Ароматизаторы для молочной промышленности

фруктовые
ягодные
ванильные
сливочные
молочные

107497, Москва,
ул. Амурская, д. 3, стр. 20
Тел./факс: (095)789-37-73
E-mail: sales@j-elan.ru
www.j-elan.ru

Представительство в
Казахстане: ТОО «ВАД»
480061, Алматы, ул. Толе Би, 299А,
Тел. +7(3272)239-385, 239-127

(в) гелеобразование в молоке, вызываемое агрегацией казеиновых мицелл, и прекращение движения бактериальных клеток начинается при pH 5,35; при дальнейшем падении pH ЭПС-микроорганизмы вызывают формирование в геле неотражающих зон (возможно, из-за сжатия казеиновой матрицы); консистенция и реологические свойства йогурта, изготовленного с помощью этих культур, описаны в работах [357, 358].

Уместно отметить, что для изучения ЭПС-йогурта можно использовать очень простые методы — например, наблюдение за синерезисом йогурта на нагретом наклонном черном стекле [860] и измерение длины ЭПС-«нити», образующейся на конце акриловой палочки при ее вынимании из йогурта [925].

К нововведениям в технологии получения йогурта можно отнести интерактивную ферментацию молока с помощью мембранного диализного ферментера. Этот ферментер был разработан в Нидерландах [488] для получения йогурта с однородной структурой, небольшой кислотностью и незначительным нарастанием кислотности при хранении. Те же исследователи использовали эту технологию в изготовлении пахты [489]. Другой способ ограничения накопления кислоты и горечи в йогурте при хранении описан в работе [487]:

- обработанное молоко охлаждается до температуры заквашивания и ферментируется *Lactobacillus*, затем проводится тепловая обработка для инактивации закваски;
- частично ферментированное молоко охлаждается и заквашивается стрептококковой закваской; может быть также добавлено сладкое или неферментированное молоко.

В Египте заквашивали молоко при 60 или 70 °C в течение 5 мин (до охлаждения до 45 °C) [234]; этот метод ферментации увеличивает срок хранения продукта.

2.10.3 Образование геля

Образование геля при изготовлении некоторых молочных продуктов обусловлено в основном дестабилизацией казеинового комплекса. Эти гели необратимы и делятся на следующие группы:

- ферментные гели, образующиеся в результате действия коагулянта, дестабилизирующего к-казеин и вызывающего агрегацию казеина в присутствии ионов кальция;
- гели, полученные в результате нагревания и возникающие как нежелательное явление, если гелеобразование имеет место в УВТ-молоке или молоке, подвергнутом выпариванию при недостаточно стабилизированной белковой фракции;
- кислотные гели, полученные при кислотной коагуляции молока, например, йогурт;
- гели, образующиеся под действием соли или нагрева (обычно при изготовлении мягкого итальянского сыра «рикотта»).

Хотя изготовление йогурта не включает добавление протеолитического коагулирующего фермента, определенную роль могут играть протеиназы йогуртовых заква-

сок. Поэтому следует иметь в виду, что йогурт может быть гелем, образованным не только под действием кислоты, и что в образовании денатурированной белковой матрицы могут участвовать протеиназы. Все это может иметь отношение к свойствам гелевой структуры йогурта [863].

Основные различия между молочными гелями, полученными под действием кислоты или фермента, описаны в работах [914, 922], в частности:

- прочность кислотного геля не меняется в течение первых суток после гелеобразования, в ферментном геле в течение того же периода она увеличивается;
- молочный гель, образованный ферментами-коагулянтами, более прочен, чем кислотный гель; кислотный же гель имеет менее прочную структуру и легко разрушается.

Органолептические показатели ферментированного молока, важные для каждого потребителя, описаны в работе [645], например:

запах: его интенсивность, кислый, фруктовый, масляный, дрожжевой, сливочный, сладкий, другой;

вкус: его интенсивность, кислый, фруктовый, масляный, прогорклый, сливочный, соленый, горький, лимонный, сладкий, химический, другой;

послевкусие: его интенсивность, горький, кислый, другой;

консистенция: плотность, сметанообразность, вязкость, клейкость (слизистость), творожистый характер, застывание на небе, меловой, отделение сыворотки/плазмы

Микроструктура йогурта изучена хорошо, но данных о механизмах образования кислотных гелей в молоке с помощью *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при 35–45 °C опубликовано недостаточно. Казеиновые мицеллы состоят из различных белковых фракций (см. раздел 2.9.3) и связаны друг с другом мостиками фосфата кальция. При ферментации молока содержание в плазме мицеллярной или коллоидной форм Ca^{2+} (в меньшей степени — магния и цитрата) увеличивается с уменьшением pH вследствие растворения мицеллярного фосфата кальция [545, 714]. Изменение физической природы казеиновых мицелл играет важную роль в молочных гелях, образованных под действием кислоты.

Механизмы диссоциации и агрегации казеиновых мицелл в таких гелях рассмотрены в работе [863], где делается вывод, что «прямое подкисление молока с помощью HCl или глюконо-δ-лактона (ГДЛ) и добавление веществ, хелатирующих кальций, — это различные методы образования молочного геля без метаболического влияния заквасок» [83, 84, 124, 126, 127, 386, 388, 391, 759, 760, 913].

Исследования дезагрегации казеиновых мицелл и их агрегации при кислотном гелеобразовании в молоке показывают, что механизмы этих процессов зависят от pH, концентрации ионов и температуры [63–65, 386, 831, 868, 869]. В основном β-казеин отделяется от казеиновых мицелл при низких pH [388]; об отделении других казеиновых фракций (κ-, α_{s1}-, α_{s2}-) от мицелл сообщается в работах [759, 760, 924]. Везде наблюдалась также зависимость количества и соотношения диссоциированных казеинов в плазме от pH и температуры. При pH 5,6 все основные казеины склонны к диссоциации, при этом на внешних слоях субмицелл она происходит в большей степени, чем на внутренних [388]. Растворение мицеллярного фосфата кальция про-

исходит при pH ⩽ 5,3; при этом имеется линейная связь между Ca^{2+} + Mg^{2+} и неорганическим фосфатом (P_i) + цитратом. Связывание ионов кальция и магния с казеином, по-видимому, не зависит от pH в диапазоне 5,6–6,7. Связывание кальция может затрагивать карбоксильные группы, однако уменьшение pH влияет также на пространственные свойства (из-за электростатических взаимодействий между положительно и отрицательно заряженными группами) (см. [388]). В работе [196] описана сходная картина растворения минеральных веществ, обусловленная сочетанием pH и температуры, но универсального объяснения для описания диссоциации ионов соли и казеина из мицелл не найдено. Снижение pH уменьшает силы отталкивания и делает возможными гидрофобные взаимодействия, вызывающие коагуляцию казеиновых мицелл. Тем не менее предварительное нагревание обезжиренного молока до 90 °C с последующим подкислением при 30 °C с помощью ГДЛ смещает pH коагуляции выше 5,5 и сокращает продолжительность коагуляции [168, 169, 391].

Нагревание растворов казеина, приготовленных восстановлением СОМ или казеината натрия, в состоянии покоя и свертывание при 0–2°C приводит к получению устойчивой суспензии частиц казеина [761, 762]. Гелебразование происходит при температуре выше 10 °C, а снижение температуры до 4 °C после образования геля имеет следствием следующие эффекты:

- казеиновые частицы образуют сложную необратимую структуру;
- формирование кислотного геля зависит от энергии активации Гиббса, которая уменьшается при увеличении температуры;
- если гель был прочным при *t* выше 10 °C, то по меньшей мере в течение недели наблюдалась линейная зависимость деформационных модулей G' и G'' от логарифма времени;
- гелевая система состоит из крупных и мелких скоплений агрегатов казеиновых частиц в виде нитей и узлов со свободными пространствами 1–10 мкм; это предполагает, что нити и узлы состоят из концентрированного белка (около 25%) с модулем около $10^5 N^{-1}$ [761, 762]; подобное описание геля имеющихся на рынке фракций β-Лг и α-Ла опубликовано в работе [775].

Диссоциация казеиновых мицелл в молоке может вызываться и по-другому — например, растворами солей ($CaCl_2$, $MgCl_2$ или NaCl) или хелатирующими кальций веществами — такими, как ЭДТА, гексаметафосфат, оксалат, цитрат или ортофосфат [66, 127, 298, 299, 386, 436, 776]. Диализ с буферами без фосфатов и с фосфатом кальция уменьшает содержание коллоидного фосфата кальция и P_i (в зависимости от типа используемого буфера) до диссоциации казеина. В работе [386] сообщается, что диссоциация происходит в результате разрыва связей между казеином и неорганическими компонентами. Однако диссоциация казеиновых мицелл в модельном молочном ультрафильтрате, подвергнутом диализу с имидазольным буфером, зависит от содержания эфира фосфата [66]. Добавление ионов Ca^{2+}, Mg^{2+} и Na^+, ассоциирующихся с фосфатными и карбоксильными группами казеина, увеличивает концентрацию ионов водорода благодаря уменьшению отталкивающих сил гидратации между мицеллами. При этом гидратационные силы притяжения вызывают коагуляцию, поскольку ионы водорода вытесняют связанные ионы Ca^{2+}, Mg^{2+} и Na^+ в мицеллах казеина. Связывание ионов (Cl, NO_3, Br и SCN) с группами лизина, аргинина

и гистидина также уменьшает отталкивающие гидратационные силы между ионами мицелл казеина в коллоиде [127].

К сожалению, в опубликованных результатах исследований о механизмах гелеобразования, обусловленного непосредственным добавлением кислоты к молоку, довольно мало полезной информации. Поскольку молочная основа для производства ферментированных продуктов готовится иначе и подвергается гомогенизации и высокотемпературной обработке, свойства геля, сформировавшегося благодаря ферментации, могут быть иными. В работе [760] был сделан вывод, что поскольку в исследовании использовалось СОМ низкого нагрева, «из-за зависимости результатов от предыстории образцов (таких факторов, как pH и температура), для выявления происходящих изменений требуются более тщательные исследования».

Очевидно, что формирование йогуртового геля является результатом биологических и физических воздействий на молоко — таких как обогащение, гомогенизация и тепловая обработка молочной основы и катаболизм лактозы в молоке микроорганизмами заквасок для удовлетворения их энергетических потребностей, в результате чего образуется молочная кислота и другие соединения. Эти эффекты вызывают образование в молоке геля. В работе [363] сообщается, что при свертывании обезжиренного молока с ГДЛ при 30 °С мицеллы казеина могут при различных pH претерпевать следующие изменения (см. также [650]):

- pH 6,6–5,9 — нет данных об изменении казеиновых мицелл, размер их около 0,1 мкм и они распределены в молоке равномерно;
- pH 5,5–5,2 — происходит частичное разрушение мицелл, и при pH ⩽ 5,2 казеиновые частицы соединяются между собой и образуют структуры с пустыми пространствами между ними; при таком взаимодействии между мицеллами молочный гель должен быть неподвижен;
- pH 5,2–4,8 — происходит сжатие казеиновых агрегатов, и полученные частицы по своим размерам больше, чем естественные мицеллы;
- pH ⩽ 4,5 — происходит перестройка и агрегация казеиновых частиц, ведущие к образованию белковой матрицы, состоящей из мицеллярных цепей и агрегатов.

В работе [689] делается вывод, что образование молочного геля при кислотной коагуляции — многоэтапный процесс, состоящий из первоначальной стадии низкой вязкости (индукционный период), стадии быстрого изменения вязкости (нарастания) и конечной стадии высокой вязкости. Однако те же авторы сообщают, что диссоциация казеиновых мицелл происходит при pH 5,1 и, по-видимому, на нее влияет превращение коллоидного Ca в Ca^{2+}. При pH 4,8 эти казеиновые субмицеллы вновь объединяются и образуют крупные казеиновые агрегаты неопределенной формы и размера.

Разумно предположить, что взаимодействие α-Ла/β-Лг с казеином (связь с помощью –SH и –SS мостиков) частично защищает мицеллы, однако при снижении pH молока начинает происходить их дестабилизация или разрушение. В результате гелевая сетка или белковая матрица, состоящая из мицеллярных цепей и/или агрегатов, захватывает и удерживает внутри себя все остальные составляющие молочной основы, включая водную фазу.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

2.11 Охлаждение

Производство йогурта — процесс биологический, и одним из наиболее популярных методов регулирования метаболической активности микроорганизмов закваски и их ферментов является охлаждение. Охлаждение сгустка начинается непосредственно после достижения продуктом желаемой кислотности, например, pH около 4,6 или 0,9% молочной кислоты — в зависимости от вида производимого йогурта, используемого способа охлаждения и/или эффективности теплопередачи.

Поскольку при температуре около 10 °С микроорганизмы йогурта проявляют ограниченную активность роста, основная цель охлаждения — это как можно быстрее снизить температуру сгустка с 30–45 °С до 10 °С и ниже (лучше всего — около 5 °С) для контроля конечной кислотности продукта. Процесс охлаждения йогурта может состоять из одной или двух стадий.

2.11.1 Одностадийное охлаждение

При таком процессе сгусток охлаждается от температуры инкубации до температуры ниже 10 °С перед добавлением вкусовых веществ и упаковкой. Этот подход основан на предположении, что сгусток при низкой температуре более стабилен, чем при 20 °С, и поэтому он меньше повреждается при последующих стадиях (механическое воздействие при введении фруктов/вкусовых добавок и при заполнении тары для розничной продажи). Фактически сгусток при температуре около 20 °С менее вязок, и, следовательно, продукт может быть перемещен из одной части технологического оборудования в другую с минимальными нарушениями структуры. В связи с этим одностадийное охлаждение в промышленности используется довольно редко.

2.11.2 Двухстадийное охлаждение

При таком подходе в первой стадии охлаждения температуру сгустка снижают от 35–45 °С примерно до 20 °С (перед добавлением вкусовых добавок и розливом). Вторая стадия охлаждения проводится в холодильной камере, где йогурт охлаждается до температуры ниже 10 °С. Таким образом, конечное охлаждение йогурта происходит в таре для розничной продажи, и, поскольку сгусток остается неповрежденным, через 1–2 суток хранения консистенция йогурта улучшается.

Подобный способ охлаждения широко используется в промышленности для получения качественных вязких йогуртов. Влияние скорости охлаждения на физические характеристики перемешанного йогурта оценивались Датским исследовательским институтом молочной промышленности, который дал следующие рекомендации:

- качество перемешанного йогурта значительно улучшается при расфасовке его при 24 °С с последующим конечным охлаждением продукта в потребительской таре;
- для достижения максимального воздействия на качество йогурта вторая стадия охлаждения должна выполняться как можно медленнее в течение 12 ч;
- концентрирование молока (выпариванием с удалением 10% воды) — фактор, в наибольшей степени улучшающий качество йогурта;

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

рекомендуется следующая процедура: а) до начала охлаждения йогурт перемешивается в резервуаре для сквашивания до достижения гомогенности смеси; б) йогурт охлаждается (первичное охлаждение) до 24 °С и расфасовывается; в) расфасованный йогурт охлаждается в холодильной камере с двухступенчатым регулятором температуры (т. е. первые 5–6 ч при температуре воздуха 7–10 °С, а затем — при температуре воздуха 1–2 °С в течение оставшегося времени охлаждения); г) для достижения равномерного охлаждения расфасованного йогурта рекомендуется принудительная циркуляция воздуха в холодильной камере и д) на скорость охлаждения упакованного йогурта могут влиять конструкция тары и материалы, используемые для упаковки.

Похоже, однако, что до сих пор эти рекомендации не очень широко использовались в промышленности. Обычно на крупных производствах расфасованный йогурт подвергают относительно резкому охлаждению в туннельном охладителе до его помещения в холодильную камеру для хранения [139]. В работе [931] описывается многостадийный процесс охлаждения йогурта, включающий следующие основные этапы:

- быстрое охлаждение от 42 °С до 30 °С;
- этап дисгенезиса (вырождения) от 30 °С до 20 °С;
- «немолочный» этап до 14,5 °С;
- этап выдержки при 2–4 °С

Данный метод можно рассматривать как некоторую модификацию системы, описанной в работе [139], однако если не объединить некоторые стадии до фасовки продукта, его трудно адаптировать к промышленным условиям.

Кроме того, следует отметить, что охлаждение йогурта начинается при относительно высоком значении pH, и поэтому скорость охлаждения (медленное или быстрое) определяет конечную кислотность продукта, влияя на структуру молочного геля. Очень быстрое охлаждение может вести к отделению сыворотки — возможно, из-за слишком быстрого сжатия белковой матрицы, которое в свою очередь влияет на гидрофильные свойства [733].

2.12 Добавление фруктов, вкусовых веществ и красителей

Увеличение в большинстве стран годового потребления йогурта на человека (см. табл. 1.2) объясняется как растущей доступностью фруктовых и/или ароматизированных йогуртов, так и большим разнообразием видов йогурта. Так, в Великобритании, например, объем розничных продаж в стоимостном выражении возрос в 3,9 раза (с 103 млн фунтов стерлингов в 1981 г. до 401 млн фунтов стерлингов в 1990 г.), причем 90% продаж составлял фруктовый и ароматизированный йогурт.

В настоящее время существует множество ингредиентов йогурта, изменяющих его вкус (фрукты, натуральные и/или искусственные вкусовые добавки), и в табл. 2.21 представлен ряд возможных фруктовых добавок.

Из этой таблицы видно, что фруктовых вкусов, постоянно пользующихся большим спросом, весьма мало. Остальные внедрены изготовителями, чтобы каким-то образом популяризировать свой продукт. Виды фруктов и другие ингредиенты, использующиеся в производстве йогуртов, представлены ниже.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Таблица 2.21. **Фрукты и фруктовые вкусовые ингредиенты, применяемые в производстве йогурта**

Постоянный спрос	Средний спрос	Слабый спрос
I. Один ингредиент		
Абрикос	Банан	Яблоко
Черешня	Черника	Клюква
Черная смородина	Ежевика	Мелкая черная слива
Мандарин	Крыжовник	Бузина
Персик	Грейпфрут	Виноград
Ананас	Лимон	Гуанабана
Малина	Дыня	Гуава
Клубника	Апельсин	Киви
	Слива	Кокум
	Чернослив	Лайм
	Ревень	Логанова ягода (гибрид малины с ежевикой)
	Крем-брюле	Манго
		Папайя
		Фрукт пассифлоры
		Груша
		Пина Колада
		Айва
		Красная смородина
		Сапота
II. Смесь ингредиентов		
Фруктовый коктейль	Яблоко/Изюм	Вишня/Бузина
Лесные фрукты	Яблоко/Апельсин	Виноград/Инжир
Персик/малина	Вишня/Апельсин	Киви/Крыжовник
Персик/абрикос	Вишня/Ананас	Персик/Плод страстоцвета
Малина/красная смородина	Смешанные цитрусовые	Ананас/Кокос
	Персик/Банан	Малина/Кокос
	Клубника/Ежевика	Клубника/Киви
		Клубника/Кокос
III. Различные вкусы		
Миндальная паста/Орехи с малым содержанием крахмала	Мята	
Гречишный мед	Мирабель/ваниль	
Карамель	Миссисипский пирог «Мад Пай»	
Шампанское	Мокко	
Шоколад	Мюсли	
Хрустящий шоколадный десерт	Мюсли/омега-3 жирные кислоты	
Кокос	Орехи/какао, карамель или нуга	
Кофе	Паприка/сельдерей	
Огурец	Груша/ваниль	
Виноград	Малина/ваниль	
Лесной орех	Помидор	
Мед	Ваниль	
Лимонные меренги	Грецкий орех	
Кленовый сироп	Вино	

Классификация фруктовых и ароматизированных йогуртов относится только к рынку Великобритании (на основе классификации, предложенной Тамимом и Хамильтоном, и работ [132 и др.].

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

2.12.1 Фрукты

Для придания йогурту фруктового вкуса можно использовать свежие фрукты, но из-за сезонности их поступления и изменений качества применение их в промышленности очень ограничено. Более широко используются переработанные фрукты прежде всего потому, что необходимая фруктовая смесь при переработке может быть нормализована в соответствии с требованиями потребителя. Обычно фруктовая смесь для производства йогурта состоит из фруктов, сахара (сиропа и/или искусственных подсластителей), стабилизаторов, вкусовых добавок, красителей и пищевых кислот или регуляторов pH (см. [364, 630]). Добавляемые фруктовые смеси можно разделить на пресервы, консервированные фрукты и другие.

2.12.1.1 Фруктовые пресервы

Фруктовые пресервы изготавливаются для получения конечного продукта с содержанием 70 г/100 г фруктов и 30 г/100 г воды с малым количеством сахарного сиропа. Этот продукт можно назвать чистым или натуральным, поскольку в нем отсутствуют красители или консерванты. Способ переработки позволяет получить продукт с сильным ароматом, но из-за тепловой обработки натуральный цвет любого фрукта теряется. Кроме того, следует добавить, что подобные продукты дороги, и поэтому спрос промышленности на них достаточно ограничен.

2.12.1.2 Консервированные фрукты

Консервированные фрукты подобны пресервам, но могут содержать определенные добавки, например:

- красители, помогающие скрыть потерю натурального цвета фруктов;
- стабилизаторы, помогающие сохранить структуру обработанных фруктов и улучшить вязкость продукта;
- вкусовые добавки, усиливающие привлекательность йогурта для потребителя.

Консервированные фрукты упаковываются в специальные лакированные жестяные банки, пластиковые бочки с вкладышами, ламинированные пластиковые пакеты [636] или резервуары из нержавеющей стали. Содержание сахара поддерживается на уровне 30–35 г/100 г, а pH устанавливается ниже 3. Хотя последний фактор и помогает защитить продукт от порчи, но он может вести к некоторым проблемам с отделением сыворотки. Различные сочетания температуры и длительности тепловой обработки фруктов и микробиологические требования к ним могут быть направлены либо на получение стерильного продукта, либо на выполнение норм, установленных производителем (см. главу 10). Хотя переработка фруктов иногда выполняется крупными молочными компаниями, все-таки большинство производителей йогурта больше полагаются на специализированные компании по переработке фруктов.

2.12.1.3 Замороженные фрукты

Замороженные фрукты хранят до последующего использования примерно при –20 °C. Затем продукт оттаивают, подслащивают и подвергают тепловой обработке. В зависимости от содержания кислоты во фруктах температура этой обработки может быть от 65 °C до 95 °C. Поскольку замораживание может повредить структуру фруктов,

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

следует принять меры для минимизации повреждений: сбор фруктов определенной зрелости, быстрое замораживание и/или добавление стабилизаторов при нагревании. Иногда при обработке добавляют краситель для компенсации потемнения (ферментного или окислительного), которое может происходить при оттаивании и последующем нагревании. Окончательная обработка фруктов может происходить на молочном производстве, в связи с чем этот подход может быть привлекательным для крупных предприятий.

Новым в обработке фруктов является процесс «осмодегидрозамораживания», состоящий из осмотической обработки в растворе сахара, частичной воздушной дегидратации для уменьшения A_w, замораживания и хранения [883]. Фрукты, обработанные этим методом, не требуют консервантов, сохраняют естественный вкус и цвет, имеют приемлемую текстуру [240]. Кроме того, когда такие фрукты или высушенные кусочки фруктов добавляют в йогурт, они поглощают из йогуртового геля часть свободной влаги, способствуя тем самым снижению отделения сыворотки в процессе хранения. Сообщается [283], что органолептические свойства (например, консистенция) йогурта с добавленными «осмодегидрозамороженными» абрикосовыми и персиковыми кубиками с высоким содержанием СВ значительно улучшается, а повышение способности поглощать влагу такими фруктами достигается в присутствии в сиропе сорбита [240].

2.12.1.4 Различные фруктовые продукты

В данную группу входят:

- фруктовое пюре, гомогенизированное для превращения конечного продукта в пасту; форма фруктов при этом полностью теряется; волокна могут быть удалены;
- фруктовый сироп – чистый продукт без твердых веществ с подсластителем, используемый при производстве ароматизированного густого или питьевого йогурта; при производстве густого йогурта сироп добавляется к заквашенному молоку до расфасовки и сквашивания; при производстве питьевого йогурта сироп может быть добавлен в охлажденный натуральный йогурт;
- джем, используемый в производстве лишь некоторых видов густого йогурта или при отсутствии других видов переработанных фруктов; не рекомендуется добавлять джем в перемешанный йогурт, поскольку высокая вязкость джема может затруднить его надлежащее смешивание с натуральным йогуртом; излишне длительное перемешивание может привести к отделению сыворотки или уменьшению вязкости йогурта; при использовании джема для густого йогурта необходимо установить в расфасовочную машину дозирующее устройство для ввода требуемого количества джема в упаковку до заполнения ее заквашенным молоком.

Джемы с низким содержанием сахара могут быть изготовлены с помощью смеси искусственных подсластителей, однако ксилитол и сорбит ухудшают текстуру, а использование мальтодекстрина как наполнителя может ухудшить внешний вид и вкус продукта (см., например, [404]). В работе [405] сообщается, что

- джемы с сорбитом и ксилитолом обладают хорошим качеством и подобны джему на основе сахарозы;

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

- при хранении джемов с фруктозой наблюдается ухудшение цвета, вкуса и снижение потребительских оценок, но в присутствии ксилитола эти недостатки практически отсутствуют;
- при хранении джемов с ксилитолом-мальтодекстрином наблюдается кристаллизация и ухудшение качества.

Фрукты без тары (свежие, сульфитированные или замороженные) очищают от посторонних веществ (растительных материалов, насекомых, камней, металлических включений и веток), а заплесневелые, поврежденные или незрелые фрукты перед переработкой удаляются. Перед приемом фруктов на переработку необходимо оценить наличие остатков пестицидов, общие микробиологические характеристики и присутствие нежелательных включений. Например, в работе [557] сообщается, что было исследовано 252 образца фруктов для производства йогурта на наличие фрагментов насекомых, и было обнаружено, что они присутствовали в 15% крупных фруктов и в 58% ягод.

Термообработка фруктов выполняется либо при 85 °С в течение 10 мин при периодическом технологическом процессе, либо при 100 °С (мгновенно) — при непрерывном. Резервуар для периодической обработки должен быть сконструирован так, чтобы максимально снизить возможные повреждения фруктов. Для непрерывной обработки используются теплообменники с очищаемой поверхностью. Некоторые нововведения в переработке фруктов включают электрический нагрев, действие высокого давления или микроволновое нагревание [524] и облучение [482], но применение указанных методов в настоящее время ограничено. Горячая расфасовка обработанных фруктов в стерильную тару может продлить срок хранения продукта без добавления консервантов (см., например, 54, 225, 235, 484]; аналогично при расфасовке и упаковке действует продувка азотом [53].

Для переработки фруктов рекомендуются следующие приемы:

- стабилизация продукта с помощью яблочного пектина [927], смеси низкометоксилированного пектина и ксантана [547], гидроксипропилированных крахмалов [923], амидированного пектина, нормализованного солью Ca^2 и муки плодов рожкового дерева (необязательно) (см. [498–500];
- обработка зерен (хлопьев) и/или мюсли эмульсией «вода-в-масле» перед смешиванием с йогуртом (что позволяет сохранить «хрустящую» текстуру) (см. [462];
- вымачивание ломтиков персика в растворе хлорида кальция (0,3 г/100 г) перед термообработкой, что сохраняет плотность тканей (см. [476]);
- добавление в йогурт нарубленного изюма в количестве 10 г/100 г, что было высоко оценено в Чили (причем добавляется не любой, а определенный сорт изюма) [660].

2.12.2 Вкусовые добавки

Термообработка фруктов может привести к уменьшению интенсивности вкуса, и поэтому для компенсации этих потерь обычно используют вкусовые добавки (см, на-

BÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

пример, [185, 254, 359, 378, 397, 423, 665, 928]). Вкусовые добавки в зависимости от их источника можно разделить на три категории:

- природные вкусовые добавки (растительного происхождения);
- вкусовые вещества, идентичные натуральным (растительного происхождения);
- искусственные (синтетические) вещества (химического происхождения).

Хотя приведенная выше классификация довольно проста, полный перечень возможных веществ содержит тысячи наименований. Синтетические вкусовые добавки иногда используют, поскольку они дают вкус, подобный вкусу натуральных веществ (см. табл. 2.22), однако в разных странах перечни разрешенных веществ различны. В Великобритании, например, в [823] содержится перечень вкусовых веществ, разрешенных к применению в пищевых продуктах, однако согласно документам ФАО/ВОЗ (1990) наличия перечней искусственных вкусовых веществ, разрешенных к применению во фруктах, ароматизированных йогуртах и родственных им продуктах, не требуется.

Для ароматизации йогурта используются различные виды продуктов, включая алкогольные напитки, например:

- сладкие продукты (мед, кленовый сироп, крем-брюле);
- орехи (кокос, лесной орех, бразильский орех, грецкий орех);
- злаки (мюсли);
- овощи (огурцы, помидоры, сельдерей);
- прочие продукты (кофейные зерна, специи, паприка, ваниль).

Вкус – важный аспект качества пищи, который характеризуется определенными химическими веществами, присутствующими в продукте и появляющимися при его обработке – при взаимодействии химических компонентов и/или действии заквасок и их ферментов. Действие ферментов рассматривается в главе 7. Дополнительную информацию о вкусе можно найти в работах [14, 71, 94, 103, 360].

В качестве вкусовых добавок для йогурта были предложены некоторые специфические вещества, например:

- для модификации или усиления вкуса ягод – отдушки и/или вкусовые составы, содержащие замещенные ароматические углеводороды – тетралин или индан; рекомендуемая доза добавки составляет 0,1–2,0 мкг/г ароматизированного йогурта [302];
- в качестве усилителя вкуса в йогурте – гумулон, получаемый из хмеля (около 10 мкг/г); усиливая вкус, это вещество слегка снижает сладость фруктов [492];
- для формирования в йогуртах необычных вкусов – такие растительные источники, как герань, бузина, яблоневый цвет и шиповник [941].

2.12.3 Красители

Чтобы сделать фрукты и ароматизированные йогурты более привлекательными, в них вводят красящие вещества (см. [691, 890]). Эти вещества могут быть натуральными, идентичными натуральным, карамельными или искусственными. Перечни красителей, допускаемых к использованию в качестве добавок к пищевым продук-

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 2.22. **Некоторые популярные виды йогурта с указанием добавок (идентичных натуральным и синтетических), усиливающих вкус фруктовой основы[а]**

Вкус	Вещества, присутствующие в природе		Основные синтетические вещества
	Характерное действующее вещество[б]	Основные вещества, усиливающие вкус	
Абрикос		γ-Декалактон γ-Окталактон Линалоол 3-метилмасляная кислота β-ионон	γ-Ундекалактон
Банан	3-метилбутил ацетат	Пентил ацетат Пентил пропионат Евгенол	
Черника		Этил 2- и 3- метилбутират Этил 3-гидроксил-3- метил-бутират *транс*-2-гексенал	
Черная смородина		Метил бутират Этил бутират 1,8 Цинеол Диацетил	*транс*- и *цис-р*-Метан-8-тиол-3-один
Виноград, виноград Конкорд	Метил антранилат		
Грейпфрут	Нуткатон 1-*р*-ментен-8-тиол	Лимонен Деканал Метил бутират Этил бутират Этил ацетат Ацетальдегид	
Лимон Апельсин	Цитрал	Этил бутират Этил 2-метил бутират Линалоол Октанал (+)-Лимонен Ацетальдегид β-синенсал	15 веществ
Дыня («зимняя») Дыня-канталупа (дыня мускусная)	*цис*-6-ноненил ацетат *цис*-6-ноненил ацетат	Этил 2-метил бутират 2-метилбутил ацетат Диметил дисульфид	
Персик	γ-декалактон	γ-окталактон δ-декалактон γ-додекалактон Линалоол	γ-ундекалактон
Груша	Метил и этил *транс*-2, *цис*-4-декадиеноат		
Ананас		Фуранеол Метил гексаноат Метил 2-метил бутират Метил и этил 3-(Метилтио)-пропионат	Аллил гексаноат

ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 2.22 (окончание)

Вкус	Вещества, присутствующие в природе		Основные синтетические вещества
	Характерное действующее вещество[б]	Основные вещества, усиливающие вкус	
Слива		Этил нонаноат γ-декалактон Бензальдегид Линалоол Метил циннамат	
Малина	1-*p*-гидроксифенил-3-бутанон	*цис*-3-гексенол Дамасценон α- и β-ионон	
Клубника		Мезифуран Фуранеол Метил и этил гексаноат Метил и этил бутират	Этил 3-метил-3-фенилглицидат
Мандарин		*транс*-2-гексенал Метил N-метилантранилат Тимол α-синенсал Ацетальдегид	

[а] Концентрация — важная переменная. Компании, поставляющие вкусовые вещества, могут обеспечить в базовом варианте содержание разрешенных к применению веществ в нужных соотношениях. Перечень вкусовых добавок, используемых в странах мира, различен и обычно фиксируется юридически.
[б] Характерное действующее вещество — это вещество, запах которого без добавок характерен для определенного вида пищи.
По [138, 564, 664, 939].

Таблица 2.23. **Допустимый уровень веществ, окрашивающих пищевые продукты (эффект окрашивания возникает исключительно от внесения вкусовых добавок)**

Название	Максимальный уровень, мг/кг
Индиготин	6
Черный блестящий PN	12
Желтый «солнечный закат» FCF	12
Тартразин	18
Кошениль	20
Карминовая кислота	20
Эритрозин	27
Красный 2G	30
Пунцовый	48
Сахарный колер (карамель)[а]	150
Синий блестящий FCF	200

[а] Полученный по аммиачной или аммиачно-сульфитной технологии.
Данные FAO/WHO (1990).

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

там, в разных странах различен. Некоторые рекомендации о том, какие красящие вещества и в каких концентрациях могут быть разрешены в йогурте, даны в документе [243] — исходя из того, что эти вещества полностью поступают из фруктов или вкусовых ингредиентов (см. табл. 2.23). Перечень натуральных красителей, которые могут быть использованы в пищевых продуктах, включая E-XXX (где XXX — некоторое число), приведены в работе [55], а в [377] дан перечень кошерных пищевых цветовых ингредиентов.

В Южной Африке исследовали использование при изготовлении йогурта 14 допустимых пищевых красителей в концентрации 75% от допустимого уровня (см. [910]), и было установлено, что нагревание и сквашивание снижают интенсивность цвета.

В работе [675] сообщается, что при увеличении содержания жира в молочной основе яркость цвета уменьшается, а оттенок цвета и его насыщенность меняется слабо. Для усиления природных цветов фруктовых пюре для йогурта используют также флавоноиды сандалового дерева (*Pterocarpus santalinus*) и розели (*Hibiscus sabdariffa*) [514].

2.13 Упаковка

2.13.1 Введение

Важнейшая стадия в производстве йогурта — это расфасовка и упаковка. В работе [678] цель упаковки пищевых продуктов определяется следующим образом: «Упаковка — это средство обеспечения надежной доставки продукта конечному пользователю при минимальных затратах».

Характеристики любого пищевого упаковочного материала должны включать следующую информацию:

- токсичность материалов;
- уровни загрязнения;
- влагостойкость и/или проницаемость для водяных паров;
- газопроницаемость для N_2, CO_2 и O_2 (первые два газа важны для упаковки в специальной атмосфере);
- проницаемость для летучих вкусовых и ароматических веществ и/или химических соединений окружающей среды;
- прозрачность для видимого света или ультрафиолета;
- проницаемость для загрязнений и/или микроорганизмов;
- переход молекул из упаковочного материала в продукт.

Очевидно, что большая часть, если не все из вышеупомянутых характеристик упаковочных материалов важны и для упаковки йогурта. Собственно упаковочных материалов на рынке присутствует довольно много (они будут подробнее рассмотрены в следующих разделах, см. также [128, 316, 427, 592, 679, 680, 702, 784, 840, 853]). Периодически Международная молочная федерация (ММФ, IDF) публикует моно-

графии с новыми техническими данными по упаковке молока и молочных продуктов; данные по специфическим вопросам, касающимся ферментированного молока, приводятся в работах [256–258, 669–671].

2.13.2 Функции упаковки

Чтобы йогурт попал к потребителю в целости и сохранности, важно правильно выбрать упаковочный материал и спроектировать потребительскую упаковку так, чтобы она отвечала предъявляемым требованиям, обеспечивала сохранность продукта, была удобной, служила носителем информации и т. д.

2.13.2.1 Обеспечение сохранности продукта

Йогурт — легко портящийся продукт, и упаковка должна защищать его от действия таких факторов окружающей среды, как:

- загрязнения или другие инородные тела;
- микроорганизмы (бактерии, дрожжи и плесени), которые могут снизить способность йогурта к хранению;
- газы (например, кислород), способствующие росту дрожжей и плесеней, а следовательно, порче продукта;
- свет, вызывающий изменение цвета фруктов (ароматизированных йогуртов) или окисление жира.

Защита продукта должна препятствовать хищениям, утечке и потерям (например, от испарения). Последний аспект очень важен, поскольку потеря влаги может не только изменить химический состав продукта, но и вести к отклонениям от объявленного веса упаковки и возникновению проблем с контролирующими организациями. Кроме того, упаковка должна препятствовать потере летучих вкусовых веществ и поглощению продуктом нежелательных посторонних запахов. В работах [113–118] была произведена оценка влияния факторов окружающей среды (света и температуры) на качество йогурта, упакованного в различную тару (например, в стеклянные банки — цветные и бесцветные и полистироловые стаканы — прозрачные (цветные или бесцветные) и непрозрачные (полностью покрытые соответствующим материалом). Были сделаны следующие заключения:

- защитный эффект зависит от типа используемого упаковочного материала; защита от света важнее для качества продукта, чем защита от кислорода, хотя эти факторы могут иметь синергический эффект (когда совместный эффект двух факторов больше суммы эффектов отдельных факторов); скорость проникновения O_2 должна быть очень низкой для йогурта длительного хранения или пастеризованного йогурта;
- наименьшая защита обеспечивается прозрачными бесцветными стеклянными банками и стаканчиками из полистирола; последние имеют также высокую газопроницаемость;
- эффективность защиты продукта алюминиевым покрытием из фольги или полистироловой крышкой зависит от условий хранения тары (на боку, вертикально дном вниз или вверх); к наименьшей порче продукта ведут следующие

защитные меры: в отсутствие асептических условий при производстве и расфасовке хранение упакованного в тару продукта при 8 °С не должно превышать 16–18 дней; к снижению порчи ведет также использование флюоресцентного облучения (например, с помощью аппарата *Philips TL82*);

- данные о степени порчи продукта на свету могут отличаться друг от друга в зависимости от чувствительности тех или иных аналитических методов.

2.13.2.2 Удобство обращения

Йогурт и родственные ему продукты обычно являются вязкими жидкостями. Тара для розничной продажи должна обеспечивать удобство обращения с продуктом на производстве, при хранении и транспортировке, а также в магазинах и супермаркетах.

2.13.2.3 Носитель информации

Текст и графика на внешней стороне упаковки служат для указания торговой марки и/или передачи сведений, цель которых — убедить потенциального покупателя приобрести продукт. Рекомендуется, чтобы надписи на упаковке пищевых продуктов содержали следующую информацию:

- наименование продукта;
- наименование и адрес производителя;
- примерный химический состав, данные о питательных свойствах продукта, ингредиенты (перечисляемые в порядке убывания их веса);
- срок годности (лучше использовать формулировку «годен до»);
- возможные рецепты или указания по употреблению.

2.13.2.4 Другие функции

Обычно упаковочный материал, находящийся в непосредственном контакте с продуктом, должен быть нетоксичным; между материалом и продуктом не должны протекать никакие химические реакции (см. [188, 429], а также раздел 2.13.1), поэтому в молочной промышленности широко используют пластические материалы. Так, для крышек (вследствие кислотной природы йогурта), в основном используется алюминиевая фольга, если только более приемлемыми не оказываются плотно надеваемые пластмассовые крышки.

2.13.3.1 Жесткая порционная тара

В некоторых странах (например, во Франции, Восточной Европе и в некоторых странах Среднего Востока) для упаковки йогурта используются стеклянные бутылки, и хотя стекло — превосходный упаковочный материал, его применение ограничено высокой стоимостью производства и тенденцией современного рынка к использованию преимущественно одноразовой упаковки. Тем не менее стеклянная бутылка долгое время была очень популярна, и даже в настоящее время стеклянные бутылки с широким горлышком — наиболее привлекательная форма упаковки ароматизированных йогуртов. Закрываются такие бутылки металлическими крышками с ушком

для открывания или винтовыми крышками. В продаже имеются системы укупорки стеклянных бутылок герметизирующими ламинатами из алюминиевой фольги (с помощью нагревания).

На использование стеклянных бутылок оказывает воздействие сложившаяся в той или иной стране система переработки и возврата пустой тары. Усиливающееся движение за охрану окружающей среды и повышение культуры потребителя в этом направлении увеличит использование для упаковки йогурта возвратной стеклянной тары.

Керамические сосуды изготавливаются из глины, и их части, соприкасающиеся с йогуртом, обычно покрываются глазурью. Такие сосуды являются возвратными и используются они на Среднем Востоке и в Индии для расфасовки густого йогурта и дахи. При сквашивании керамические горшочки остаются непокрытыми — так, что на поверхности образуется плотный поверхностный слой. Перед охлаждением горшки закрывают пергаментом, который плотно фиксируется резиновой лентой. Такая тара используется относительно мало из-за трудностей соблюдения гигиенических норм и высокой стоимости производства. Так, в работе [832] сообщается относительно микрофлоры в используемых для дахи керамических горшочках, что обычно в них содержится большое количество бактерий, различных видов *Staphylococcus*, дрожжей и плесеней. Улучшить микробиологическое качество этих горшочков можно погружением их в кипящую воду не менее чем на 2 мин, или в воду, содержащую 250–500 мкг/г хлора. Глина, используемая для производства керамики, может содержать 30–100 мкг/г свинца. Поэтому содержание свинца в дахи густого типа, изготовленном в таких горшочках, составляет 1,743 мкг/г. Такое содержание свинца ниже допустимого уровня (7 мкг/л), предложенного Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), но представляет собой еще один фактор против использования керамики.

Другая жесткая тара, рекомендованная для упаковки некоторых типов продуктов на основе йогурта (например, сухого йогурта), — это металлические банки или пакеты из ламинированной фольги. Сохраняемость продукта улучшается здесь продувкой газа (азота или углекислого газа), причем азот используется чаще. Такая тара подобна той, которая используется для упаковки цельного сухого молока. Может также использоваться жесткая, полужесткая и гибкая пластиковая тара (подробнее о ней см. ниже) или композитная тара, покрытая внутри слоем пластика.

2.13.3.2 Полужесткая порционная тара

Тара этого типа обычно производится из пластика. В работах [190, 323, 510] описаны некоторые технические характеристики этих материалов, например, скорость пропускания водяного пара и газов (O_2, CO_2, N_2). Используемые материалы (например, полимеры) относительно инертны, но химические вещества и мономеры, используемые при их получении, могут оставаться на готовом материале. Хотя такие вещества сами по себе безвредны, они могут реагировать с продуктом и вызывать появление посторонних привкусов.

Тара для йогурта должна быть кислотостойкой, предотвращать потерю летучих вкусовых веществ и быть непроницаемой для кислорода, поскольку его присутствие способствует росту дрожжей и плесеней. К материалам, которые можно использовать для изготовления тары для йогуртов, относятся: полиэтилен (ПЭ), полипропи-

Рис. 2.18. Некоторые виды тары для упаковки йогурта

Верхний ряд: групповая и другая тара для питьевого йогурта (например, жесткие пластиковые бутылки и стаканчики, а также металлическая банка с ушком для открывания). Средний ряд: стеклянные банки (слева) и тара с несколькими отделениями (справа). Нижний ряд: пачки из ламинированного картона (*Pure-Pak* и *Tetra Brik*); некоторые виды тары имеют крышки для возможного повторного закрывания или специальные отверстия для соломинки (слева). Справа показана термоформованная или предварительно формованная пластиковая тара.

лен (ПП), полистирол (ПС), поливинилхлорид (ПВХ) и поливинилиденхлорид (ПВДХ). В Великобритании большая часть контейнеров изготавливается из ПС, хотя все более популярным становится использование ПП. Тара может быть жесткой, полужесткой или мягкой независимо от материала. Первые два вида обычно используются для расфасовки густого, перемешанного, концентрированного и/или замороженного йогурта, а мягкая тара из пленки (см. ниже) может использоваться только для сухих продуктов на основе йогурта.

Готовая упаковка (тара) — пакеты, тубы, стаканчики — могут выпускаться различной формы и конструкции. Некоторые типичные примеры представлены на рис. 2.18.

2.13.3 Типы упаковочных материалов

Упаковочные материалы для йогурта делят на две основные категории:

- порционная тара — сосуд, входящий в непосредственный контакт с йогуртом; к такой таре применимы характеристики, перечисленные выше и относящиеся к «идеальной» упаковке;
- внешняя или транспортировочная тара, не вступающая в непосредственный контакт с йогуртом; используется для облегчения погрузочно-разгрузочных работ и обращения с порционной тарой в торговле.

На рынке имеются разные типы порционной тары, которые можно разделить на три основные группы в зависимости от ее механической прочности.

Существует два разных метода изготовления пластиковых стаканчиков:

- литье под давлением, при котором материал размягчается в нагретом цилиндре, а затем поступает под высоким давлением в охлаждаемую форму, где и застывает. После формирования стаканчика он выталкивается из формы. У такой тары (контейнера) относительно толстые стенки, то есть это жесткий стакан. Сформированные стаканы доставляются на молочное производство размещенными рядами в тонких (25 мкм) пакетах из ПЭ. Обычно для исключения попадания пыли или других загрязнителей пакеты герметично закрыты и упакованы в картонные ящики. На молочном производстве ряды стаканов устанавливаются в фасовочный автомат. Такой процесс фасовки называют операцией наполнения/герметизации;
- термоформование, при котором пластик поступает на молочное производство в виде рулонов. Один конец рулона заправляется в первую секцию фасовочного автомата. Лист пластика при нагревании размягчается и формуется внутрь формы или вокруг нее так, чтобы индивидуальная тара (контейнер) формировалась непосредственно перед наполнением ее йогуртом. Такой процесс фасовки называют операцией формования/наполнения/герметизации. Стаканчики для йогурта, получаемые термоформованием, имеют более тонкие стенки, чем стаканчики, полученные литьем под давлением, и поэтому могут быть классифицированы как «полужесткие». Для предотвращения повреждения при транспортировке или хранении рулоны для термоформования должны поставляться на молочное производство хорошо упакованными.

Независимо от типа используемого стакана его обычно закрывают с помощью алюминиевой фольги (укупорка колпачком, обжатие, термоплавкое покрытие) или пластика (плотно надеваемые крышки или термоплавкое покрытие). Термпоплавкие крышки более популярны из-за их водонепроницаемости и предотвращают последующее загрязнение и утечки. Алюминиевая фольга обладает пренебрежимо малой проницаемостью для газов и запахов; кроме того, она жиронепроницаема, непрозрачна, ярко блестит, на нее несложно нанести рисунок. Поскольку йогурт по своей природе кислый, для предотвращения коррозии рекомендуется лакировать фольгу, а для обеспечения сцепления при термоплавкой упаковке фольгу следует покрывать ПЭ, ультратеном (ЭВА), ПС или ПВХ (дополнительные данные приведены ниже). Иногда используются термоплавкие пластиковые крышки.

На предприятиях, изготовляющих йогурт, используются также пластмассовые упаковочные материалы — для обеспечения потребителя так называемыми «свежими» продуктами. Пример такого изделия описан в работах [51, 173], где для упаковки использовали двухъярусный контейнер (типа «пиггибек»). Ароматизированный йогурт помещается в пластиковый стаканчик и герметизуется. На той же или на другой машине смесь типа мюсли («гранола») из орехов, изюма и кусочков плодов рожкового дерева (кароба) помещается в другой прозрачный стаканчик, который также герметизируют термоплавким покрытием. Затем стаканчик с йогуртом и стаканчик со смесью фруктов располагают так, что второй стаканчик полностью покрывает пер-

вый, и герметизируют вместе термоплавким покрытием или спрессовывают вместе. Теоретически смесь фруктов/орехов остается свежей до момента смешивания ее с йогуртом непосредственно перед употреблением. Однако в настоящее время еще мало данных, подтверждающих оправданность подобных дополнительных усилий. Другой пример – полужесткий стаканчик для фасовки йогурта (глубиной 2–4 см), запатентованный во Франции [911], который позволяет потребителю слизывать йогурт языком. Этот вид упаковки до сих пор в промышленности не использовался.

Для экономии на стоимости жестких пластмассовых стаканчиков был предложен тонкий полистироловый стаканчик в упаковке из переработанной бумаги (см. [712]). Этот вид упаковки, известный как «система К-3», позволяет легко отделить бумагу от пластмассы, сплющивая пустой контейнер. Изготовители пластмассы стремятся заменить полистирол полипропиленом, поскольку а) это дает экономию, б) в продукте наблюдаются остаточные эффекты стирольного мономера (см. раздел 2.13.5), которые могут ухудшать вкус, и в) сгорание полистирола при 1200 °С дает большое количество сажи, создающей экологические проблемы. Для переработки смесей, содержащих ПС и ПП, эти два пластика после удаления органического материала и перемалывания могут быть разделены благодаря различию в их удельной массе (например, с помощью гидроциклона).

2.13.3.3 Гибкая порционная тара

Гибкая порционная тара изготавливается в форме пластиковых пакетов или бумажных пачек. Пластиковые пакеты делают из ламинатов (например, ПЭ/алюминиевая фольга/ПЭ или ПЭ/бумага/алюминиевая фольга/ПЭ) и используют только для обезвоженного йогурта. Наиболее популярный метод фасовки – это формование/наполнение/герметизация. Такая тара должна быть непроницаемой для газов и водяных паров.

Использование картонных пакетов стало популярным для йогурта в 1950-х гг. с внедрением вощеных пакетов, но их применение уменьшилось за счет роста популярности пластиковых стаканчиков и/или бумажных пакетов. Один из недостатков вощеных пакетов – возникновение утечек, и несмотря на усовершенствование производства (применение многослойного покрытия воском и ультратеном), их использование в качестве тары для йогурта остается ограниченным (в частности, в Великобритании).

Пакеты широко используются в Северной Америке и Европе для расфасовки жидкого молока и могут быть использованы для йогуртов (рис. 2.18). Обычно применяют два вида пакетов: простые из обычного картона, покрытого с двух сторон пластиком (например, ПЭ), и многослойные (ПЭ/картон/алюминиевая фольга/ПЭ). Многослойные пакеты обычно используются для упаковки УВТ-молока, поскольку слой алюминиевой фольги не только делает пакет непроницаемым, но и повышает его жесткость.

В зависимости от используемой системы пакеты доставляются на молочное производство в виде сложенных заготовок (например, *Pure Pak*, *Elopak* или *Tetra Rex*)

или в виде рулона (*Tetra Brik*). Последовательность фасовки с использованием заготовок пакетов следующая:

- блок сложенных пакетов вводится в специальный рукав разливочного автомата;
- один пакет извлекается из рукава, открывается, и его дно запаивается;
- пакет наполняется йогуртом, и его верх запаивается;
- расфасованный продукт выводится из фасовочного автомата.

Другой вариант — формирование пакетов из рулона с помощью метода формования/наполнения/герметизации. Последовательность действий, выполняемых при формовании такой тары до наполнения ее йогуртом, рассмотрена в разделе 3.3.11. Одно из общих свойств подобных систем фасовки (например, *Pure Pak, Tetra Rex* или *Elopak*) — наличие у пакета крышеобразного верха. В некоторых случаях такое устройство пакета может оказаться удобным при его наполнении; один из недостатков такого строения — увеличение необходимой площади хранения пакетов с крышеобразным верхом по сравнению с площадью, необходимой для хранения йогурта в пакетах с плоским верхом. Пакеты *Tetra Rex* и *Pure Pak* с «плоским верхом» близки по форме к параллелепипеду и сочетают наличие «крыши» (очень удобной для наполнения пакета) с эффективным использованием пространства холодильной камеры.

К нововведениям, используемым при упаковке кисломолочных продуктов, в том числе влияющим на качество продукта, относятся:

- концентрация CO_2 в кефире и подобных кисломолочных продуктах при упаковке в двухслойный ПЭ снижается на 75%, происходит также отделение сыворотки, а в внутри пакетов с алюминиевой фольгой концентрация CO_2 снижается незначительно, а вкус и стабильность продуктов значительно улучшается [43, 150, 288];
- введение наполняющего клапана специальной конструкции в пакет с крышеобразным верхом с помощью машины Cherry Burell QL-9 делает возможным фасовку питьевого йогурта [151];
- *Ensobarr®* (финский картонный пакет с крышеобразным верхом) пригоден для фасовки йогурта; слой алюминиевой фольги был заменен волокнистой массой *Chemi Thermo Mechanical®*, что обеспечивает заданную жесткость при меньшем весе картона; он лучше складывается и легче перерабатывается [383];
- приложение к 250-граммовой коробке *Pure Pak* соломки или использование винтовой крышки для пакетов объемом 1 л увеличивает возможности фасовки питьевого йогурта.

Наконец, в США и некоторых других странах используется ламинированная бумажная чашечка. Заготовки чашечек доставляются на молочное производство в картонных коробках. Эти чашечки закрываются плотно надеваемыми крышками или термосклеиваемыми крышками из фольги.

Размеры описанных видов тары можно разделить на две большие группы: пакеты на «одну порцию» (их вместимость в основном от 150 до 200 мл) и пакеты «для семьи» вместимостью от 250 до 1000 мл [370]. По гигиеническим соображениям с пакетами из второй группы также поставляются плотно надеваемые крышки, поскольку часть йогурта после первого потребления может оставаться в пакете. Очень попу-

лярным становится также контейнер промежуточного размера — специальная так называемая групповая тара (см. рис. 2.18) с четырьмя, шестью или более соединенными пакетами с йогуртом. Такая групповая тара появилась на рынке в 1970-х гг. и используется иногда для выпуска на рынок новых фруктовых йогуртов [49, 159, 348, 372, 467, 468, 520]. Подобный вид «семейной упаковки» широко производится сейчас на машинах для формования/наполнения/герметизации (термоформования), где четыре или больше упаковок с йогуртом (каждая пара — различного вкуса) формируются в единый блок. В 1990-х гг. появилась двойная упаковка или упаковка коробочек, где большее отделение наполнено натуральным йогуртом, а фруктовые добавки упакованы в меньшее отделение. Основное преимущество такой упаковки — отсутствие необходимости останавливать и чистить оборудование при переходе от продукта с одним вкусом к продукту с другим (см. [13, 960]). Обычно наполнение начинают со светлых фруктов, переходя постепенно к более темным. Несмотря на высокую стоимость, эта система упаковки довольно популярна, так как потребитель может перед употреблением йогурта добавить к нему желаемое количество фруктов.

На производстве используется широкий диапазон упаковочных контейнеров, но при их выборе необходимо учитывать следующие факторы:

- стоимость индивидуальной тары, скорость ее наполнения и стоимость фасовочного оборудования;
- тип продукта (жидкий, вязкий, концентрированный, сухой и т. п.);
- обеспечение защиты продукта при хранении, оптовой и розничной торговле;
- емкость порционной тары;
- вид тары (возвратный, невозвратный) и, в случае возвратной тары, возможность ее очистки и дезинфекции;
- специальные требования к сроку хранения продукта с учетом защитных свойств материала (например, проницаемость для O_2 и света);
- рыночные концепции и приемлемость для потребителя.

В молочной промышленности постоянно обсуждается вопрос о выборе между тарой стеклянной и невозвратной, включая пакеты и пластиковые стаканы или бутылки [34, 48, 57, 111, 469, 751, 870]. К основным факторам, влияющим на выбор вида упаковочного материала, относятся его стоимость и влияние на окружающую среду.

2.13.4 Сравнительное изучение проницаемости упаковок для йогурта

Влияние света и O_2 на качество йогурта в различных контейнерах анализируется во многих работах (например, [113–117]), в которых подчеркивается прямая зависимость между проницаемостью упаковочного материала и качеством йогурта. Так,

- проницаемость для O_2 (кПа/день) через пакет *Pure Pak* (ПЭ/картон/ПЭ) составляет 0,77 мг и 1,79 мг при 7 °С и 25 °С соответственно; эти величины составляют половину от теоретически рассчитанных показателей для проницаемости O_2 через слои ПЭ толщиной 0,03 мм и 0,015 мм соответственно (см. [523]);
- в сквашенной пахте, разлитой в бутылки из ПЭ высокой плотности, при хранении при 1 °С и освещении белым флюоресцентным светом в течение 96 ч

появились посторонние привкусы и на 0,3 мкг/мл снизилась концентрация рибофлавина;

- примерно в половине предварительно сформированных контейнеров с йогуртом обнаруживаются дрожжи и плесень (> 10 колониеобразующих единиц (КОЕ) на грамм); при этом ни дрожжи, ни плесень не обнаруживаются в том же йогурте, упакованном с помощью процесса формования/наполнения/герметизации (см. [439]); это может быть связано с различиями в проницаемости для O_2 и/или стерильностью контейнера перед наполнением [604];
- стеклянные бутылки коричневого цвета препятствовали окислению йогурта (натурального, клубничного, шоколадного или мокко) под воздействием света, причем при упаковке в прозрачные контейнеры из ПС это воздействие сказывается лишь на натуральном йогурте (см. [214]); отмечается также уменьшение зеленого и желтого оттенков вследствие потери рибофлавина [212]. При окислении под воздействием света образуется карбонильное соединение пентанал [192].

2.13.5 Миграция мономеров и других соединений

Результаты измерений содержания стирола в йогурте, произведенном в разных странах, приведены в табл. 2.24.

Очевидно, что содержание остаточного стирола в йогурте гораздо ниже допустимой ежедневной дозы приема (0,6 мкг/г), установленной Научной комиссией по продуктам питания ЕС [284].

К факторам, которые могут влиять на миграцию (переход) разных соединений из упаковочных материалов, в том числе из ПС и ПП, в продукт, относятся температура продукта при наполнении, содержание жира, влаги и pH (см. [875]. Однако миграция мономеров не влияет на цвет йогурта, а миграция через 2 дня при 45 °C не превышает 1,1 мг/дм^2 (см. [567]). Тем не менее в этом вопросе необходима осторожность: так, миграция в трех из 20 йогуртов, изготовленных на Кубе, превышала пределы, установленные венгерскими стандартами [274]; *йакулт* (японский кисломо-

Таблица 2.24. **Содержание стирола в йогурте, произведенном в разных странах**

Страна	Количество проб	Жир (г/100 г)	Остаточный стирол (диапазон), мкг/г
Великобритания	34	Нет данных	< 1–200
Чили	16	Нет данных	0,08–0,19
Нидерланды	8	0,1–0,5	3–4
	16	1,5	5–11
	16	3–3,5	2–5
Швеция	11	Нет данных	~0,01
Франция	4	0	10–12
	6	3,5	8–11

По [148, 224, 284, 335, 552, 571]

Таблица 2.25. **Пороговые концентрации определения вкуса стирола в йогурте**

Продукт	Жир, г/100 г	Пороговая концентрация определения вкуса, мкг/г
Йогурт:		
натуральный	0,1	36
натуральный	1,5	99
натуральный	3,0	171
Йогуртовые напитки:		
натуральный	0,1	82
клубничный	0,1	92
персиковый	0,1	94

лочный напиток) и *його* (питьевой йогурт), образцы которых были взяты в Гонконге, содержали стирольные мономеры, несмотря на то, что содержание стирола в пластиковом стаканчике от його составляло около 150 мкг/л [532]. Другим мономером, обнаруженном в йогурте, оказался этилбензол на уровне 2–4 мкг/кг [224].

Сквашенное обезжиренное молоко трех фабрик, упакованное в пакеты *Tetra Pak* и *Elopak*, содержало после хранения при 4 °С в течение 20 и 40 дней различные уровни алюминия. Эти результаты могут указывать на то, что увеличение и уменьшение содержания алюминия зависело от типа упаковок или исходного молока, хотя по [228] его уровень был удовлетворительным. Сообщается также, что ПЭ-бутылками абсорбировались из питьевого йогурта с искусственными ароматизаторами летучие компоненты (например, > 8 атомов углерода) и компоненты с сильно разветвленной цепью. Для получения внутреннего и наружного слоя белого цвета эти бутылки состояли из трех слоев: ПЭ слой с 2% углерода между двумя слоями ПЭ с 5% TiO_2.

Стирольный мономер может только частично быть удален из полимера при экструзии упаковочного материала (см. [553]), и остаточный мономер может вызывать в продукте посторонние привкусы. В связи с этим с точки зрения определения восприятия посторонних вкусов в пищевых продуктах важными параметрами являются вкусовые пороги таких мономеров. В работе [429] сообщается о следующих вкусовых порогах для мономеров из ПС (мкг/г) в йогурте: 0,2 стирола, 0,9 этилбензола, 7,0 *о*-ксилола и 1,0 кумола, однако пороговая концентрация определения вкуса стирола в йогурте зависит от наличия сахара, вкусовых составляющих и содержания жира (см. табл. 2.25) [552, 553].

2.13.6 Упаковка, препятствующая подделке

С 1980-х гг. в пищевой промышленности стали широко применять упаковку, подделка которой легко заметна в оптовой и в розничной торговле. Этот подход стал применяться в производстве йогурта в связи с тем, что старые системы упаковки (например, крышки, надеваемые на горловину с зацеплением за венчик, обжимные колпачки из фольги на стеклянных банках) были недостаточной гарантией защиты

потребителей. Было разработано много различных видов упаковки, подделка которых заметна. Для йогурта пригоден ряд систем:

- термосклеивание фольговых ламинатов с пластиковым контейнером, обеспечивающее безопасную герметизацию, поскольку подделка проявляется в виде повреждения фольги;
- пакеты (например, *Pure Pak* или *Elopak*) с надежно запаиваемыми клапанами;
- упаковка в усадочную пленку вокруг контейнера с йогуртом, закрытого плотно надеваемой пластиковой крышкой, или вокруг нескольких контейнеров;
- горячее заполнение йогуртом приводит к тому, что крышки из фольгового ламината, прикрепленные к контейнеру термосклеиванием, после остывания приобретают вогнутую форму; при открывании крышка меняет форму; то же происходит с металлическими крышками, если йогурт упакован в стеклянные баночки;
- термосклеивание плотно надеваемых пластиковых крышек (см. [435]);
- система с алюминиевым металлическим ушком для открывания, иногда используемая для укупорки стеклянных бутылок (ее разрушение свидетельствует о подделке);
- в некоторых случаях на металлическую крышку, используемую для стеклянных банок, наклеивается узкая бумажная полоска, которую для открывания необходимо порвать;
- защитная укупорка натянутыми пластиковыми полосками или препятствующие хищениям навинчиваемые колпачки для широкогорлых стеклянных сосудов, жестких пластиковых бутылок и пакетов; такие конструкции иногда называют отрывными (разрывными) крышками;.
- системы укупорки с «язычком», прикрепленным к устройству защиты от подделки, состоящему из горизонтальных и вертикальных ребер; эти устройства легко разрушаются (например, при удалении центральной части крышки) благодаря силе, прилагаемой к «язычку» (см. [60]).

Очевидно, что различные системы защиты от подделок могут быть использованы во всех видах тары для йогурта, упомянутых в разделе 2.13.3, и хотя эти системы увеличивают затраты на производство, с их помощью устраняются причины для беспокойства потребителя. Дополнительная информация по системам упаковки для пищевых продуктов, включая кисломолочные, с защитой от подделки, имеется в работах [269, 369, 566].

2.13.7 Крышки из алюминиевой фольги

Для герметизации контейнеров для йогурта (например, пластиковых стаканчиков) широко используется алюминиевая фольга. Из-за кислотной природы йогурта и необходимости термосклеивания алюминиевую фольгу обычно покрывают слоем пластика. При использовании заготовок пластиковых стаканчиков крышки из алюминиевой фольги обычно вырубают заранее и около 2500–3000 крышек упаковывают в специальный магазин для минимизации механических повреждений. Диаметр этих

крышек составляет менее 100 мм, и они обычно имеют «язычок» для облегчения открывания.

Толщина фольги — около 40 мкм, и каждая крышка обычно имеет тиснение. Рисунок тиснения варьируется для удовлетворения требований потребителя, а глубина его может быть до 100 мкм. Тиснение необходимо для облегчения извлечения отдельных крышек из магазина перед помещением их на заполненные стаканчики и термосклеивания.

Для фасовки йогурта методом формования/наполнения/герметизации алюминиевая фольга поставляется на молочное производство в виде рулона (бобины), ширина которого варьирует в зависимости от количества работающих параллельно наполняющих головок фасовочной машины. Алюминиевая фольга (толщиной 40 мкм) подобна применяемой для предварительной вырубки, но не имеет тиснения, которое в данном случае не нужно.

Как легко видеть по имеющемуся на рынке йогурту, на оба вида крышек (предварительно вырубленных и из рулона) может быть нанесена различная информация и привлекательный рисунок. Рисунок наносится флексографией или глубокой печатью. Второй метод обычно применяется, когда требуется более пяти различных цветов. Обратная сторона крышки покрывается термосклеиваемым материалом, а толщина ламината варьирует в диапазоне 6–10 г/м^2. Толщина лака зависит от типа применяемого термосклеиваемого материала — например, ультратен (ЭВА) с расходом 6–8 г/м^2 применяется для фольги, предназначенной для термосклеивания с полистиролом или полипропиленом. Для стаканчиков из полипропилена используется модифицированный вариант ЭВА, имеющий более сильный сольвент, предназначенный для склеивания при более высокой температуре. На стороне алюминиевой фольги с рисунком для защиты рисунка при термосклеивании ультратен покрывается слоем лака, выдерживающим сильный нагрев. В работе [236] рассмотрено применение этиленакриловой кислоты (ЭАК) в качестве герметика для упаковки в эластичные материалы.

Возможно применение других видов крышек для пластиковой тары, а именно следующих:

- трехслойная «дышащая» мембрана, пригодная для упаковки кефира, поскольку сводит к минимуму увеличение давления (из-за значительного образования CO_2), которое привело бы к вздутию контейнера (см. [259]);
- специальная тара и система укупорки (с помощью металлической фольги) для фасовки горячего йогурта, исключающие образование в сосуде вакуума при охлаждении продукта (см. [677]);
- система укупорки тары для питьевого йогурта, состоящая из неплотной (пористой) бумаги и тонкого фольгированного ламината с ослабленной зоной для введения соломинки (см. [398]);
- крышка с прочным ободком, легко отделяемым от контейнера без деформации (см. [502]);
- специальный вид фольги из ламината, разработанный в Венгрии (см. [846]);
- гибкие картонные фольгированные ламинаты, не прилипающие при контакте с молочной кислотой в процессе хранения (см. [673]); одной из причин этого может быть полярность и химическая структура кислоты;

- приваренные пластиковые крышки, которые могут быть установлены вновь на частично опорожненную тару после того, как укупорка нарушена (см. [435]).

2.13.8 Стерилизация упаковочных материалов

Стерилизация упаковочных материалов (пластиковых контейнеров и крышек, фольгированных ламинатов или картонных пакетов) в производстве йогурта обеспечивает сведение к минимуму возможность загрязнения продукта после выпуска и удовлетворение требований асептики. Эти требования подразумевают стерильность йогурта, тары и/или упаковочных материалов и окружающей среды (камеры, помещения), где контактируют между собой стерильный продукт и тара (см. [417]). Виды асептического оборудования для йогурта будут более подробно рассмотрены в главе 3. Хотя по микробиологическому качеству тары опубликовано немного сведений, по некоторым данным общее количество спорообразующих микроорганизмов в пластиковых стаканчиках составляет менее 10 колониеобразующих единиц на 100 мл смыва, а коли-формы и плесени отсутствуют. Данные по микробиологическим свойствам других упаковочных материалов свидетельствуют о необходимости стерилизации упаковочных материалов при производстве йогурта длительного хранения.

Можно с уверенностью предположить, что пластиковые стаканчики для йогурта, полученные в процессе формования/наполнения/герметизации, практически стерильны благодаря высокой температуре, необходимой для производства подобной тары. Пластиковые стаканчики, получаемые из заготовок, и/или сложенные пакеты могут потребовать перед наполнением дополнительной стерилизации, чтобы избежать вторичного загрязнения продукта. В работе [73] рассмотрены различные способы стерилизации упаковочных материалов:

- использование перекиси водорода (H_2O_2) в виде аэрозоля, раствора для погружения или пара;
- водяной пар;
- горячий воздух с H_2O_2;
- термоформованная пластмассовая упаковка, полученная методом формования/наполнения/герметизации, возможно дополненная обработкой H_2O_2;
- сухой горячий воздух;
- этиленоксид;
- комбинация H_2O_2 и ультрафиолетового облучения;
- гамма-излучение (см. также [417, 658]).

В молочной промышленности наиболее распространены стерилизация упаковочных материалов при помощи облучения и H_2O_2. При нагревании H_2O_2 удаляется, но препятствием к применению в некоторых странах могут служить его следы на поверхностях. Влияние стерилизации с помощью H_2O_2 на миграцию мономеров ПП и ПЭ в пищевые продукты пренебрежимо малы (см. [151]).

При использовании ультрафиолетовых ламп для стерилизации пластиковых стаканчиков и фольгированных ламинатов наполнение/укупорка происходят в камере, которая предохраняется от загрязнений с помощью потока стерильного воздуха при 30–40 °С (эта температура воздуха рекомендована для предотвращения конденса-

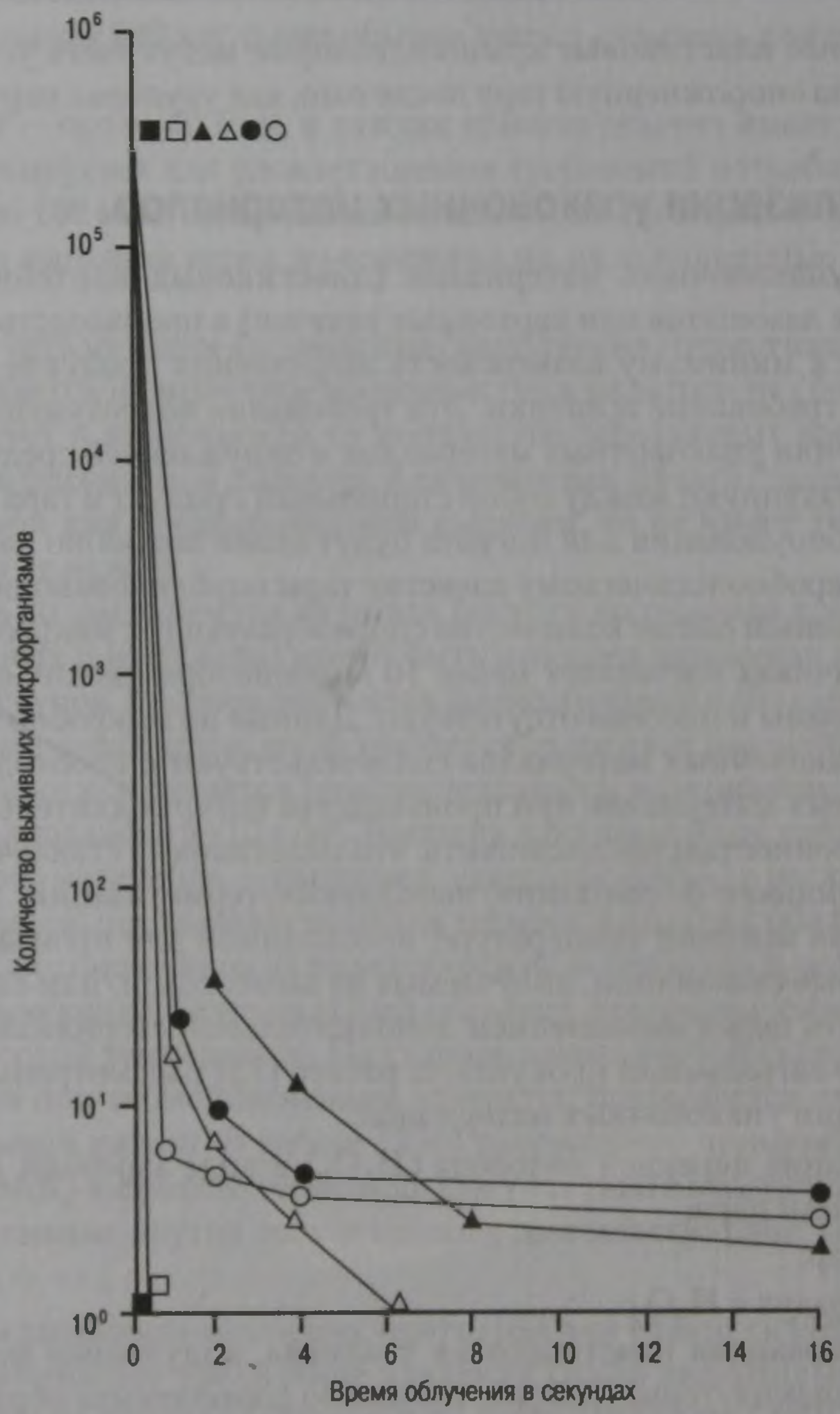


Рис. 2.19. Инактивация бактерий, дрожжей и плесеней с помощью УФ-облучения

Общая микробиальная нагрузка составляет 5×10^5 колониеобразующих единиц на 1 см^2 при тестовой зоне 36 см^2.

● – *Bacillus sterothermophilus*; ○ – *Bacillus subtilis*; ▲ – *Aspergillus niger*; △ – *Penicillium frequentans*; ■ – *Saccharomyces cervisiae*; □ – *Rhodotorula gramnis*.

ции). Детали разливочного автомата очищаются и стерилизуются с помощью системы CIP (безразборной мойки). Яркость УФ-ламп находится в диапазоне 100–200 мВт/см^2, расстояние между упаковочным материалом и лампой регулируется так, чтобы стаканчики находились на расстоянии 10,5 см. Общее время экспозиции (облучения) составляет 7,5 с. Для стерилизации всей внутренней поверхности стаканчика использовались три источника. Крышки из алюминиевой фольги облучают в течение 2 с на расстоянии 4 см. Эффективность УФ-ламп против различных видов

бактерий показана на рис. 2.19 (срок хранения фруктовых йогуртов, упакованных в контейнеры, стерилизованные УФ-лампами, при 5–7 °С возрастает до 42 дней.

В некоторых случаях асептический розлив йогурта может производиться в контейнеры с вкладышем в форме мешка (см. [717]). В работе [590] описано необходимое для таких методов оборудование: камера с ламинарным воздухопотоком и стерилизацией воздуха, устройства для снятия крышек, наполнения пакета и закрытия крышек (колпачков). На боковой стенке камеры имеется отверстие, через которое вводятся предварительно завернутые стерильные пакеты (мешки) для разворачивания, заполнения и укупорки. При этом обеспечена система УФ стерилизации, а процесс упаковки может быть автоматизирован или полуавтоматизирован.

2.13.9 Внешний (транспортировочный) контейнер

Этот вид упаковки не вступает в контакт с йогуртом, но важен для облегчения погрузочно-разгрузочных операций; складирования стаканчиков при хранении, транспортировке их и выкладки для продажи в супермаркетах. Различные виды контейнеров можно разделить на две группы: *возвратные и одноразовые*.

Возвратная тара изготавливается из металла или жесткой пластмассы, но поскольку эту тару (ящики) необходимо собирать, они не получили широкого применения. Они популярны там, где густой йогурт выпускается в стеклянных бутылках, а сквашивание происходит в водяной бане.

Одноразовые контейнеры распространены шире, чем возвратная тара. На рынке в частности представлены:

- полужесткие пластмассовые ящики;
- лотки-поддоны с гнездами (из гибкого пластика или любого подобного материала;
- картонные лотки.

Лотки с гнездами, картонные лотки или картонные пакеты могут быть обернуты термоусадочным материалом; лотки с гнездами могут быть сложены в картонной коробке стопой один на другой (по 4–6 поддонов).

Выбор типа внешнего контейнера определяется прежде всего такими факторами, как:

- затраты;
- степень механизации;
- простота укладки и сбыта;
- возможность штабелирования и простота обеспечения циркуляции холодного воздуха при холодильном хранении.

Последний аспект важен, если йогурт разливается при 20 °С и окончательное охлаждение происходит в холодильной камере.

В крупных фирмах лотки с расфасованным йогуртом (обернутые в термоусадочный материал или уложенные в картонные коробки) обычно укладывают на деревянные поддоны, которые затем перемещают с помощью вилочного автопогрузчика (производственная зона → холодильная камера → транспортное средство). Другой вариант — использование металлических тележек, например, типа *Tetratainer*, произ-

водимых объединением *Tetra*. Преимущество этой системы заключается в простоте перемещения продукта из холодильной камеры в транспортное средство и из транспортного средства в магазин и/или охлаждаемую витрину. При использовании таких методов погрузочно-разгрузочных работ потребительская тара с момента ее отгрузки с молочного комбината до момента, когда ее берет потребитель, не подвергается никаким внешним воздействиям.

Операции, производимые с внешним контейнером, могут быть частично совмещены с работой упаковочного и/или разливочного автомата. (Упаковочные и/или разливочные автоматы могут оперировать с внешним или транспортным контейнером.) Степень автоматизации при этом в основном зависит от производительности разливочного автомата и стоимости рабочей силы. Работа с этими контейнерами вручную распространена там, где стоимость рабочей силы и дневной объем выпуска относительно невелики.

В некоторые устройства для перемещения стаканчиков или пакетов с йогуртом в транспортные контейнеры входят:

- специальные упаковочные лотки с гнездами (из картона и пластика) со складным клапаном в верхней части лотка, которые удерживают сосуды с йогуртом на месте (см. [273]);
- механическая система, известная как «*Somic Paletta*», для улучшения рядной укладки поддонов с йогуртом в случаях, если возможна только ручная укладка;
- система для работы с прямоугольными картонными заготовками, которые, складываясь, образуют подобную лотку коробку, пригодную для установки сосудов с йогуртом рядами;
- лоток в форме желоба для упаковок с йогуртом (250 г) или картон, завернутый вокруг больших пакетов, который закрепляется при укладывании на поддоны с помощью 2 мм пластиковой ленты и горячего клея, чтобы исключить скольжение (см. [803]).

Тенденции и состояние разработок групповой тары, виды упаковываемых конструкций, в также экономические вопросы, материалы и различные системы закрепления рассмотрены в работе [780].

2.14 Холодильное хранение, транспортировка и продажа

Охлаждение йогурта до температуры ниже 10 °С и поддержание этой температуры до поступления продукта потребителю способствует замедлению биологических и биохимических реакций, происходящих в йогурте. Биологические реакции имеют место вследствие метаболической активности закваски и возможных микробиологических загрязнений, т. е. наличия микроорганизмов, выдержавших тепловую обработку и сквашивание (остаточная микрофлора), или внесенных в продукт после его производства (например, вторичное обсеменение дрожжами и плесенями). К возможным биохимическим реакциям относятся:

- окисление жира в присутствии кислорода;

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

- гидратация белковой составляющей йогурта;
- изменение (ослабление) цвета фруктовых добавок, обусловленное наличием кислоты в продукте;
- некоторая дегидратация (внешний вид поверхности йогурта при этом может измениться);
- улучшение вязкости/консистенции йогурта при хранении из-за присутствия добавленных гидроколлоидов (стабилизаторов) и/или пектинов из фруктов.

Для сведения к минимуму некоторых из этих реакций необходимо охлаждение йогурта; при этом условии сохранность продукта вполне может составлять до трех недель со дня производства. В течение первых 24–48 ч холодильного хранения наблюдается улучшение физических характеристик сгустка, в основном вследствие гидратации и/или стабилизации казеиновых мицелл, в связи с чем может оказаться целесообразным применение дополнительной выдержки продукта перед реализацией.

Качество йогурта после его производства зависит от множества факторов, и чтобы к потребителю поступал продукт хорошего качества, желательно следовать определенным рекомендациям. Особенно важно соблюдение рекомендаций, касающихся гигиенических условий производства молока и других молочных продуктов, в том числе йогурта, и включающих осуществление выборочного контроля критических контрольных точек (метод *HACCP*, см. о нем главу 10) и/или аналогичные системы контроля качества. Поэтому в соответствии с требованиями, предъявляемыми к режимам хранения, транспортировки, оптовой и розничной торговли, молочные продукты делят на три категории:

- продукты, хранящиеся при температуре ниже –18 °С (мороженое и родственные замороженные продукты);
- скоропортящиеся продукты с небольшим сроком хранения (например, пастеризованное натуральное молоко, сливки, йогурт, кисломолочные продукты, несоленые мягкие сыры, масло и нарезанные для продажи в розницу твердые и полутвердые сыры), которые должны храниться при температуре 0–10 °С;
- такие продукты, как УВТ-молоко, молочные консервы и плавленый сыр, которые могут храниться при температуре окружающего воздуха (но ниже 30 °С).

Поэтому рекомендуется хранить йогурт при 0–10 °С (при допустимом отклонении ±1 °С) и транспортировать его при той же температуре, но при допустимом отклонении ±2,5 °С. Однако для гарантии качества продукта большинство крупных производителей стремится хранить и транспортировать йогурт при температуре ниже 10 °С (см. [246, 374]).

2.14.1 Холодильные камеры

К основным требованиям, предъявляемым к холодильным камерам, относятся:

- максимальное сокращение возможности грубого механического воздействия на расфасованный продукт;
- поддержание нижнего уровня рекомендуемой температуры хранения (т. е. менее 5 °С) с минимальными отклонениями;

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

- обеспечение хорошей циркуляции воздуха в холодильной камере, особенно если йогурт был расфасован при 20 °С, а окончательное охлаждение его происходит в камере;
- исключение потерь холодного воздуха из-за недостатков конструкции изоляции камеры;
- применение специального освещения, уменьшающего изменение цвета или окисление (при упаковке йогурта в прозрачные контейнеры);
- обязательная выдержка упакованного йогурта не менее 48 ч перед отгрузкой для стабилизации структуры сгустка.

2.14.2 Транспортировка

При транспортировке необходимо:

- в летние месяцы в умеренных поясах северного и южного полушарий — использование холодильного транспорта, в зимние месяцы — использование теплоизолированного транспорта;
- использование холодильного транспорта в тропических и субтропических зонах;
- сведение к минимуму тряски, которая может вести к снижению вязкости йогурта и отделению сыворотки (полностью исключить тряску сложно, особенно при длительной транспортировке).

Расфасованный в потребительскую и транспортную тару йогурт при транспортировке и сбыте подвергается вибрации. Потенциальные повреждения продукта включают нарушение структуры густого йогуртового геля, отделение сыворотки, разрушение геля перемешанного йогурта и образование тонкого слоя йогурта между фольгированным ламинатом и верхом пластикового стаканчика. В работе [748] приводятся данные о физических повреждениях густого йогурта, упакованного в пакеты из вощеной бумаги, при вибрации. Для моделирования условий транспортировки 12 пакетов йогурта были помещены в картонный лоток с гнездами с растягиваемой упаковкой или без нее и уложены в штабель высотой 10 лотков. Были получены следующие результаты:

- в йогуртах, полученных без добавления стабилизатора, отмечен достаточно высокий уровень синерезиса;
- растягиваемая упаковка сводит к минимуму эффект отделения сыворотки;
- наиболее велики повреждения йогурта в верхнем слое штабеля;
- сквашивание и последующее холодильное хранение йогурта (как в потребительской, так и в транспортной таре) вызывает изменение его физической структуры, следствием чего являются потери продукта и снижение способности к штабелированию.

Те же авторы пришли к заключению, что подобным жестким испытаниям должен подвергаться йогурт, упакованный в пластиковые стаканчики различных конструкций, поскольку форма тары может влиять на коэффициент трения.

Следует отметить, что для сведения к минимуму тепловых потерь транспорт для перевозки йогурта должен отвечать определенным требованиям, которые включают наличие автоматического датчика температуры, гладких легко моющихся внутрен-

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

них поверхностей автотранспорта, а также наличие пластиковых уплотнителей в виде полос на дверных проемах.

2.14.3 Розничная торговля и потребитель

- До продажи йогурт должен находиться в холодильных шкафах.
- Йогурт следует употреблять непосредственно после покупки или хранить до употребления в бытовом холодильнике.
- Употреблять йогурт следует охлажденным до температуре 10 °С, поскольку при более низкой температуре его вкус воспринимается хуже, а при температуре выше 10 °С продукт теряет свежесть, в связи с чем возможно снижение его вязкости.

2.15 Заключение

При подготовке молочной основы, на стадиях обработки, фасования, хранения и реализации качество йогурта (густого или перемешанного) зависит от ряда факторов. Для обеспечения потребителя качественным йогуртом необходимо учитывать следующие из них:

- уровень содержания белка в молочной основе;
- параметры некоторых процессов (таких, как гомогенизация и тепловая обработка), а также (что используется довольно редко) добавление коагулянтов;
- добавление стабилизаторов;
- использование заквасок, продуцирующих экзополисахариды;
- нарастание кислотности и/или скорость кислотообразования;
- наличие в молоке ингибирующих веществ;
- возможное нарастание кислотности после окончания сквашивания («перекисание»);
- термообработка после получения продукта (см. главу 5);
- механические воздействия (вибрация) при транспортировке в торговую сеть;
- механические воздействия на сгусток (см. главу 3);
- различные виды обработки — такие, как применение масел, заменителей жира или концентрирование после сквашивания (см. главу 5).

2.16 Литература

1. Abd El-Salam, M. H., El-Shibiny, S., Mahfouz, M. B. and El-Dien, H. F. (1987) *Lait*, **67**, 111.
2. Abd El-Salam, M. H., El-Shibiny, S., Mahfouz, M. B., El-Dein, H. F., EL-ATRIBY, H. M. and ANTILA, V. (1991) *Journal of Dairy Research*, **58**, 503.
3. Abd El-Salam, m.h., El-Etriby, h. and shahein, n. m. (1996) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **24**, 25.
4. Abdou, S. M., El-Dien, H. M. F., Dawood, A. M., Abd El-Hady, S. M. and El-Nagar, G. F. (1994) *Annals of Agricultural Science — Moshtohor*, **32**, 375.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru
9 Зак. 292

5. Abd-Rabo, F. H. R., Partridge, J. A. and Furtado, M. M. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**, 319.
6. Abou-Dawood, A. E., Ghita, E. I., Abd-El-Gawad, L. A., El-Gazzar, H. A. and Ibrahim, S. A. (1984) *Annals of Agricultural Science – Moshtohor*, **21**, 719.
7. Abou-Donia, S. A. and Salam, A. E. (1981) *Faba Bean Information Service*, Newsletter No. **3**, 62.
8. Abou-Donia, S. A. and Salam, A. E. (1982) *Indian Journal of Dairy Science*, **35**, 225.
9. Abu-Foul, N. S., Youssef, A. M. and Moharram, Y. G. (1992) *Food and Nutrition Bulletin*, **14**, 144.
10. Abrahamsen, R. K. and Holmen, T. B. (1980) *Milchwissenschaft*, **35**, 399.
11. Abrahamsen, R. K. and Holmen, T. B. (1981) *Journal of Dairy Research*, **48**, 457.
12. Acker, L. (1969) *Food Technology*, **23**, 1257.
13. Ackermann, H. W. and Guays, J. P. (1984) US Patent 4482047.
14. Acree, T. E. and Teranishi, R. (Eds.) (1993) In *Flavor Science – Sensible Principles and Techniques, ACS* Professional Reference Book, Washington DC.
15. Adams, D. M. and Brawley, T. G. (1981) *Journal of Dairy Science*, **64**, 1951.
16. Adams, D. M., Barach, J. T. and Speck, M. Д. (1975) *Journal of Dairy Science*, **58**, 828.
17. Adpi (1990) In *Standards for Grades of Dry Milks Including Methods of Analysis*, Bulletin No. 916 (revised), American Dry Products Institute, Chicago.
18. Aguilar, C. A. and Ziegler, G. R. (1994a) *Journal of Dairy Science*, **77**, 1189.
19. Aguilar, C. A. and Ziegler, G. R. (1994b) *Journal of Dairy Science*, **77**, 1198.
20. Ajam, N., Foong, C. Y. and Benjamin, P. (1993) *ASEAN Food Journal*, **8**, 177.
21. Akahoshi, R., Kuma, V., Miyagi, A. and Mizobuchi, T. (1990) European Patent Application, EP 0 363154 A2.
22. Akatsuka, S. (1984) US Patent 4435431.
23. Alais, C. and Blanc, B. (1975) *World Review of Nutrition and Dietetics*, **20**, 66.
24. Al-Dabbagh, W. Y. and Allan, M. C. (1989) *Asian Journal of Dairy Research*, **8**,115.
25. Alvarez, F., Arguello, M., Cabero, M., Riera, F. A., Alvarez, R., Iglesias, J. R. and Granada, J. (1998) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **76**, 10.
26. Andersson, I. and Oste, R. (1995) In *Heat Induced Changes in Milk*, 2nd Edition, Ed. by Fox, P. P. Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 279–307.
27. Andres, C. (1985) *Food Processing*, **46**(3), 26.
28. Anon. (1974) Pfizer Technical Bulletin Sorbistat-K, Pfizer Ltd., Kent, U. K.
28[a]. Anon. (1977) In *The Influence of the Cooling Rate on the Quality of Stirred Yoghurt*, Publication No. 225, Danish Dairy Research Institute, Hillerød.
29. Anon. (1980a) British Patent Application, GB 1 565006.
30. Anon. (1980b) *American Dairy Review*, **42**(8), 26.
31. Anon. (1981a) *Dairy Record*, **82**(11), 40.
32. Anon. (1981b) In *Food Preservatives – Sorbistat, Sorhistat-K and Sodium Benwate*, Pfizer (Chemical Division) Technical Data, Pfizer Ltd., Kent.
33. Anon. (1983a) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 801.
34. Anon. (1983b) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 802.
35. Anon. (1983c) *Milk Industry*, **85**(8), 13.
36. Anon. (1984a) In *Eden Vale Review of Fresh Dairy Products Market – 1984*, Eden Vale, London.
37. Anon. (1984b) *Food Processing*, **53**(4), 15.
38. Anon. (1984c) *Dairy Industries International*, **49**(4), 45.
39. Anon. (1985a) *UPLB Research Update*, April, 1.
40. Anon. (1985b) *Community Newsletter*, **15(9)**, 8.
41. Anon. (1986a) *Dairy Field*, **169(5)**, 41.
42. Anon. (1986b) *Dairy Field*, **169(7)**, 19.
43. Anon. (1986c) *Dairy Packaging Newsletter*, No. **14**, 3.
44. Anon. (1986d) *Food Engineering*, **58**, 168.
45. Anon. (1987a) *Dairy Field*, **170(5)**, 22.
46. Anon. (1987b) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 247.
47. Anon. (1987c) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 483.
48. Anon. (1988) *International Bottler and Packer*, **62(6)**, 19.
49. ANON. (1989) *Milk Industry*, **91(7)**, 9.
50. Anon. (1991a) In *Eden Vale Review of Fresh Dairy Products Market – 1990/91*, Eden Vale, London.
51. Anon. (1991b) *Dairy Science Abstracts*, *S3*, *272*.
52. Anon. (1993a) *International Food Marketing and Technology*, **7(4)**, 14.
53. Anon. (1993b) *Scandinavian Dairy Information*, **7(2)**, 64.
54. Anon. (1993c) *Dairy Industries International*, **58(4)**, 44.
55. Anon. (1993d) *International Food Ingredients*, **November/December**, No. 6, 40.
56. Anon. (1994a) *European Dairy Magazine*, **6(4)**, 43.

57. Anon. (1994b) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 364.
58. Anon. (1994c) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 292, International Dairy Federation, Brussels, pp. 17–27.
59. Anon. (1995a) *Dairy Industries International*, **60(11)**, 19.
60. Anon. (1995b) *Research Disclosure*, No. **376**, 350.
61. Anon. (1995c) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 302, International Dairy Federation, Brussels, pp. 35–39.
62. Anon. (1996) *Dairy Industries International*, **61(6)**, 33.
63. Aoki, T., Kako, Y. and Imamura, T. (1986) *Journal of Dairy Research*, **53**, 53.
64. Aoki, T., Kawahara, A., Kako, Y. and Imamura, T. (1987a) *Agricultural and Biological Chemistry*, **51**, 817.
65. Aoki, T., Yamada, N., Tomita, I., Kako, Y. and Imamura, T. (1987b) *Biochimica et Biophysica Acta*, **911**, 238.
66. Aoki, T., Yamada, N., Kako, Y. and Imamura, T. (1988) *Journal of Dairy Research*, **55**, 189.
67. Aoki, T., Umeda, T. and Kako, Y. (1990) *Journal of Dairy Research*, **57**, 349.
68. Arimoto, M., Tsujisawa, H. and Yokoyama, T. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 613.
69. Arnaud, K. S., Lacroix, C. and Choplin, L. (1989) *Biotechnology and Bioengineering*, **34**, 1403.
70. Asgar, S. and Thompkinson, O. K. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, **47**, 695.
71. Ashurst, P. P. (Ed.) (1994) In *Food Flavourings, 2nd* Edition, Routledge Chapman & Hall, New York.
72. Assali, K. S. and White, C. H. (1985) *Journal of Dairy Science*, **68** (Supplement 1), 68.
73. Astrom, A. (1989) In *Trends in Food Science and Technology*, Association of Food Scientists and Technologists (India), Mysore, pp. 744–752.
74. Atamer, M., Caric, M. and Kulic, L. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 165.
75. Baig, M. I. and Prasad, M. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 467.
76. Baird, I. K. and Pettit, D. J.(1991) In *Biotechnology and Food Ingredients*, Ed. by Goldberg, I. and Williams, R. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 223–263.
77. Baisya, R. K. and Bose, A. N. (1975) *Journal of Food Science and Technology — India*, **12**, 306.
78. Balasubramanyam, B. V. and Kulkarni, S. (1991) *Journal of Food Science and Technology - Mysore*, **28**, 389.
79. Balasubramanyam, B. V., Natarajan, A. M. and Krishnan, C. P. A. (1988) *Cheiron*, **17**, 216.
80. Ball, A. P., Gray, J. A. and Murdoch, J. MCC. (1983) In *Antibacterial Drugs Today*, 3rd Edition, University Park Press, Maryland.
81. Baltadzhieva, M., Edgaryan, M., Bogdanova, M. and Choroleeva, M. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 172.
82. Banks, W. and Dalgleish, D. G. (1990) In *Dairy Microbiology — The Microbiology of Milk*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Science Publishers, London, pp. 1–35.
83. Banon, S. and Hardy, J. (1991) *Journal of Dairy Research*, **58**, 75.
84. Banon, S. and Hardy, J. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 935.
85. Barach, J. T., Adams, D. M. and Speck, M. L. (1976) *Journal of Dairy Science*, **59**, 391.
86. Barach, J. T., Adams, D. M. and Speck, M. L. (1978) *Journal of Dairy Science*, **61**,523.
87. Baranova, M., Burdova, O., Mal'a, P. and Zezula, I (1996) *Folia Veterinaria*, **40(1/2)**, 51.
88. Baranova, M., Burdova, O., Mal'a, P., Turek, P. and Zezula, I. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 58.
89. Barbut, S. (1995) *Scandinavian Dairy Information*, **9(2)**, 20.
90. Basak, S. and Ramaswamy, H. S. (1994) *Journal of Food Engineering*, **21**, 385.
91. Bassette, R. and Acosta, J. S. (1988) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 3rd Edition, Ed. by Wong, N. P. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 39–79.
92. Batilde-Lima, L., Banguela-Perez, A., De Ortega-Bolanos, M. J., Torricella, R. and Camejo-Corrales, J. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 474.
93. Batt, C. A., Brady, J. and Sawyer, L. (1994) *Trends in Food Science and Technology*, **5**, 261.
94. Bauer, K., Garbe, D. and Surburg, H. (1990) In *Common Fragrance and Flavor Materials: Preparations, Properties and Uses*, 2nd Edition, VCH Publishers, Deerfield Beach.
95. Beck, K. M. (1974) In *Symposium on Sweeteners*, Ed. by Inglett, G.E. AVI Publishing, Westport, pp. 1–7.
96. Becker, T. and Puhan, Z. (1988) *Schweizerische Milchwirtschafttiche Forschung*, **17(4)**, 63.
97. Becker, T. and Puhan, Z. (1989) *Milchwissenschaft*, **44**, 626.
98. Berndt, D. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 44.
99. Bianchi-Salvadori, B. and Lavezzari, D. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 619.
100. Bilani, N., Hayashi, K., Karaguchi, K. and Kasumi, T. (1989) *Journal of Food Science and Technology — Mysore*, **26**, 205.
101. Biliaderis, C. G., Khan, M. M. and Blank, G. (1992) *International Dairy Journal*, **2**, 311.
102. Billaux, M. S. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarseen, pp. 240–242.
103. Birch, G. G. and Lindley, M. G. (Eds.) (1986) In *Developments in Food Flavours*, Elsevier Applied Science, London.
104. Bird, J. (1996) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **49**, 16.
105. Bjerre, P. (1990) In *Recombination of Milk and Milk Products*, Special Issue No. 9001, International Dairy Federation, Brussels, pp. 157–165.
106. Blenford, D. E. (1996) *International Food Ingredients*, January/February No. **1**, 42.
107. Blondeau, T. and Goursaud, J. (1992) *Industries Alimemaires etAgricole*, 109(1-2), 28.

108. Van Boekel, M. A. J. S. and Walstra, P. (1995) In *Heat-Induced Changes, 2nd* Edition, Ed. by Fox, P.F. Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 51–65.
109. De Boer, R. and Koenraads, J. P. J. M. (1992) In *New Applications of Membrane Processes*, Special Issue No. 9201, International Dairy Federation, Brussels, pp. 109–117.
110. Bojgaard, S.E. (1987) *XXII International Dairy Congress*, **IE**, 259.
111. Bojkow, E. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 282.
112. Borrego, F. and Montijano, H. L. (1997) *International Food Marketing and Technology*, **11(3)**, 14.
113. Bosset, J. O. and Fluckiger, E. (1986a) *Deutsche Milchwirtschaft*, **37**, 908.
114. Bosset, J. O. and Fluckiger, E. (1986b) *Molkereitechnik*, **73**, 86.
115. Bosset, J. O. and Fluckiger, E. (1987) *Dairy Packaging Newsletter*, No. **16**, 3.
116. Bosset , J. O., Daget, N., Desarzens, C., Dieffenbacher, A., Fluckiger, E., Lavenchy, P., Nick, B., Pauchard, J.-P. and Tagliaferri, E. (1986a) In *Food Packaging and Preservation — Theory and Practice*, Ed. by Mathlouthi, M., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 235–270.
117. Bosset, J. O., Daget, N., Desarzens, C., Dieffenbacher, A., Fluckiger, E., Lavenchy, P., Nick, B., Pauchard, J.-P. and Tagliaferri, E. (1986b) *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, **19**, 104.
118. Bosset, J., Seiber, R. and Gallmann, P. U. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 773.
119. Bossi, M. G., Giraffa, G., Carminati, D. and Neviani, E. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 135.
120. Bottazzi, V. (1983) In *Biotechnology: Food and Feed Production with Microorganisms*, Vol. 5, Ed. by Reed, G., Verlag Chemie, Weinheim, pp. 315–363.
121. Boyle, J. (1972) In *New Technical Developments in the Milk Industry*, Symposium Proceedings, October 1972,Vratney Doline.
122. Bray, S. L., Duthie, A. H., Nilson, K. M. and Atherton, H. V. (1979) *Cultured Dairy Products Journal*, **14(3)**, 9.
123. Brazuelo, A., Suarez, E., Riera, F. A., Alvarez, R., Iglesias, J. R. and Granda, J. (1995) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **69**, 283.
124. Bremer, L. G. B., Busterbosch, B. H., Schruvers, R., Van Vliet, T. and Walstra, P. (1990) *Colloids and surfaces*. **51**, 159.
125. Brik, H. (1981) In *Analytical Profiles of Drug Substances*, Ed. by Flory, K., Academic Press, New York, pp. 513–524.
126. Bringe, N. A. and Kinsella, J. E. (1990) *Journal of Dairy Research*, **57**, 365.
127. Bringe, N. A. and Kinsella, J. E. (1991) *Journal of Dairy Research*, **58**, 195.
128. Briston, J. H. (1989) In *Developments in Food Packaging*, Ed. by Palling, S. l, Applied Science Publishers, London, pp. 27–53.
129. Brooker, B. E. (1979) In *Food Microscopy*, Ed. by Vaughan, J. G., Academic Press, London, pp. 273–311.
130. Brooker, B. E. (1987) *Dairy Industries International*, **52(8)**, 17.
131. Broome, M. C., William, N., Roginski, H. and Hickey, M. W. (1982) *Australian Journal of Dairy Technology*, **37**, 139.
132. Brown, G. D. and Kosikowski, F. V. (1970) *American Dairy Review*, **32(4)**, 60.
133. Brown, J. R., Law, A. J. R. and Knight, C. H. (1995) *Journal of Dairy Research*, **62**, 431.
134. Brunner, J. R. (1974) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 2nd Edition, Ed. by Webb, B. H., Johnson, A. H. and Alford, J. A., AVI Publishing, Westport, pp. 474–602.
135. Buchheim, W., Peters, K. H. and Kaufmann, W. (1986) *Milchwissenschaft*, **41**, 139.
136. Burton, H. (1954) *Journal of Dairy Research*, **21**, 194.
137. Burton, H. (1988) In *Ultra-High-Temperature Processing of Milk and Milk Products*, Elsevier Applied Science, London.
138. Buttery, R. G. (1981) In *Flavour Research: Recent Advances*, Vol. 7, Ed. by Teranishi, R., Flath, R. A. and Sugisawa, H., Marcel Dekker, New York, pp. 175–210.
139. Bylund, G. (1995) In *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden.
140. Calvo, M. M. and De Rafael, D. (1995) *Journal of Dairy Research*, **62**, 641.
141. Calvo, M. M., Leaver, J. and Banks, J. M. (1993) *International Dairy Journal*, **3**, 719.
142. Calvo, M. M., Ordonez, J. A. and Olano, A. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 506.
143. Canales, I. (1991) *Food Marketing and Technology*, **5(4)**, 5.
144. Canas, B. J., Harvey, D. C., Robinson, L. R., Sullivan, M. P., Joe JR., F. L. and Diachenko, G.W. (1989) *Journal of Association Official Analytical Chemists*, **77**, 873.
145. Caric, M. (1994) In *Concentrated and Dried Dairy Products*, VCH Publishers, New York.
146. Caric, M. and Kalab, M. (1987) *Food Microstructure*, **6**, 171.
147. Caric, M., Gavaric, D. and Markov, S. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 281.
148. Carmi, K. J. and Santa Maria, C. I. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 510.
149. Carnell, J. (1989) In *New Ideas in Fermented Dairy Products*, The Grindsted Dairy Seminar, London.
150. Castberg, H. B., Gjengedal, O. and Oterholm, B. (1986) *Nordishk Mejerundustrie*, **13(8)**, 36.
151. Castle, L., Mercer, A. J. and Gilbert, J. (1995) *Journal of Food Protection*, **58**, 170.

152. Castle, L., Offen, C. P., Baxter, M. J. and Gilbert, J. (1997a) *Food Additives and Contaminants*, **14**, 35.
153. Castle, L., Damant, A. P., Honeybone, C. A., Johns, S. M., Jickells, S. M., Sharman, M. and Gilbert, J. (1997b) *Food Additives and Contaminants*, **14**, 45.
154. Chandan, R. C. (Ed.) (1989) In *Yogurt – Nutritional and Health Properties*, National Yogurt Association, Virginia.
155. Chandan, R. C. and Shahani, K. M. (1993) In *Dairy Science & Technology*. Vol. 2, Ed. by Hui, Y.H., VCH Publishers, New York, pp. 1–56.
156. Chandan, R. C. and Shahani, K. M. (1995) In *Biotechnology: Enzymes, Biomass, Food and Feed*, Vol. 9, Ed. by Reed, G. and Nagodawithana, T. W., VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany, pp. 385–418.
157. Chapman, H. R., Ford, J. E., Kon, S. K., Thompson, S. Y., Rowland, S. J., Crossley, E. L. and Rothwell, J. (1957) *Journal of Dairy Research*, **24**, 191.
158. Chase, D. (1981) *Milk Industry*, **83(5)**, 29.
159. Chaussadas, J. (1986) European Patent Application, EP 0172628A2.
160. Chawal, A. K. and Balachandran, R. (1986) *Indian Dairyman*, **38**, 386.
161. Cheeseman, G. C. (1975) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **28**, 181.
162. Chen, J. C. and Chou, C. C. (1993) In *A Manual for Cane Sugar Manufacturers & Their Chemists*, 12th Edition, John Wiley & Sons, London.
163. Cheryan, M. (1986) In *Ultrafiltration Handbook*, Technomic, Bazel.
164. Cho-Ah-Ying, F., Duitschaver, C. L. and Buteau, C. (1990) *Cultured Dairy Products Journal*, **25(3)**, 11.
165. Chung, S. H., Kim, K. S., Lim, S. D., Kim, H. S. and Lee, S. W. (1997a) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 504.
166. Chung, S. H., Kim, K. S., Lim, S. D., Kim, H. S., Choi, I. W. and Lee, S. W. (1997b) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 560.
167. Cislaghi, S., Chirico, D., Pirovano, F. and Sozzi, T. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 299.
168. Cobos, A., Horne, D. S. and Muir, D. D. (1995a) *Milchwissenschaft*, **50**, 444.
169. Cobos, A., Horne, D. S. and Muir, D. D. (1995b) *Milchwissenschaft*, **50**, 603.
170. Cogan, T. M. (1977) *Irish Journal of Food Science & Technology*, **1**, 95.
171. Coghill, D. M. (1983) *Dairy Products*, **11(1)**, 14.
172. Van Coillie, R. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 116–118.
173. Colangelo, M. (1980) *Dairy Field*, **163(10)**, 95.
174. Collins, P. and Timberlake, C. (1993) *International Food Ingredients*, November/December No. **6**, 32.
175. Collins, J. L., Ebah, C. B., Mount, J. R. and Draughon, F. A. (1991a) *Journal of Food Science*, **56**, 685.
176. Collins, J. L., Ebah, C. B., Mount, J. R., Dradghon, F. A. and Demott, B. J. (1991b) *Journal of Food Science*, **56**, 682.
177. Collins, J. L., Ebah, C. B., Mount, J. R., Draughon, F. A., Demott, B. J. and Penfield, M. P. (1991c) *Tennesse Farm and Home Science*, **Spring, 4.**
178. Conc, S. and Uysal, H. R. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 16.
179. Corredig, M. and Dalgleish, D. G. (1996a) *Milchwissenschaft*, **51**, 123.
180. Corredig, M. and Dalgleish, D. G. (1996b) *Journal of Dairy Research*, **63**, 441.
181. Cousin, M. A. (1977) *Dissertation Abstracts International B*, **37**, 4966.
182. Cousin, M. A. and Marth, E. H. (1977a) *Journal of Food Protection*, 40, 475.
183. Cousin, M. A. and Marth, E. H. (1977b) *Cultured Dairy Products Journal*, **12(2)**, 15.
184. Coutsoucos, S. M. and Colli, C. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 344.
185. Cowle, B. (1985) *Dairy Industries International*, **50(10)**, 23.
186. Creamer, L. K. (1991) In *Interactions of Food Proteins*, Ed. by Parris,N.and Barford, R., American Chemical Society, Washington DC, pp. 148–163.
187. Creamer, L. K., Macgibbon, A. K. H. and Hargreaves, J. B. (1994) *XXIV International Dairy Congress*, Computer diskette – Section Developments in Dairy Science.
188. Crosby, N. T. (1981) In *Food Packaging Materials -Aspects of Analysis and Migration of Contaminants*, Applied Science Publishers, London.
189. Crosby, G. A. and Wingard JR., R. E. (1979) In *Developments in Sweetners – 1*, Ed. by Hough, E. A. M., Parker, K. J. and Vlitos, A. J., Applied Science Publishers, London, pp. 135–164.
190. Cuq, B., Gontard, N. and Guilbert, S. (1995) In *Active Food Packaging*, Ed. by Rooney, M. L., Blackie Academic and Professional, London, pp. 111–142.
191. Czarnocka-Roczniakowa, B. and Maciejska, A. (1985) *Acta Almentwia Polonica*, **11**, 461.
192. Daget, N. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 459.
193. Dalgleish, D. G. (1990a) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1513–1525.
194. Dalgleish, D. G. (1990b) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **38**, 1995.
195. Dalgleish, D. G. and Law, A. J. R. (1988) *Journal of Dairy Research*, **55**, 529.
196. Dalgleish, D. G. and Law, A. J. R. (1989) *Journal of Dairy Research*, **56**,727.
197. Dalgleish, D. G. and Sharma, S. K. (1993) In *Protein and Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenisation and Other Technical Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 7–17.

198. Dalgleish, D. G., Tosh, S. M. and West, S. (1996) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **50**, 135.
199. Dannenberg, F. and Kessler, H.-G. (1988a) *Mtlchwissenschaft*, **43, 3**.
200. Dannenberg, F. and Kessler, H.-G. (1988c) *Journal of Food Science, S3*, 258.
201. Dannenberg, F. and Kessler, H.-G. (1988d) *Milchwissenschaft*, **43**, 632.
202. Dannenberg, F. and Kessler, H.-G. (1988e) *Milchwissenschaft*, **43**, 700.
203. Davide, C. L. (1986) *Research at Los Banos*, 5(2), 28.
204. Davidson, S., Passmore, R., Brock, J. F. and Truswell, A. S. (1979) In *Human Nutrition and Dietetics*, 7th Edition, Churchill Livingstone, Edinburgh.
205. Davies, F. L., Shankar, P. A., Brooker, B. E. and Hobbs, D. G. (1978) *Journal of Dairy Research*, **45**, 53.
206. Davis, J. G. (1968) In *Quality Control in the Food Industry*, Vol. 2, Ed. by Herscdoerfer, S.M. Academic Press. London, pp. 29–194.
207. Davis, J. G. (1973) *Food Manufacture*, **48(6)**, 23.
208. Debeukellar, N. J., Cousin, M. A., Bradley Jr., R. L. and Marth, E. H. (1977) *Journal of Dairy Science*, **60**, 857.
209. Degremont, G. (1991a) In *Water Treatment Handbook*, Vol. 2, Lavoisier Publishing, Paris, pp. 208–217.
210. Degremont, G. (1991b) In *Water Treatment Handbook*, Vol. 2, Lavoisier Publishing, Paris, pp. 823–834.
211. Desai, S. R., Toro, V. A. and Joshi, S. V. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, **47**, 870.
212. Desarzens, C. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 284.
213. Dexter, C. (1976) *Food Manufacture*, **51(2)**, 17.
214. Dieffenbacher, A. and Trisconi, M. J. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 284.
215. Dixon, B. D (1985) *Australian Journal of Dairy Technology*, **40**, 91.
216. Dordovic, J., Macej, O., Misic, D. and Asanin, S. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 254.
217. Doreau, A. (1994) *Dairy Industries International*, **59(8)**, 31.
218. Driessen, F. M. (1989) In *Monograph on Heat-Induced Changes in Milk*, Ed. by Fox, P. P., Doc. No. 238, International Dairy Federation, Brussels, pp. 71–93.
219. Dupont, J. F. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarseen, pp. 252–255.
220. Duthie, A. H., Wulff, S., Nilson, K. M., Atherton, H. V. and Garrett, L. D. (1977) *Cultured Dairy Products Journal*, **12(4)**, 8.
221. Dutta, S. M., Kuila, R. K. and Ranganathan, B. (1973) *Milchwissenschaft*, **28**, 231.
222. Dybing, S. T. and Smith, D. E. (1991) *Cultured Dairy Products Journal*, **26(1)**, 4.
223. Edwards, D. I. (1980) In *Antimicrobial Drug Action*, Macmillan Press, London.
224. Ehret-Henry, J., Ducruet, V., Luciani, A. and Feigenbaum, A. (1994) *Journal of Food Protection*, **59**, 990.
225. Ehrhardt, F. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 135.
226. Eigel, W. N., Butler, J. E., Ernstrom, C. A., Farrell Jr., H. M., Harwalkar, V. R., Jenness, R. and Whitney, R. M. C. L. (1984) *Journal of Dairy Science*, **76**, 1599.
227. Eklund, T. (1983) *Journal of Applied Bacteriology*, **54**, 383.
228. Eklund, T. and Brenne, E. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 976.
229. El-Batawy, M. A., Ibrahim, S. A. and Hefnawy, Sh. A. (1987) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **15**, 239.
230. El-Etriby, H. M., Al-Khamy, A. F. and Shahein, N. M. (1994) *Annals of Agricultural Science – Moshtohor*, **32**, 1635.
231. Elfagm, A. A. and Wheelock, J. V. (1977) *Journal of Dairy Research*, **44**, 367.
232. Elfagm, A. A. and Wheelock, J. V. (1978a) *Journal of Dairy Science*, **61**, 28.
233. Elfagm, A. A. and Wheelock, J. V. (1978b) *Journal of Dairy Science*, **61**, 159.
234. El-Kenany, Y. M., Seamov, J. and Ibrahim, F. S. (1996) *Annals of Agricultural Science – Moshtohor*, **34**, 335.
235. Eller, T. (1988) *Dairy Industries International*, **53(6)**, 39.
236. Elms, W. J. (1989) In *Trends in Food Science and Technology*, Association of Food Scientists and Technologists (India), Mysore, pp. 708–720.
237. El-Safty, M. S. and El-Zayat (1984) *Journal of Dairy Research*, **51**, 471.
238. El-Samragy, Y. A., Hansen, C. L. and McMahon, D. J. (1993a) *Journal of Dairy Science*, **76**, 388.
239. El-Samragy, Y. A., Hansen, C. L. and McMahon, D. J. (1993b) *Journal of Dairy Science*, **76**, 2886.
240. Erba, M. L., Forni, E., Colonello, A. and Giangiacomo, R. (1994) *Food Chemistry*, 50,69.
241. Espie, W. E. and Madden, R. H. (1997) *Milchwissenschaft*, **52**, 249.
242. Fairbairn, D. J. and Law, B. A. (1986) *Journal of Dairy Research*, **53**, 139.
243. Fao/who (1990) In *Codex Alimentarius-Abridged Version*, Joint FAO/WHO Food Standards Programme – Codex Alimentarius Commission, Ed. by Smith, B. L., Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome.
244. Farkye, N. Y. and Imafidon, G. I. (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk*, Ed. by Fox, P. P., Special Issue, No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 331–348.
245. Farooq, K. and Haque, Z. U. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 2676.
246. Farquhar, J. and Symons, H. W. (1992) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **12**, 210.

247. Farrell, Jr., H. M., Brown, E. M. and Kumosinski, T. F. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1526–1533.
248. Fellows, J. W., Chang, S. W. and Keller, S. E. (1991a) *Journal of Dairy Science*, **74**, 3345.
249. Fellows, J. W., Chang, S. W. and Shazer, W. H. (1991b) *Journal of Food Science*, **56**, 689.
250. Ferguson, P. H. (1989) In *Process Engineering in the Food Industry - Developments and Opportunities*, Ed. by Field, R. W. and Howell, J. A., Elsevier Applied Science, London, pp. 237-247.
251. Fetlinski, A., Khaut, T., Kornacki, K. and Rybika, Z. (1982) In *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 2, p.303.
252. Fiedlerova, V., Shultis, K., Houska, M. and Kristan, P. (1993) *Potravinarske Vedy*, **11(4)**, 265.
253. Fischer, T. (1996) *Food Ingredients and Analysis International*, **18(6)**, 27.
254. Fisher, C. and Scott, T. R. (1997) In *Food Flavours – Biology and Chemistry,The* Royal Society of Chemistry, Cambridge.
255. Flinger, K., Lindamood, J. B. and Hansen, P. M. T. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, **23(1)**, 5.
256. Fluckiger, E. (1976) In *Technical Guide for Packaging of Milk and Milk Products*, Doc. No. 92, International Dairy Federation, Brussels, pp. 55–59.
257. Fluckiger, E. (1980) In *Dairy Packaging-Newsletter*, No. 5, International Dairy Federation, Brussels.
258. Fluckiger, E. (1982) In *Technical Guide for Packaging of Milk and Milk Products*, 2nd Edition, Doc. No. 143, International Dairy Federation, Brussels, pp. 93–97.
259. Fluckiger, E. (1986) *Dairy Packaging Newsletter*, No. **14**, 2.
260. Ford, J. E. and Thompson, S. Y. (1981) In *New Monograph on UHT Milk*, Doc. No. 133, International Dairy Federation, Brussels, pp. 65–70.
261. Fox, P. P. (Ed.) (1989) In *Monograph on Heat-Induced Changes in Milk*, Doc. No. 238, International Dairy Federation, Brussels.
262. Fox, P. F. (Ed.) (1991) In *Food Enzymology*, Vol. 1, Elsevier Science Publishers, London.
263. Fox, P. F. (Ed.) (1992) In *Advanced Dairy Chemistry: Proteins*, Vol. 1, 2nd Edition, Chapman & Hall, London.
264. Fox, P. F. (Ed.) (1994) In *Advanced Dairy Chemistry: Lipids*, Vol. 2, 2nd Edition, Chapman & Hall, London.
265. Fox, P. F. (Ed.) (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk*, 2nd Edition, Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels.
266. Fox, P. F. (Ed.) (1997) In *Advanced Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Vitamins*, Vol. 3, 2nd Edition, Chapman & Hall, London.
267. Fox, P. F. and Flynn, A. (1994) In *Dairy Products in Human Health and Nutrition*, Ed. by Serano Rios, M., Sastre, A., Perez Juez, M. A., Estrala, A. and de Sebastian, C. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, pp. 97–109.
268. Frank, J. F. and Christen, G. I. (1985) *Journal of Food Protection*, **48**, 799.
269. Freeman, M. (1992) *Food Processing*, **61(10)**, 39.
270. Frost, J., Hegedus, E. F, and Glicksman, M. (1984) *Food Technology*, **38(1)**, 118.
271. Fryer, P. J., Belmar-Beiny, M. T. and Schreier, P. J. R. (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk*, 2nd Edition, Ed. by Fox, P.P., Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 364–395.
272. Galesloot, Th. E. (1958) *Netherland Milk and Dairy Journal*, **12**, 130.
273. Galiegue, D. and Thiry, E. (1990) French Patent Application, FR 2 633 906 Al.
274. Garcia Melian, M., Bernal Torres, E. and Valera Diaz, M. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 10.
275. Gassen, M. A. and Frank, J. F. (1991) *Journal of Dairy Science*, **74**, 1503.
276. Gautneb, T., Steinsholt, K. and Abrahamsen, R. K. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 478.
277. Ged, J. and Alais, C. (1976) *Lait*, **56**, 407.
278. Van Gennip, A. J. M. (1973) In *Emulsions and Foams in Food Technology*, Symposium Proceedings, Ebeltoft.
279. Van Gennip, A. H. M. (1980) In *Rohstoffkunde und Training Seminar fur Einkaufer der Susswarenidustrie*, Symposium Proceedings, Solingen.
280. Van Gennip, A. H. M. (1981a) In *Whey – A Valuable Raw Material for Food in the Eighties*, Lecture presented at the Agricultural University, Athens.
281. Van Gennip, A. H. M. (19810) In *Milk Proteins in Some Practical Applications*, Lecture presented at the Agricultural University, Athens.
282. Getler, J., Nielsen, A. and Sprogo, J. (1997) *Dairy Industries International*, **62(3)**, 25.
283. Giangiacomo, R., Torreggiani, D., Erba, M. L. and Messina, G. (1994) *Italian Journal of Food Science*, **3**, 345.
284. Gilbert, J. and Startin, J. R. (1983) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **34**, 647.
285. Gilles, J. and Lawrence, R. C. (1979) In *Monograph on Recombination of Milk and Milk Products – Technology and Engineering Aspects*, Doc. No. 116, International Dairy Federation, Brussels, pp. 33–35.
286. Gilles, J. and Lawrence, R. C. (1982) In *Proceedings of IDE Seminar on Recombination of Milk and Milk Products*, Doc. No. 142, International Dairy Federation, Brussels, pp. 111–118.
287. Gilmour, A. and Rowe, M. T. (1990) In *Dairy Microbiology – The Microbiology of Milk*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K. Elsevier Science Publishers, London, pp. 37–75.

288. Gjengedal, O. and Oterholm, B. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 333.
289. Glicksman, M. (1969) In *Gum Technology in the Food Industry*, Academic Press, London.
290. Glicksman, M. (1979) In *Polysoccharides in Food*, Ed. by Blanchard, J. M. V. and Mitcnell, J. R., Butterworth, London, pp. 185–204.
291. Glicksman, M. (Ed.) (1982) In *Food Hydrocolloids*, Vol. I, CRC Press, Boca Raton.
292. Glicksman, M. (Ed.) (1983) In *Food Hydrocolloids*, Vol. II, CRC Press, Boca Raton.
293. Glicksman, M. (1985) *Food Technology in New Zealand*, **20(10)**, 75.
294. Glicksman, M. (Ed.) (1986) In *Food Hydrocolloids*, Vol. III, CRC Press, Boca Raton.
295. Glover, F. A. (1971) *Journal of Dairy Research*, **38**, 373.
296. Glover, F. A. (1985) In *Ultrafiltration and Reverse Osmosis for the Dairy Industry*, Technical Bulletin No. 5, The National Institute for Research in Dairying (NIRD), Reading, U. K.
297. Glover, F. A., Skudder, P. J., Stothart, P. H. and Evans, E. W. (1978) *Journal of Dairy Research*, **45**, 291.
298. Goddard, S. J. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 639.
299. Goddard, S. J. and Augustin, M.-A. (1995) *Journal of Dairy Research*, **62**, 491.
300. Goh, J. S., Kim, G. Y. and Ahn, J. K. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 50.
301. Gonc, S., Kilic, S. and Uysal, H. R. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 16.
302. Gonzenbach, H. U. and Ochsner, P. A. (1983) US Patent 4406828.
303. Gordon, I. R. (1992) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry XI*, Ed. by Phillips, G. O., Williams, P. A. and Wedlock, D. J. Oxford University Press, Oxford, pp. 29–42.
304. Gotham, S. M., Fryer, P. J. and Pritchard, A. M. (1992) *International Journal of Food Science and Technology*, **27**, 313.
305. Gradhage, L. and Thurell, K. E. (1978) *XXth International Dairy Congress*, **IE**, 1019.
306. Grandi, J. C. and Lopes-Andrade, B. C. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 38.
307. Grandison, A. S. and Glover, F. A. (1994) In *Modern Dairy Technology – Advances in Milk Processing*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Chapman & Hall, London, pp. 273–311.
308. Greene, V. W. and Jezeski, J. J. (1957a) *Journal of Dairy Science*, **40**, 1046.
309. Greene, V. W. and Jezeski J. J. (1957b) *Journal of Dairy Science*, **40**, 1053.
310. Greene, V. W. and Jezeski, J. J. (1957c) *Journal of Dairy Science*, **40**, 1062.
311. Greig, R. I. W. and Harris, A. J. (1983) *Dairy Industries International*, **48(10)**, 17.
312. Greig, R. I. W. and Van Kan, J. (1984) *Dairy Industries International*, **49(10)**, 28.
313. Greig, R. I. W., Bayley, C. M. and Mansfield, K. A. (1985) *Dairy Industries International*, **50(8)**, 15.
314. Grenby, T. H. (Ed.) (1987) In *Developments in Sweetners - 3*, Elsevier Applied Science Publishers, London.
315. Grenby, T. H., Parker, K. J. and Lindley, M. G. (Eds.) (1983) In *Developments in Sweetners - 2*, Elsevier Applied Science Publishers, London.
316. Griffin Jr., R. C., Sacharow, S. and Brody, A. L. (1980) In *Principles of Food Packaging*, 2nd Edition, AVI Publishing, Westport.
317. Grigorov, H. (1966a) *XVI Ith International Dairy Congress*, **F:5**, 655.
318. Grigorov, H. (1966b) *XVHth International Dairy Congress*, **F:5**, 643.
319. Grigorov, H. (1966c) *XVIIth International Dairy Congress*, **F:5**, 649.
320. De Groof, B. (1993) In *Aseptic Processing of Foods*, Ed. by Reuter, H., Behr's Verlag, Hamburg, pp. 281–291.
321. Gruev, P. V. and Flejtas, O. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 13.
322. Gudnason, O. V., Crowe, L. M. and Chang, S. S. (1983) US Patent 4391 830.
323. Guilbert, S. and Gontard, N. (1995) In *Foods and Packaging Materials – Chemical Interactions*, Ed. by Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohisson, T. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 159–168.
324. Guinee, T. P., Mullins, C. G. and Reville, W. J. (1994) In *Second Food Ingredients Symposium*, Ed. by Koegh, M. K. National Dairy Products Research Centre, Permoy, pp. 73–86.
325. Guinee, T. P., Mullins, C. G., Reville, W. J. and Cotter, M. P. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 196.
326. Guirguis, N., Broome, M. C. and Hickey, M. W. (1984) *Australian Journal of Dairy Technology*, **39**, 33.
327. Guirguis, N., Verwsteeg, K. and Hickey, M. W. (1987) *Australian Journal of Dairy Technology*, **42**,7.
328. Gupta, R. K. and Prasad, D. N. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, **23(3)**, 17.
329. Gupta, R. K. and Prasad, D. N. (1989a) *Cultured Dairy Products Journal*, **24(1)**, 9.
330. Gupia, R. K. and Prasad, D. N. (1989b) *Cultured Dairy Products Journal*, **24(2)**, 11.
331. Gupta, R. K. and Prasad, D. N. (1989c) *Microhiologie, Aliments, Nutrition*, **7**, 123.
332. Hadland, G. and Hoffmann, T. (1974) *XlXth International Dairy Congress*, **IE**, 740.
333. Hall, T. A. (1975) *Cultured Dairy Products Journal*, **10(3)**, 12.
334. Hamdan, L. Y., Deane, D. D. and Kunsman Jr., J. E. (1971) *Journal of Milk and Food Technology*, **34**, 307.
335. Hammarling, L., Gustavsson, H. and Svensson, J. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 533.
336. Hamzawi, L. F. and Kamaly, K. M. (1992) *Cultured Dairy Products Journal*, **27(3)**, 26.
337. Hannigan, K. J. (1982) *Food Engineering*, **54(5)**, 87.
338. Hansen, R. (1980) *North European Dairy Journal*, **46**,135.

339. Hansen, P. M. T. and Flinger, K. (1996) US Patent 5449523.
340. Haque, Z. and Kinsella, J. E. (1988) *Journal of Dairy Research*, **55**, 67.
341. Harnett, M. and Muller, B. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 105.
342. Harper, W. J. (1976) In *Dairy Technology and Engineering*, Ed. by Harper, W. J. and Hall, C. W., AVI Publishing, Westport, pp. 18–74.
343. Harper, W. J. (1985) *Journal of Food Technology New Zealand*, **20(10)**, 29.
344. Harper, W. J. (1992) In *New Applications of Membrane Processes*, Special Issue No. 9201, International Dairy Federation, Brussels, pp. 77–108.
345. Harper, W. J. and Seiberling, D. A. (1976) In *Dairy Technology and Engineering, Ed.* by Harper, W. J. and Hall, C. W., AVI Publishing, Westport, pp. 185–212.
346. Harrison, S. K. and Bernhard, R. A. (1984) *Journal of Food Science*, **49**, 780.
347. Hartman, G. H. (1975) *Cultured Dairy Products Journal*, **10(2)**, 6.
348. Hartman, L. (1995) *Dairy Foods*, **96(6)**, 62.
349. Hartman, A. M. and Dryden, L. P. (1974) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 2nd Edition, Ed. by Webb, B. H., Johson, A. H. and Alford, J. A., AVI Publishing, Westport, pp. 325–401.
350. Harwalkar, V. R. and Kalab, M. (1980) *Journal of Texture Studies*, **11**, 35.
351. Harwalkar, V. R. and Kalab, M. (1981) *Scanning Electron Microscopy*, **III**, 503.
352. Harwalkar, V. R. and Kalab, M. (1986) *Food Microstructure*, **5**, 287.
353. Harwalkar, V. R. and Kalab, M. (1988) *Food Microstructure*, 7, 173.
354. Hasegawa, Y., Nakamura, Y., Tonogai, Y., Terasawa, S., Ito, Y. and Uchiyama, M. (1990) *Journal of Food Protection*, **53**, 1058.
355. Hassan, A. N., Frank, J. F., Farmer, M. A., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. (1995a) *Journal of Dairy Science*, **78**, 2624.
356. Hassan, A. N., Frank, J. F., Farmer, M. A., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. (1995b) *Journal of Dairy Science*, **78**, 2629.
357. Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. (1996a) *Journal of Dairy Science*, **79**, 2091.
358. Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. (1996b) *Journal of Dairy Science*, **79**, 2098.
359. Heath, H. B. (1983) *Food, Flavourings, Ingredients, Packaging and Processing*, **5(12)**, 31.
360. Heath, H. and Reineccius, G. (1986) In *Flavor Chemistry and Technology*, AVI Publishing, Westport.
361. Hedlung, B. (1976) *Nordeuropaeisk Mejeri-Tidsskrift*, **42**, 224.
362. Hedrick, T. I. (1983/84) *Drying Technology*, **2**, 329.
363. Heertje, I., Visser, J. and Smits, P. (1985) *Food Microstructure*, 4, 267.
364. Hegenbart, S. (1990) *Dairy Foods*, **91(1)**, 67.
365. Hekmat, S. and McMahon, D. J. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 3114.
366. Hendrickx, T. (1996) *International Food Ingredients*, **January/February** No. 1, 37.
367. Herner, E. (1987a) *Dairy Field*, **170(3)**, 31.
368. Herner, E. (1987b) *Dairy Field*, **170(5)**, 24.
369. Herner, E. (1987c) *Dairy Field*, **170(3)**, 26.
370. Herner, E. (1988) *Dairy Field*, **171(6)**, 39.
371. Hill, A. R. (1989) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, **22**, 120.
372. Hilliam, M. (1992) *Food Processing*, **61(9)**, 27.
373. Hinrichs, J. and Kessler, H.-G. (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk, 2nd* edition, Ed. by Fox, P. F., Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 9–21.
374. Hinsperger, T. G. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1077–1086.
375. Hirano, R., Yamamoto, T., Ooka, M. and Nakada, M. (1994) PCT International Patent Application, WO 94/22317A1.
376. Hoang, A. (1992) French Patent Application, FR 2665057A1.
377. Hod, T. (1995) *International Food Ingredients*, September/October No. 4, 47.
378. Hodrien, D. F. (1990) In *Food Ingredients Exhibition Britain*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 60–65.
379. Hoffmann, W., Schmidt, R. and Buchheim, W. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 93.
380. Hofi, M., Khorshid, M. A., Khalil, S. A. and Ismail, A. A. (1994/95) *Egyptian Journal of Food Science*, **22**, 189.
381. Holland, B., Welch, A. A., Unwin, I. D., Buss, D. H., Paul, A. A. and Southgate, D. A. T. (1991) In *McCance and Widdowson's – The Composition of Foods*, 5th Edition, The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
382. Hollar, C. M., Parris, N., Hsieh, A. and Cockley, K. D. (1995) *Journal of Dairy Science*, **78**, 260.
383. Holmstrom, P. (1996) *Scandinavian Dairy Information*, **10(2)**, 32.
384. Holt, C. (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk*, 2nd Edition, Ed. by Fox, *P. F.*, Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 105–133.
385. Holt, C. and Horne, D. S. (1996) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **50**, 85.
386. Holt, C., Davies, D. T. and Law, A. J. R. (1986) *Journal of Dairy Research*, **53**, 557.
387. Homler, B. E. (1984) *Food Technology*, **38(7)**, 50.

388. Van Hooydonk, A. C. M., Hadendoorn, H. G. and Boerrigter, I. J. (1986) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **40**, 281.
389. Horak, V., Cuhra, A., Dolejskova, J., Louda, F., Dragounova, H. and Neuhybel, P. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 183.
390. Horne, D. S. (1993) In *Hannah Research Institute Yearbook*, Hannah Research Institute, Ayr, pp. 81–86.
391. Horne, D. S. and Davidson, C. M. (1993) In *Protein & Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenization & Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 267-276. hoskins.j.c. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, 24(1), 14.
392. Hough, C. A. M., Parker, K. J. and Vlitos, A. J. (Eds.) (1979) In *Developments in Sweetners-I*, Elsevier Applied Science Publishers, London.
393. Houlihan, A. V., Goddard, P. A., Kitchen, B. J. and Masters, C. J. (1992a) *Journal of Dairy Research*, **59**, 321.
394. Houlihan, A. V., Goddard, P. A., Nottingham, S. M., Kitchen, B. J. and Masters, C. J. (1992b) *Journal of Dairy Research*, **59**, 187.
395. Howel, J., Dove, R. and Kuwata, T. (1990) In *Proceedings of Dairy Products Technical Conference*, April 1990, Chicago, pp. 43–59.
396. Hrabova, H. and Hylmar, B. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 22.
397. Hudson, M. J. (1986) *IFST Proceedings*, **19**, 134.
398. Huet, H. (1986) French Patent Application, FR 2566738A1.
399. Hugill, J. A. C. (1980) *Institute of Food Science and Technology Proceedings*, **13**, 251.
400. Humphreys, C. L. and Plunket, M. (1969) *Dairy Science Abstracts* (Review Article No. 154), **31**, 607.
401. Huss, M. and Kessler, H. G. (1991) *Lebensmitlelindustrie und Milchwirtschaft*, **112**, 982.
402. Hyde, K. A. and Rothwell, J. (1973) In *Ice Cream*, Churchill Livingstone, London.
403. Hyvonen, L. and Slotte, M. (1983) *Journal of Food Technology*, **18(1)**, 97.
404. Hyvonen, L. and Torma, R. (1983a) *Journal of Food Science*, **48**, 183.
405. Hyvonen, L. and Torma, R. (1983b) *Journal of Food Science*, **48**, 186.
406. Ibrahim, M. K. E., El-Abd, M. M., Mehriz, A. M. and Ramadan, F. A. M. (1993) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **21**, 245.
407. IDF (1979) In *Equipment Available for Membrane Processes*, Doc. No. 115, International Dairy Federation, Brussels.
408. IDF (1984) In *Fermented Milks*, Doc. No. 179, International Dairy Federation, Brussels.
409. IDF (1988a) In *Fermented Milks – Science and Technology*, Doc. No. 227, International Dairy Federation, Brussels.
410. IDF (1988b) In *Trends in Utilization of Whey and Whey Derivatives*, Doc. No. 233, International Dairy Federation, Brussels.
411. IDF (1990) In *Handbook on Milk Collection in Warm Developing Countries*, Special Issue No. 9002, International Dairy Federation, Brussels.
412. IDF (1992a) In *New Technologies for Fermented Milks*, Doc. No. 277, International Dairy Federation, Brussels.
413. IDF (1992b) In *New Applications of Membrane Processes*, Special Issue 9201, International Dairy Federation, Brussels.
414. IDF (1996) In *Advances in Membrane Technology/or Better Dairy Products*, Doc. No. 311, International Dairy Federation, Brussels.
415. Ilic, D. B. and Ashoor, S. H. (1988) *Journal of Dairy Science*, **71**, 1492.
416. Ingenpass, P. (1980) *Food, Flavouring, Packaging and Processing Journal*, **2(1)**, 16.
417. Ito, K. A. and Stevenson, K. E. (1984) *Food Technology*, **38(3)**, 60.
418. Iyengar, M. K., Nambudripad, V. K. N. and Dudani, A. T. (1967) *Indian Journal of Dairy Science*, **20**, 8.
419. Jakob, E. (1994) In *IDF Bulletin, Doc.* No. 298, International Dairy Federation, Brussels, pp. 17–27.
420. Jamrichova, S. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 436.
421. Jamrichova, S. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 71.
422. Jarmarova, M. and Hrabe, J. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 505.
423. Jaubert, J. N. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 788.
424. Jawalekar, S. D., Ingle, U. M., Waghmare, P. S. and Zanjad, P. N. (1993) *Indian Journal of Dairy Science*, **46**, 217.
425. Jelen, P. and Horbal, H. (1974) *Journal of Dairy Science*, **57**, 584.
426. Jelen, P., Buchheim, W. and Peters, K. H. (1987) *Milchwissenschaft*, **42**, 418.
427. Jenkins, W. A. and Harrington, J. P. (1991) In *Packaging Foods with Plastics*, Technomic Publishing, Pennsylvannia.
428. Jenness, R. (1988) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 3rd Edition, Ed. by Wong, N.P. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 1–38.

429. Jensen, F. (1972) *Annali Del Institute Superiore Di Sanita*, 8, 443.
430. Jepsen, S. (1977) *American Dairy Review*, **39(1)**, 29.
431. Jepsen, S. (1979) *Cultured Dairy Products Journal*, **14(1)**, 5.
432. Jiang, J. X., Zhu, S. W., Zhu, Y. and Chen, B. Q. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 345.
433. Jogdand, S. B., Lembhe, A. K. and Ambadkar, R. K. (1991a) *Asian Journal of Dairy Research*, **10**, 169.
434. Jogdand, S. B., Lembhe, A. F., Ambadkar, R. K. and Chopade, S. S. (1991b) *Indian Journal of Dairy Science*, **44**, 459.
435. Johansen, O. and Buer, H. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 818.
436. Johnston, D. E. and Murphy, R. J. (1992) *Journal of Dairy Research*, **59**, 197.
437. De jong, P. and Van Der Linden, H. J. L. T. (1993) In *Protein & Fat Globule Modification by Heat Treatment, Homogenization & Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 277–284.
438. De Jong, P., Bouman, S. and Van Der Linden, H. J. L. T. (1992) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **45**, 3.
439. Jordano, R. (1987) *Microbiologie Aliments Nutrition*, 5, 253.
440. Jost, R., Dannenberg, F. and Gumy, D. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1481–1491.
441. Junk, W. R. and Pancoast, H. M. (1973) In *Handbook of Sugars*, AVI Publishing, Westport.
442. Kailasapathy, K. and Supriadi, D. (1996) *Milchwissenschaft*, **51**, 565.
443. Kailasapathy, K., Supriadi, D. and Hourigan, J. A. (1996a) *Australian Journal of Dairy Technology*, **51**, 89.
444. Kailasapathy, K., Nguyen, M., Khan, M. M. and Hourigan, J. A. (1996b) *Food Australia*, **48**, 281.
445. Kalab, M. (1979a) *Journal of Dairy Science*, **62**, 1352.
446. Kalab, M. (1979b) *Scanning Electron Microscopy*, **III**, 261.
447. Kalab, M. (1992) In *Encyclopedia of Food Science and Technology*, Vol. 2, Ed. by Hui, Y. H. John Wiley & Sons, New York, pp. 1170–1196.
448. Kalab, M. (1993) *Food Structure*, **12**, 95.
449. Kalab, M. and Caric, M. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1457–1480.
450. Kalab, M. and Harwalkar, V. R. (1973) *Journal of Dairy Science*, **56**, 835.
451. Kalab, M. and Harwalkar, V. R. (1974) *Journal of Dairy Research*, **41**, 131.
452. Kalab, M., Emmons, D. B. and Sargant, A. G. (1975) *Journal of Dairy Research*, **42**, 453.
453. Kalab, M., Emmons, D. B. and Sargant, A. G. (1976) *Milch wissenschaft*, **31**, 402.
454. Kalab, M., Phipps-Todd, B. E. and Allan-Wojtas, P. (1982) *Milchwissenschaft*, **37**, 513.
455. Kalab, M., Allan-Wojtas, P. and Phipps-Todd, B. E. (1983) *Food Microstructure*, **2**, 51.
456. Kalab, M., Allan-Wojtas, P. and Miller, S. S. (1995) *Trends in Food Science and Technology*, **6**, 177.
457. Kammerlehner, J. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 152.
458. Kannan A. and Jenness, R. (1961) *Journal of Dairy Science*, **44**, 808.
459. Kaplinsky, R. (1989) In *Cane Sugar: The Small Scale Processing Option*, Intermediate Technology Publication, London.
460. Kasapis, S., Morris, E. R. and Norton, I. T. (1992) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry XI*, Ed. by Phillips, G. O., Williams, P. A. and Wedlock, D. J., Oxford University Press, Oxford, pp. 419–428.
461. Katz, F. (1991) In *Biotechnology and Food Ingredients*, Ed. by Goldberg, I. and Williams, R., Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 315–326.
462. Kaufman, S. P., Langler, J. E. and Padhye, V. W. (1990) US Patent 4952414.
463. Kaytanli, M. (1993) *Journal of Dairying, Foods and Home Science*, **12(1)**, 8.
464. Keating, K. R. and White, C. H. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73**, 54.
465. Kebary, K. M. K. and Kamaly, K. M. (1991) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **19**, 157.
466. Kebary, K. M. K. and Morris, H. A. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24(2)**, 4.
467. Keck, D. (1983) *Dairy Field*, **166(10)**, 68.
468. Keck, D. (1991a) *Dairy Field*, **92(1)**, 66.
469. Keck, D. (1991b) *Dairy Field*, **174(2)**, 28.
470. Kessler, H.-G. (1981) In *Food Engineering and Dairy Technology*, M. Wotzilka, Translator, Verlag A. Kessler, Freising, Germany.
471. Kessler, H.-G. and Kammerlehner, J. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 283.
472. Kessler, H.-G., Aquilera, J. M., Dannenberg, F. and Kulkarni, S. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol 3, pp. 2005–2020.
473. Kessler, H.-G., Aquilera, J. M., Dannenberg, F. and Kulkarni, S. (1991) *European Dairy Magazine*, **3(2)**, 6.
474. Kieseker, F. G. and Healey, D. (1996) *Australian Journal of Dairy Technology*, **51**, 83.
475. Kilara, A. and Treki, N. (1984) *Developments in Industrial Microbiology*, **25**, 125.
476. Kim, E. J. and Choi, W. Y. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 728.
477. Kim, Y. J. and Hwang, I. H. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 799.
478. Kim, H.-H. Y. and Jimenez-Flores, R. (1995) *Journal of Dairy Science*, **78**, 24.
479. Kim, H. J., Kim, T. J. and Yoon, H. J. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 595.

480. Kinsella, J. E. (1986) In *New Dairy Products via New Technology*, Proceedings of IDF Seminar, Atlanta October 1985, International Dairy Federation, Brussels, pp. 87–105.
481. Kishonti, E. (1975) In *Proceedings of the Lipolysis Symposium*, Doc. No. 86, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp. 121–124.
482. Kiss, I. (1975) *Acta Alimentaria*, **4**, 95.
483. Kisuk, J., Youngjung, K. and Shinin, P. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 127.
484. Kivi, G. C. (1981) *Cultured Dairy Products Journal*, **16(3)**, 24.
485. Kjaergaard-Jensen, G.(1990) In *Recombination of Milk and Milk Products*, Special Issue No. 9001, International Dairy Federation, Brussels, pp. 104–125.
486. Kjaergaard-Jensen, G., Ipsem, R. H. and Ilsoe, C. (1987) *Food Technology*, **41(10)**, 66.
487. Klaver, F. A. M., Stadhouders, J. J. and Kingma, F. (1991) European Patent Application, EP 0443653A1.
488. Klaver, F. A. M., Kingma, F. and Weerkamp, A. H. (1992a) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **46**, 31.
489. Klaver, F. A. M., Kingma, F., Martin, J., Timmer, K. and Weerkamp, A. H. (1992b) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **46**, 19.
490. Klupsch, H. J. (1987) *Deutsche Milchwirtschaft*, **38**, 1091.
491. Klupsch, H. J. (1989) *Molkereitechnik*, **82-83**, 133.
492. Klusters, P. and Paul, H. (1987) European Patent Application, EP 0212 623 A2.
493. Kneifel, W. and Seiler, A. (1993) *Food Structure*, **12**, 297.
494. Koenraads, J. P. J. M. and De Boer, R. (1986) European Patent Application, EP 0184267A1.
495. Kon, S. K. (1972) In *Milk and Milk Products in Human Nutrition*, FAO Nutritional Studies Publication No. 27, 2nd Edition, FAO, Rome.
496. Kontova, M. and Prekoppova, J. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. **II**, 352.
497. Kosikowski, F. V. (1986) In *Membrane Separations in Biotechnology*, Ed. by McGregor, W. C., Marcel Dekker, New York, pp. 201–254.
498. Kratz, R. and Dengler, K. (1995a) *Food Technology Europe*, 2, 130.
499. Kratz, R. and Dengler, K. (1995b) *Lebensmittet – und Biotechnologie*, **12(3)**, 93.
500. Kratz, R. and Dengler, K. (1995c) *Lebensmittelindustrie – und Milchwirtschaft*, **116**, 640.
501. Kratz, E., Veid, C. and Endrez, H.-U. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 119–123.
502. Kretz, L. (1987) French Patent Application, FR 2 596023 Al.
503. Krishna, G. G., Rao, B. V. R. and Rao, T. J. (1984) *Journal of Food Science and Technology – India*, **21**, 48.
504. Kroger, M., Kurmann, J. A. and Rasic, J. L. (1989) *Food Technology*, **43(1)**, 92.
505. Kroger, M., Kurmann, J. A. and Rasic, J. L. (1992) In *Applications of Biotechnology to Traditional Fermented Foods*, National Academy Press, Washington D. C, pp. 61–67.
506. Kulkarni, S., Huss, M., Kessler, H.-G. and Plock, J. (1990a) *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **111**, 1144.
507. Kulkarni, S., Huss, M., Kessler, H.-G. and Plock, J. (1990b) *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **111**, 888.
508. Kulkarni, S., Huss, M., Kessler, H.-G. and Plock, J. (1990c) *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **111**,950.
509. Kulkarni, S., Huss, M., Kessler, H.-G. and Plock, J. (1990d) *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **111**, 1010.
510. Kumar, K. R. (1989) In *Trends in Food Science and Technology*, Association of Food Scientists and Technologists (India), Mysore, pp. 702–707.
511. Kumar, S. R. M. and Atmaram, K. (1991) *Mysore Journal a/Agricultural Sciences*, **25**, 364.
512. Kumar, S. and Mathur, B. N. (1989) *Indian Journal of Dairy Science*, **42**, 194.
513. Kurwijila, R. L. N., Schulthess, W. and Gomez, M. I. (1983) *Cultured Dairy Products Journal*, **18(1)**, 18.
514. Labatut, M. L. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 85–88.
515. Labropoulos, A. E., Lopez, A. and Palmer, J. K. (1981a) *Journal of Food Protection*, **44**, 874.
516. Labropoulos, A. E., Lopez, A. and Palmer, J. K. (1981b) *Journal of Texture Studies*, **12**, 365.
517. Labropoulos, A. E., Palmer, J. K. and Tao, P. (1982) *Journal of Dairy Science*, **65**, 191.
518. Labropoulos, A. E., Collins, W. F. and Stone, W. K. (1984) *Journal of Dairy Science*, **67**, 405.
519. Labuza, T. P. (1980) *Food Technology*, **34(4)**, 36.
520. Lang, A. (1972) *Journal of Food Technology - Australia*, **24**, 350.
521. Lang, F. (1981a) *Milk Industry*, **83(2)**, 42.
522. Lang, F. (1981b) *Milk Industry*, **83(3)**, 25.
523. Langeveld, L. P. M., Bolle, A. C. and Hiddink, J. (1984) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **38**, 19.
524. Langley-Danysz, P. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 125.
525. Lanzanova, M., Lodi, R., Mucchetti, G. and Neviani, E. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 51.
526. Larson, B. L. (Ed.) (1978) In *Lactation – A Comprehensive Treatise*, Vol. IV, Academic Press, New York.
527. Larson, B. L. and Rolleri, G. D. (1955) *Journal of Dairy Science*, **38**, 351.
528. Larson, B. L. and Smith, V. R. (Eds.) (1974a) In *Lactation – A Comprehensive Treatise*, Vol. 1, Academic Press, New York.

529. Larson, B. L. and Smith, V. R. (Eds.) (1974b) In *Lactation – A Comprehensive Treatise*, Vol. II, Academic Press, New York.
530. Larson, B. L. and Smith, V. R. (Eds.) (1974c) In *Lactation – A Comprehensive Treatise*, Vol. III, Academic Press, New York.
531. Latrille, E., Picque, D., Ferret, B. and Corrieu, G. (1992) *Journal of Fermentation and Bioengineering*, **74**(1), 32.
532. Lau, O.-W., Lung, M.-T. and Mok, C. S. (1995) *International Journal of Food Science and Technology*, **30**, 397.
533. Law, A. J. R. (1995) *Journal of Dairy Research*, **63**, 35.
534. Law, A. J. R. (1996) *Milchwissenschaft*, **50**, 384.
535. Law, A. J. R. and Brown, J. R. (1994) *Milchwissenschaft*, **49**, 674.
536. Law, A. J. R. and Tziboula, A. (1992) *Milchwissenschaft*, **47**, 558.
537. Law, A. J. R. and Tziboula A. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 68.
538. Law, A. J. R., Leaver, J., Banks, J. M. and Hornes, D. S. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 663.
539. Law, A. J. R., Hornes, D. S., Banks, J. M. and Leaver, J. (1994) *Milchwissenschaft*, **49**, 125.
540. Ledder, K. H. and Thomasow, J. (1975) *Dairy Science Abstracts*, 37,520. lee, s.h. and kim, h.h. (1985a) In *Proceedings of the 3rd AAAP Animal Science Congress*, Vol. 2, Seoul, pp.1127–1129.
541. Lee, S. H. and Kim, H. H. (1985b) *Korean Journal of Animal Science*, **27**, 480.
542. Lee, E. B. and Kim, J. W. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 114.
543. Lee, J. H. and Yoon, Y. H. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 645.
544. Lee, S. P., Kim, D. S., Watkins, S. and Batt, C. A. (1994) *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, **58**, 309.
545. Legraet, Y. and Brule, G. (1993) *Lait*, **73**, 51.
546. Lehmann, H. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 728.
547. Leipold, D. P. (1983) US Patent 4370354.
548. Lentner, C. (Ed.) (1981) In *Geigy Scientific Tables*, Vol. 1, 8th Edition, Ciba-Geigy, Basle.
549. Lin, J. C. C. and Cunningham, F. E. (1984) *Journal of Food Science*, **49**, 1444.
550. Ling, E. R., Kon, S. K. and Porter, J. W. G. (1961) In *Milk: The Mammary Gland and its Secretion*, Vol. II, Ed. by Kon, S. K. and Cowie, A. T, Academic Press, London, pp. 195–263.
551. Linssen, J. P. H., Verheul, A., Roozen, J. P. and Postumus, M. A. (1992) *International Dairy Journal*, **2**, 33.
552. Linssen, J. P. H., Janssens, A. L. G. M., Reitsma, H. C. E., Bredie, W. L. P. and Roozen, J. P. (1993) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **61**, 457.
553. Linssen, J. P. H., Janssens, J. L. G. M., Reitsma, J. C. E. and Roozen, J. P. (1995) In *Foods Packaging Materials – Chemical Interactions*, Ed. by Ackermann, P., Jagerstaad, M. and Ohisson, T. Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 74–83.
554. Von Lipinski, G. W. R. (1990) *International Zeitschrift fur Lebensmittel – Technik, Marketing, Verpackung und Analytik*, **41**, 649.
555. Von Lipinski, G. W. R. and Klein, E. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 114.
556. Lo, C. G., Lee, K. D., Richter, R. L. and Dill, C. W. (1996) *Journal of Dairy Science*, **79**, 2081.
557. Locatelli, D. P. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 685.
558. Lokkebert, O. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 839.
559. Lorenzen, P. C. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 839.
560. Lotz, A., Klug, C. and Kreuder, K. (1992) *Dairy Industries International*, **57**(2), 27.
561. Lotz, A., Klug, C., Kreuder, K. and Ladwig, H. P. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 578.
562. Luczynska, A., Bijok, P., Wajnert, T., Kazimirczak, W., Lipinska, E., Kosikowska, M. and Jakubczyk, E. (1978) *XXth International Dairy Congress*, IE, 836.
563. Lyster, R. L. J. (1979) In *Effect of Heating on Foodstuffs*, Ed. by Priestley, R. J., Applied Science Publishers, London, pp. 353–372.
564. Maarse, H. (Ed.) (1991) In *Volatile Compounds in Foods and Beverages*, Marcel Dekker, New York.
565. Maas, H. (1997) *Dairy Industries International*, **62**(11), 35.
566. MacDonald, O. and Cox, G. (1988) *Dairy Industries International*, **53**(4), 23.
567. Macias Matos, C., Vidand Candebat, Z., Prieto Gonzalez, Y. and Fontaine Semanat, M. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 8.
568. Maciejska, A. and Czarnocka-Roczniakowa, B. (1985) *Acta Alimentaria Polonica*, **11**, 469.
569. Maciejska, A. and Czarnocka-Roczniakowa, B. (1989) *Acta Alimentaria Polonica*, **15**, 261.
570. Macleod, A., Fedio, W. M. and Ozimek, L. (1995) *Milchwissenschoft*, **50**, 666.
571. Maff (1983) In *Survey of Styrene Level in Food Contact Materials and in Foods*, Food Surveillance paper No. 11, HMSO, London.
572. Maff (1987) In *Survey of Food Plasticiser Levels in Food Contact Materials and in Foods*, Food Surveillance paper No. 21, HMSO, London.
573. Makenzie, K. A. (1983) British Patent Application, GB 2116819A.
574. Malone, M. J. and Miles, E. A. (1984) US Patent 4430349.

575. Mann, E. J. (1984) *Dairy Industries International*, **49(9)**, 11.
576. Mann, E. J. (1985) *Dairy Industries International*, **50(10)**, 11.
577. Mann, E. J. (1987) *Dairy Industries International*, **52(10)**, 15.
578. Mann, E. J. (1990a) *Dairy Industries International*, **55(2)**, 40.
579. Mann, E. J. (1990b) *Dairy Industries International*, **55(3)**, 44.
580. Mann, E. J. (1992a) *Dairy Industries International*, **57(5)**, 14.
581. Mann, E. J. (1992b) *Dairy Industries International*, **57(6)**, 16.
582. Mann, E. J. (1994a) *Dairy Industries International*, **59(3)**, 19.
583. Mann, E. J. (1994b) *Dairy Industries International*, **59(4)**, 18.
584. Mansour, A. A., Khalifa, M. Y. and Hefnawy, N. M. (1994/95) *Egyptian Journal of Food Science*, **22**, 87.
585. Maric, O., Caric, M., Bozanic, S. and Tratnik, L. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 163.
586. Van Marle, M. E. and Zoon, P. (1995) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **49**, 47.
587. Marshall, V. M. E. and Mabbitt, L. A. (1980) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **33**,129.
588. Marshall, V. M. E., Cole, W. M. and Vega, J. R. (1982) *Journal of Dairy Research*, **49**, 665.
589. Martin, R. L. (1979) *Dairy & Ice Cream Field*, **162(4)**, 64.
590. Martin, G. O. (1982) UK Patent Application, GB 2097770A.
591. Mastrocola, D., Nicoli, M. C., Manzocco, L. and Coradini, C. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 583.
592. Mathlouthi, M. (Ed.) (1986) In *Food Packaging and Preservation — Theory and Practice, Ehevier* Applied Science Publishers, London.
593. Matsunobu, A., Horishita, S. and Yamada, T. (1987) US Patent 4639374.
594. Maubois, J.-J. (1989) In *Special Address at IDF Annual Sessions — Budapest (September 1988)*, Doc. No. 244, International Dairy Federation, Brussels, pp. 26–29.
595. Mayerhofer, M. J., Marshall, R. T., White, C. H. and Lee, M. (1973) *Applied Microbiology*, **25**, 44.
596. McCrae, C. H. (1994) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **47**, 28.
597. McCrae, C. H. and Muir, D. D. (1991) *International Dairy Journal*, **1**, 89.
598. McCrae, C. H., Hirst, D., Law, A. J. R. and Muir, D. D. (1994) *Journal of Dairy Research*, **61**, 507.
599. McGglinchey, N. (1995) *Dairy Industries International*, **60(8)**, 29.
600. McGlinchey, N. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 92.
601. McGregor, W. C. (1986) In *Membrane Separations in Biotechnology*, Ed. by McGregor, W. C, Marcel Dekker, New York, pp. 1–36.
602. McGregor, J. U. and White, C. H. (1986) *Journal of Dairy Science*, **69**, 698.
603. Mcgregor, J. U. and White, C. H. (1987) *Journal of Dairy Science*, **70**, 1828.
604. Mckay, A. M. (1992) *International Journal of Food Microbiology*, **15**, 383.
605. Mckellar, R. C. (Ed.) (1989) In *Enzymes of Psychrotrophs in Raw Food*, CRC Press, Boca Raton.
606. Mckenna, A. B. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 423.
607. Mckenna, A. B. and Anema, S. G. (1993) In *Protein & Fat Globule Modifications & Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 307–316.
608. Mckenzie, H. A. (Ed.) (1971) In *Milk Proteins*, Vol. II, Academic Press, London.
609. Meade, G. P. and Chen, J. C. P. (1977) In *Cane Sugar Handbook*, 10th Edition, John Wiley and Sons, London.
610. Mehanna, N. M. (1988) *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, **31**, 69.
611. Mehanna, A. S. (1991) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **19**, 221.
612. Mehanna, N. M. and Gonc, S. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**, 239.
613. Mehanna, N. M. and Hefnawy, S. A. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**, 55.
614. Mehanna, A. S. and Hefnawy, S. A. (1990) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **18**, 425.
615. Mehanna, N. M. and Mehanna, A. S. (1989) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **17**, 289.
616. Mehanna, N. M., El-Dien, H. F. and Mahfouz, M. B. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**, 223.
617. Merilainen, V. T. (1987) *XXII International Dairy Congress*, **IE**, 661–672.
618. Misra, A. K. (1992) *Indian Dairyman*, **44**, 501.
619. Mistry, V. V. and Hassan, H. N. (199la) *Journal of Dairy Science*, **74**, 1163.
620. Mistry, V. V. and Hassan, H. N. (1991b) *Journal of Dairy Science*, **74**, 3716.
621. Mistry, V. V. and Hassan, H. N. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 947.
622. Mistry, V. V. and Kosikowski, F. V. (1985a) *Journal of Dairy Science*, **68**, 1613.
623. Mistry, V. V. and Kosikowski, F. V. (1985b) *Journal of Dairy Science*, **68**, 2536.
624. Mistry, V. V. and Kosikowski, F. V. (1986a) *Journal of Dairy Science*, **69**, 945.
625. Mistry, V. V. and Kosikowski, F. V.(1986b) *Journal of Dairy Science*, **69**, 1484.
626. Mistry, V. V. and Kosikowski, F. V. (1986c) *Journal of Dairy Science*, **69**, 2577.
627. Mistry, V. V., Hassan, H. N. and Robinson, D. J. (1992) *Food Structure*, **11**, 73.
628. Modler, H. W. and Kalab, M. (1983) *Journal of Dairy Science*, **66**, 430.

629. Modler, H. W., Larmond, M. E., Lin, C. S., Froehlich, D. and Emmons, D. B. (1983) *Journal of Dairy Science*, **66**, 422.
630. Mogensen, J. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 15.
631. Mohr, C. M., Engelgau, D. E., Leeper, S. A. and Charboneau, B. L. (1989) In *Membrane Applications in Food Processing*, Noyes Data, New Jersey.
632. Moller, E. (1982) *Dairy Science Abstracts*, **44**, 25.
633. Montuano, H. (1996) *Dairy Science Abstracts*, 58, 678.
634. Montuano, H. and Borrego, F. (1996) *Dairy Industries International*, **61(6)**, 41.
635. Montuano, H., Tomas-Barberan, F. A. and Borrego, F. (1995) *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuschung und Forschung*, **201**, 541.
636. Mora, A. (1996) *Fruit Processing*, **6**, 25.
637. Morgensen, G.(1988) In *Meat Science, Milk Science and Technology*, Ed. by Cross, H. R. and Overby,A. J., Elsevier Applied Publishers, Amsterdam, pp. 289–308.
638. Morley, R. G. (1978) *American Dairy Review*, **40(5)**, 28.
639. Morley, R. G. (1984) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry II*, Ed. by Phillips, G. O., Wedlock, D. J. and Williams, P. A., Pergamon Press, Oxford, pp. 211–239.
640. Morr, C. V. and Foegeding, E. A. (1990) *Food Technology*, **44(4)**, 100.
641. Morris, H. A., Ghaleb, H. M., Smith, D. E. and Bastian, E. D. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30(1)**, 2.
642. Mortensen, H. (1996) *Scandinavian Dairy Information*, **10(3)**, 12.
643. Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M. and Baert, J. (1989) *Journal of Dairy Science*, **72**, 2247.
644. Mnir, D. D. (1996) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **49**, 24.
645. Muir, D. D. and Hunter, E. A. (1992) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **45**, 73.
646. Muir, D. D. and Tamime, A. Y. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 509.
647. Mulder, H. and Walstra, P. (1974) In *The Milk Fat Globule-Emulsion Science Applied to Milk Products and Comparable Foods*, Commonwealth Agricultural Bureau, Fanham Royal, U. K.
648. Muller, H. P. (1977) *Ada Horticulturae*, **61**, 343.
649. Muller, G., Volley, W. and Zumstein, E. (1987) European Patent Application, EP 0097128 B1.
650. Mulvihill, D. M. and Grupferty, M. B. (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk*, 2nd Edition, Ed. by Fox, P. P., Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 188–205.
651. Nagaraja, C. and Vishweshwaraiah, L. (1986) *Journal of Food Science and Technology — India*, **23**, 296.
652. Naguib, K., Mahmoud, S. Z., El-Nockrasy, S. and Tawfeek, N. (1985a) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **13**, 51.
653. Naguib, K., Mahmoud, S. Z., El-Nockrasy, S. and Tawfeek, N. (1985b) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **13**, 167.
654. Nakada, M., Dosako, S., Hirano, R., Oooka, M. and Nakajima, I. (1996) *International Dairy Journal*, **6**, 33.
655. Nakamura, T., Syukunobe, Y., Doki, R., Shimoda, K., Yoshida, T. and Kuwazuru, M. (1991) *Journal of the Japanese Society for Foqd Science and Technology*, **38**, 858.
656. Nakazawa, Y., Asano, J. and Tokimura, A. (1990) *Milchwissenschaft*, **45**, 88.
657. Nakazawa, Y., Furusawa, M., Hohno, H. and Shida, T. (1991) *Lebensmittel – Wissenschaft & Technologie*, **24**, 491.
658. Naijssen, P. J. G. (1993) In *Aseptic Processing of Foods*, Ed. by Reuter, H., Behr's Verlag, Hamburg, pp. 271–279.
659. Nichol, A. W., Harden, T. J., Dass, C. R., Angel, L. and Louis, J. P. (1995) *Australian Journal of Dairy Technology*, **50**, 41.
660. Nicholls, G. M., Guzman, W. V. and Garnier, M. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 493.
661. Nielsen, V. H. (1976) *Cultured Dairy Products Journal*, **11(1)**, 12.
662. Noh, B. and Richardson, T. (1989) *Journal of Dairy Science*, **72**, 1724.
663. Noh, W. S., Shin, H. S. and Lim, J. W. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 391.
664. Nursten, H. E. (1977) In *Sensory Properties of Foods*, Ed. by Birch, G. G., Brennan, J. G. and Parker. K. J., Applied Science Publishers, London, pp. 151–166.
665. Nursten, H. (1982) *Food*, **4(4)**, 14.
666. Obentraut, S., Binder, E. and Brandl, E. (1982) XXI *International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 228.
667. Obentraut, S., Binder, E. and Brandl, E. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 192.
668. Oberman, H. and Libudzisz, Z. (1998) In *Microbiology of Fermented Foods*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Wood, B. J. B., Blackie Academic & Professional, London, pp. 308–350.
669. Odet, G. (1984) In *Fermented Milks*, Doc. No. 179, International Dairy Federation, Brussels, pp. 132–139.
670. Odet, G. (1988) In *Fermented Milks – Science and Technology*, Doc. No. 227, International Dairy Federation, Brussels, pp. 110–114.
671. Odet, G. (1995) In *Technical Guide/or the Packaging of Milk and Milk Products*, 3rd Edition, Doc. No. 300, International Dairy Federation, Brussels, pp. 98–100.
672. Ohashi, S. and Ochi, T. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 568.

673. Olafsson, G. and Hildingsson, I. (1995) In *Food and Packaging Materials – Chemical Interactions*, Ed. by Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohisson, T. The Royal Chemical Society, Cambridge, pp. 101–107.
674. Olano, A. and Ramos, M. (1982) *Revista Espacola de Lecheria*, No. 126, 239.
675. Otte, D. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 240.
676. Oysun, G. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 241.
677. Padovani, P. (1987) French Patent Application, FR 2597442A1.
678. Paine, F. A. (Ed.) (1967) In *Fundamentals of Packaging*, Blackie & Son, London.
679. Paine, F. A. (1969) In *Food Industries Manual*, 20th Edition, Ed. by Woollen, A., Leonard Hill, London, pp. 348–388.
680. Paine, F. A. and Paine, H. Y. (1983) In *A Handbook of Food Packaging*, Leonard Hill, Glasgow.
681. Panfil-Kuncewicz, H., Kuncewicz, A., Gierszewski, M. and Rogowski, L. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 362.
682. Pantulu, P. C., Nath, B. S., Unnikrishnan, V. and Murthy, M. K. R. (1993) *Indian Journal of Dairy & Biosciences*, 4, 19.
683. Parker, R. S., Davidson, J. and Roe, D. A. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75** (Supplement 1), 103.
684. Parnell-Clunies, E. M. (1987) *Dissertation Abstracts International B*, **48(4)**, 934.
685. Parnell-Clunies, E. M. and Kakuda, Y. (1986) *Food Microstructure*, **5**, 295.
686. Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y. and De Man, J. M. (1986a) *Journal of Food Science*, **51**, 1459.
687. Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y., Mullen, K., Arnott, R. and De Man, J. M. (1986b) *Journal of Dairy Science*, **69**, 2593.
688. Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y., Irvine, D. and Mullen, K. (1988a) *Journal of Dairy Science*, 71, 1472.
689. Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y., De Man, J. M. and Cazzola, F. (1988b) *Journal of Food Science*, 71, 582.
690. Parry Jr., P. M. (1974) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Ed. by Webb, B. H., Johnson, A. H. and Alford J. A. AVI Publishing, Westport, pp. 603–661.
691. Pasch, J. H., Von Elbe, J. H. and Sell, R. J. (1975) *Journal of Milk and Food Technology*, **38(1)**, 25.
692. Patel, R. S. and Chakraborty, B. K. (1985) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **13**, 177.
693. Patocka, G., Jelen, P. and Kalab, M. (1993) *International Dairy Journal*, **3**, 35.
694. Payne, T. (1988) *Dairy Industries International*, **53(3)**, 21.
695. Pearce, R. J. (1994) *XXIV International Dairy Congress*, computer diskette – Section Developments in Dairy Science.
696. Pearce, R. J. (1995) *Australian Journal of Dairy Technology*, **50**, 15.
697. Pechery, C. (1985) French Patent Application, FR2552631.
698. Pedersen, J. K.(1979) In *Polysaccharide in Food*. Ed. by Blanshard, J. M. V. and Mitchell, J. R., Butterwonh, London, pp. 219–227.
699. Pedersen, D. C. (1991) In *Biotechnology and Food Ingredients*, Ed. by Goldberg, I. and Williams, R., Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 393–413.
700. Pedersen, H. C. A. (1993) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 51–54.
701. Pedersen, J. K. (1995) *Food Technology Europe*, **2(2)**, 52.
702. Peleg, K. (1985) In *Produce Handling, Packaging and Distribution*, AVI Publishing, Connecticut, U. S. A.
703. Petersen, K. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 22–28.
704. Petik, S. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, **22(1)**, 12.
705. Phillips, C. J. C. (Ed.) (1996) In *Progress in Dairy Science*, CAB International, Wallingford, U. K.
706. Phillips, G. O., Wedlock, D. J. and Williams, P. A. (Eds.) (1986) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry III*, Elsevier Applied Science Publishers, London.
707. Phillips, G. O., Williams, P. A. and Wedlock, D. J. (Eds.) (1992) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry VI*, Oxford University Press, Oxford.
708. Phillips, G. O., Williams, P. A. and Wedlock, D. J. (Eds.) (1994) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry VII*, Oxford University Press, Oxford.
709. Pickett, L. (Ed.) (1996) In *Dairy Facts and Figures*, 1996 Edition, National Dairy Council, London, pp. 92–95.
710. Plock, J. and Kessler, H.-G. (1992) *Libensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **113**, 928.
711. Plock, J., Huss, M., Kennel, R. and Kessler, H.-G. (1992) *Libensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **113**, 1558.
712. Poldervaart, P. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 807.
713. Porter, J. W. G. and Thompson, S. V. (1972) In *Monograph on L/HT Milk*, Part V, Doc. No. 68, International Dairy Federation, Brussels, pp. 56–63.
714. Pouliot, Y., Bolilet, M. and Paquin, P. (1989) *Journal of Dairy Research*, **56**, 185.
715. Powell, M. E. (1969) *Cultured Dairy Products Journal*, **4(3)**, 3.
716. Prabba, R. H. and Shankar, P. A. (1997) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **34**, 395.
717. Prahlad, S. N. (1989) In *Trends in Food Science and Technology*, Association of Food Scientists and Technologists (India), Mysore, pp. 753–760.

718. Pratt, W. B. and Fekety, R. (1986) In *The Antimicrobial Drugs*, Oxford University Press, Oxford.
719. Prodanski, P. (1967) *Milchwissenschaft*, **22**, 167.
720. Puhan, Z. (1988) In *Fermented Milks – Science and Technology*, Doc. No. 227, International Dairy Federation, Brussels, pp. 66–74.
721. Puhan, Z. (1990a) In *Proceedings of Dairy Products Technical Conference*, April 1990 Chicago, pp. 33–41.
722. Puhan, Z. (1990b) *Cultured Dairy Products Journal*, **25(2)**, 4.
723. Pulay, G. and Krasz, A. (1974) *XIXth International Dairy Congress*, **IE**, 413.
724. De Rapael, D. and Calvo, M. M. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 635.
725. Raiski, S. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 100.
726. Rajmohan, S. and Prasad, V. (1994) *Cheiron*, **23**, 26.
727. Rajmohan, S. and Prasad, V. (1995a) *Indian Journal of Dairy Science*, **48**, 633.
728. Rajmohan, S. and Prasad, V. (1995b) *Journal of Dairying, Food and Home Science*, **14**, 108.
729. Ramana, S. V. and Ramanathan, G. (1992) *International Journal of Food Science & Technology*, **27**, 305.
730. Ramos, M. (1978) *XXth International Dairy Congress*, **IE**, 613.
731. Rao, D. R., Pulsani, S. R. and Chawan, C. B. (1988) *International Journal of Food Science and Technology*, **23**, 195.
732. Rao, M. R. R., Chandrasekhara, N. and Ranganathan, K. A. (Eds.) (1989) In *Trends in Food Science and Technology*, Association of Food Scientists and Technologists (India), Mysore.
733. Rasic, J. L. and Kurmann, J. A. (1978) In *Yoghurt – Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*, Technical Dairy Publishing House, Copenhagen.
734. Rasic, J. L., Kosikowski, F. V. and Bozic, Z. (1992) *Milchwissenschaft*, **47**, 32.
735. Recaldin, T. (1990) *European Food and Drink*, Winter, 79.
736. Regez, W. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 61.
737. Reierstad, M. (1993) *Meierposten*, **82(3)**, 75.
738. Reinheimer, J. A., Demkow, M. R., Meinardi, C. A. and Candioti, M. C. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 109.
739. Reiter, B., Vazquez, D. and Newland, L. G. M. (1961) *Journal of Dairy Research*, **28**, 183.
740. Renner, E. (1983) In *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, Volkswirtschaftlicher Verlag, Munchen.
741. Renner, E. (Ed.) (1989) In *Micronutrients in Milk and Milk-based Food Products*, Elsevier Applied Science, London.
742. Renner, E. and Abd El-Salam, M. H. (1991) In *Application of Ultrafiltration in the Dairy Industry*, Elsevier Science Publishers, London.
743. Renner, E. and Eiselt-Lomb, U. (1985a) *Milchwissenschaft*, **40**, 388.
744. Renner, E. and Eiselt-Lomb, U. (1985b) *Milchwissenschaft*, **40**, 462.
745. Renner, E. and Eiselt-Lomb, U. (1985c) *Milchwissenschaft*, **40**, 526.
746. Restaino, L., Lenovich, L. M. and Bills, S. (1982) *Journal of Food Protection*, **45**, 1138.
747. Resubal, L. E., Collado, E. R., Emata, O. C. and Lapiz, E. S. (1987) *Philippine Agriculturist*, **70**, 171.
748. Richmond, M. L., Harte, B. R., Gray, J. I. and Stine, C. M. (1985) *Journal of Food Protection*, **48**, 482.
749. Rizzotti, P., Tilly, G. and Patterson, R. A. (1984) In *Gums and Stabilisers for the Food Industry II*, Ed. by Phillips, G. O., Wedlock, D. J. and Williams, P. A., Pergamon Press, Oxford, pp. 285–293.
750. Rroberts, R. F. and Torrey, G. S. (1988) *Journal of Dairy Science*, **71**, 52.
751. Robinson, I. (1991) *Dairy Industries International*, **56(2)**, 22.
752. Robinson, R. K. (1988) *Dairy Industries International*, **53(7)**, 15.
753. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1975) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **28**, 149.
754. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1978) *Dairy Industries International*, **43(3)**, 14.
755. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1986) In *Developments in Food Proteins – 4*, Ed. by Hudson, B. J. F. Applied Science Publishers, London, pp. 1–35.
756. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1990) In *Dairy Microbiology – The Microbiology of Milk Products*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 291–343.
757. Robinson, R. K. and Tamime, A. V. (1993) In *Modern Dairy Technology – Advances in Milk Products*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 1–48.
758. Rockell, M. J. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 51–54.
759. Roefs, S. P. F. M. (1987) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **41**, 99.
760. Roefs, S. P. F. M., Walstra, P., Dalgleish, D. G. and Horne, D. S. (1985) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **39**, 119.
761. Roefs, S. P. F. M., De Groot-Mostert, A. E. A. and Van Vliet, T. (1990a) *Colloids and Surfaces*, **50**, 141.
762. Roefs, S. P. F. M., Van Vliet, T., Van Den Bijaart, H. J. C. M., De Groot-Mostert, A. E. A. and Walstra, P. (1990b) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **44**, 159–188.
763. Rogers, S. A. and Mitchell, G. E. (1994) *Australian Journal of Dairy Technology*, **49**, 70.
764. Roginski, H. (1988) *Australian Journal of Dairy Technology*, **43**, 37.
765. Rohm, H. (1989) *Milchwissenschaft*, **44**, 340.

766. Rohm, H. (1992) *Lebensmittel-Wissenschaft und -technologie*, **25**, 297.
767. Rohm, H. (1993a) *Milchwissenschaft*, **48**, 614.
768. Rohm, H. (1993b) *Rheology*, **3**, 173.
769. Rohm, H. and Foissy, H. (1991) *Erfahrung*, **15**, 510.
770. Rohm, H. and Kneifel, W. (1993) *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **114**, 272.
771. Rohm, H. and Kovac, A. (1994) *Journal of Texture Studies*, **25**, 311.
772. Rohm, H. and Kovac, A. (1995) *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, **23**, 319.
773. Rohm, H. and Schmid, W. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 556.
774. Rohm, H., Kovac, A. and Kneifel, W. (1994) *Journal of Sensory Studies*, **9**, 171.
775. Rojas, S. A., Goff, H. D., Senaratne, V., Dalgliesh, D. G. and Flores, A. (1997) *International Dairy Journal*, 7, 79.
776. Rollema, H. A. and Brinkhuis, J. A. (1989) *Journal of Dairy Research*, **56**, 417.
777. Rollet, B. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 774.
778. Romero Estevez, M. del C. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 491.
779. Rossi, J. (1994) *Industria del Latte*, **30(4)**, 29.
780. Rosti, G. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 437.
781. Rother, J. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 90.
782. Ruas-Madiedo, P., Bada-Gancedo, J. C., Fernandez-Garcia, E., Gonzalez de Llano, D. and de los Reyes-Gavilan, C. G. (1996) *Journal of Food Protection*, **59**, 502.
783. Russel, P. (1994) *Milk Industry*, **96(12)**, 29.
784. Sacharow, S. and Griffin, JR. R. C. (1970) In *Food Packaging*, AVI Publishing, Connecticut, U. S. A.
785. Saldamli, I. and Babacan, S. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 92.
786. Saldamli, I., Vruhoef, A. and Temiz, A. (1991) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **19**, 249.
787. Salih, M. A. and Sandine, W. E. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73**, 887.
788. Samuelsson, E. G. and Christiansen, P. (1978) *XXth International Dairy Congress*, **IE**, 838.
789. Sanchez, P. C. and Rasco, P. M. (1984) *Philippine Journal of Coconut Studies*, **9**(1/2), 42.
790. Sanyal, M. K., Yadav, P. L. and Dubey, P. C. (1990) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **27**, 388.
791. Sardesai, V. M. and Waldshan, T. H. (1991) *Journal of Nutrition and Biochemistry*, **2**, 236.
792. Sarkar, S. (1995) *Indian Dairyman*, **47(4)**, 35.
793. Sasso (1989) *Dissertation Abstracts International B*, **49(12)**, 5084.
794. Savello, P. A. and Dargan, R. A. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 86.
795. Savello, P. A. and Dargan, R. A. (1997) *Milchwissenschaft*, **52**, 573.
796. Sawyer, W. H. (1969) *Journal of Dairy Science*, **52**, 1347.
797. Schaafsma, G. (1989) In *Monograph on Heat-Induced Changes in Milk*, Ed. by Fox, PR, Doc. No. 238, International Dairy Federation, Brussels, pp. 68–70.
798. Schaffer, B. (1989) In *Special Address at IDF Annual Session – Budapest 1988*, Doc. No. 244, International Dairy Federation, Brussels, pp. 3–6.
799. Van der Schaft, P. H. (1991) European Patent Application, EP 0426210A2.
800. Schei, S. A. and Abrahamsen, R. K. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 241.
801. Schellaass, S. M. (1983) In *Characterization of Exocellular Slime Produced by Bacterial Starter Cultures used in the Manufacture of Fermented Dairy Products*, PhD Thesis, University of Minnesota, St. Paul, U. S. A.
802. Schellaass, S. M. and Morris, H. A. (1985) *Food Microstructure*, **4**, 279.
803. Schlicht, R. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 125.
804. Schmidt, P. H. (1992) In *The Technology of Dairy Products*, Ed. by Early, R. Blackie and Son, Glasgow, pp. 66–85.
805. Schmidt, K. and Bledsoe, K. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30(4)**, 7.
806. Schmidt, D. J. and Poll, J. K. (1986) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **40**, 269.
807. Schmidt, R. H., Vargas, M. M., Smith, K. L. and Jezeski, J. J. (1985) *Journal of Food Processing and Preservation*, **9**, 235.
808. Schrieber, R. (1973) *Deutch Milchwirtschaft*, **74**, 358.
809. Scott, R. (1986) In *Cheesemaking Practice*, 2nd Edition, Applied Science Publishers, London.
810. Sen, D. C. (1985) *Indian Dairyman*, **37**, 579.
811. Sen, N. P., Seaman, S. W., Boyle, M. and Weber, D. (1993) *Food Chemistry*, **48**, 359.
812. Serrano, F. O., Lopez, I. S. and Revilla, G. N. (1991) *Journal of Liquid Chromatography*, **14**, 709.
813. Shah, N. P., Spurgeon, K. R. and Gilmore, T. M. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 494.
814. Shallenberger, R. S. and Birch , G. G. (1975) In *Sugar Chemistry*, AVI Publishing, Westport.
815. Sharma, S. K, and Dalgleish, D. G. (1993) *Journal a/Agricultural and Food Chemistry*, **41**, 1407.
816. Sharma, S. K, and Dalgleish, D. G. (1994) *Journal of Dairy Research*, **61**, 375.
817. Sharma, R. and Lal, D. (1995) *Agricultural Reviews – Karnal*, **16**(1/2), 88.
818. Sharma, R., Singh, H. and Taylor, M. W. (1996) *Australian Journal of Dairy Technology*, **51**, 12.

819. Shirai, K., Gutierrez-Durran, M., Marshall, V. M. E., Revah-Moiseev, S. and Garcia-Garibay, M. (1992) *Journal of Science Food and Agriculture*, **59**, 205.
820. Shukla, F. C. and Jain, S. C. (1991) *Indian Journal of Dairy Science*, **44**, 130.
821. Shukla, F. C., Jain, S. C. and Sandhu, K. S. (1987) *Indian Journal of Dairy Science*, **40**, 1.
822. Shukla, F. C., Jain, S. C. and Sekhon, K. S. (1988) *Indian Journal of Dairy Science*, **41**,467.
823. Si (1995) In *Food – The Miscellaneous Food Additives Regulation*, Statutory Instruments No. 3187, HMSO, Edinburgh.
824. Sieber, R., Bosset, J. O. and Butikofer, U. (1995) *International Dairy Journal*, **5**, 227.
825. Sienkiewicz, T. and Riedel, C.-L. (1990) In *Whey and Whey Utilization*, 2nd Edition, Verlag Th. Mann, Gelsenkirehen-Buer.
826. Singh, B. and Shankar, P. A. (1984) *Cultured Dairy Products Journal*, **19(1)**, 24.
827. Singh, H. (1993) In *Protein & Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenizations & Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 191–204.
828. Singh, H. and Creamer, L. K. (1991) *Journal of Dairy Research*, **58**, 99.
829. Singh, H., Sharma, R. and Taylor, M. W. (1993) In *Protein & Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenization & Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 30–39.
830. Singh, H., Sharma, R., Taylor, M. W. and Creamer, L. K. (1996a) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 50, 149.
831. Singh, H., Roberts, M. S., Munro, P. A. and Teo, C. T. (1996b) *Journal of Dairy Science*, **79**, 1340.
832. Sinch, R. S. (1978) *Indian Journal of Dairy Science*, **31**, 73.
833. Sjollema, A. (1988) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **42**, 365.
834. Skriver, A. (1995) In *Characterization of Stirred Yoghurt by Rheology, Microscopy and Sensory Analysis*, PhD Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg.
835. Skriver, A., Buchheim, W. and Qvist, K. B. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 683.
836. Skriver, A., Hansen, M. B. and Ovist, K. B. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 135.
837. Smith, G. (1976) *World Review of Nutrition and Dietetics*, **24**, 88.
838. Sommi, F. (1996) *Fruit Processing*, **6**, 177.
839. Song, T. B., Kim, Y. H., Shin, J. H., Lee, Y. K., Cha, K. J., Whang, J. H. and Yu, J. H. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 243.
840. Soroka, W. (1995) In *Fundamentals of Packaging Technology*, Revised U.K. Edition, Ed. by Emblem, A. and Emblem, H. The Institute of Packaging, Melton Mowbray.
841. Souad, A. S., Naglaa, A. H. and Kandeel, A. A. (1994) *Annals Agricultural Science - Moshtohor*, **32**, 331.
842. Spinks, G. W. and Davey, R. A. (1970) *Dairy Industries*, **35**, 758.
843. Spurgeon, K. R. (1976) *Cultured Dairy Products Journal*, **11(4)**, 8.
844. Srinivas, H., Prabha, R. and Shankar, P. A. (1997) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **34**, 162.
845. Sta, J. (1996) *Dairy Industries International*, **61(11)**, 23.
846. Stark, L. (1986) *Dairy Science Abstracts*, 48, 509.
847. Stasell, D. (1993) In *Food Industries Manual*, 23rd Edition, Ed. by Rankin, M. D. and Kill, R. C, Blackie Academic & Professional, London, pp. 361–397.
848. Stead, D. (1986) *Journal of Dairy Research*, **53**, 481.
849. Steinitz, W. S. (1975) *Dairy & Ice Cream Field*, **158**, 46.
850. Steinka, I. and Przybylowski, P. (1997) *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, **6**, 77.
851. Steinsholt, K. and Abrahamsen, R. K. (1978) *Meldinger fra Norges Landbrukshogkok*, **57**, 24.
852. Stepaniak, L. and Sorhang, T. (1995) In *Heat-Induced Changes in Milk*, Ed. by Fox, P. E, Special Issue No. 9501, International Dairy Federation, Brussels, pp. 349–363.
853. Stollman, U., Johansson, F. and Leufven, A. (1994) In *Shelf Life Evaluation of Foods*, Ed. by Man, C. M. D. and Jones, A. A., Blackie Academic & Professional. London, pp. 52–71.
854. Storgards, T. (1964) In *Fermented Milks*, Part III, International Daity Federation, Belgium, pp. 65–77.
855. Swaisgood, H. E. (1996) In *Food Chemistry*, 3rd Edition, Ed. by Fennema, O.R., Marcel Dekker, New York, pp. 841–878.
856. Swanson, B. C., Weckel, K. G. and Undsay, R. C. (1972) *Cranberries*, **37**, 13.
857. Szemplenski, T. E. (1981) *Cultured Dairy Products Journal*, **16(3)**, 17.
858. Tae, K. Y. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 128.
859. Tae, K. Y. and Min, K. H. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 128.
860. Tamime, A. Y. (1977) In *Some Aspects of the Production of Yoghurt and Condensed Yoghurt*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
861. Tamime, A. Y. (1993) In *Modern Dairy Technology – Advances in Milk Products*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science, London, pp. 49–220.
862. Tamime, A. Y. and Deeth, H. C. (1980) *Journal of Food Protection*, **43**, 939.

863. Tamime, A. Y. and Marshall, V. M. E. (1997) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 2nd Edition, Ed. by Law, B. A., Blackie Academic & Professional, London, pp. 57–152.
864. Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1988) *Journal of Dairy Research*, **55**, 281.
865. Tamime, A. Y., Kalab, M. and Davies, G. (1984) *Food Microstructure*, **3**, 83.
866. Tamime, A. Y., Davies, O. and Hamilton, M. P. (1987) *Dairy Industries International*, **52(6)**, 19.
867. Teggatz, J. A. and Morris, H. A. (1990) *Food Structure*, **9**, 133.
868. Teo, C. T., Munro, P. A. and Singh, H. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 555.
869. Teo, C. T., Munro, P. A. and Singh, H. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 581.
870. Thalmann, W. R. and Schmid, M. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 124.
871. Thiriet, B. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarseen, pp. 267–270.
872. Thomas, W. R. (1982) *Progress in Food & Nutrition Science*, **6**, 341.
873. Thomasow, J. and Hoffmann, W. (1978) *Dairy Science Abstracts*, **40**, 367.
874. Thomopoulos, G., Tzia, C. and Milkas, D. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 426.
875. Thomsen, S. B. and Stena, D. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 399.
876. Thygesen, B. (1990) *International Zeitschrift fur Lebensmittel – Technik, Marketing, Verpackung und Analytik*, **41**, 646.
877. Timmermans, E. (1993) In *Food Ingredients Europe*, Conference Proceedings, Paris, October 1993, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 338–341.
878. Toba, T., Nakajima, H., Tobitani, A. and Adachi, S. (1990) *International Journal of Food Microbiology*, **11**, 313.
879. Tomas, A., Paquet, D., Courthaudon, J.-L. and Lorient, D. (1994) *Journal of Dairy Science*, **77**, 413.
880. Tomita, M . Shimamura, S., Fukuwatari, Y., Tamura, T., Mizota, T., Miyakawa, H., Kiyosawa, I., Okonogi, S. and Arai, K. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 130.
881. Tomita, M., Shimamura, S., Tomimura, T., Ishibashi, N. and Miyakawa, H. (1992) European Patent Application, EP0519127A1.
882. Van Tornout, Ph., Pelgroms, J. and van der Meeren, J. (1985) *Journal of Food Science*, **50**, 469.
883. Torreggiani, D., Maltini, E., Bertolo, G. and Mingardo, F. (1988) In *Proceedings of the International Symposium Progress in Food Preservation Processes*, Vol. 9, Ceria, Brussels, pp. 71–78.
884. Tosovic, T., Caric, M., Milanovic, S. and Gavaric, D. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 363.
885. Tramer, J. (1973) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **26**, 16.
886. Tratnik, L. and Krsev, L. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 75.
887. Tratnik, L. and Krsev, L. (1988) *Milchwissenschaft*, **43**, 695.
888. Tuorila, H., Sommardahl, C., Hyvonen, L., Leporanta, K. and Merimaa, P. (1993) *International Journal of Food Science and Technology*, **28**, 359.
889. Tziboula, A. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 134.
890. Ulberth, F., Kneifel, W. and Schaffer, E. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 15.
891. Un (1991) In *Economic Commission for Europe-Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuffs and on the Special Equipment to be Used for Such Carriage (APT)*, E/ECE 810, E/ECE/TRANS/563, United Nations, New York.
892. Urbiene, S. and Leskauskaite, D. (1996) *Milchwissenschaft*, **51**, 85.
893. Vanderpoorten, R. and Martens, R. (1976) *Revue de L'Agriculture*, **29**, 1509.
894. Vargas, M. and Ohashi, T. (1996) *Animal Science Technology*, **67**, 1090.
895. Vargas, M. and Ohashi, T. (1997) *Milk Science*, **46**, 47.
896. Varnam, A. H. and Sutherland, J. P. (1994) In *Milk and Milk Products – Technology, Chemistry and Microbiology*, Chapman & Hall, London, pp. 346–385.
897. Vedamuthu, E. R. (1991a) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 202.
898. Vedamuthu, E. R. (1991b) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 265.
899. Vedamuthu, E. R. (1991c) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 310.
900. Vedamuthu, E. R. (1991d) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 371.
901. Vedamuthu, E. R. (1991e) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 444.
902. Vedamuthu, E. R. (199lf) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 513.
903. Vedamuthu, E. R. (1991g) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 583.
904. Vedamuthu, E. R. (1991h) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 729.
905. Vedamuthu, E. R. (1992a) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **12**, 220.
906. Vedamuthu, E. R. (1992b) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **12**, 351.
907. Venkateshaiah, B. V. and Jayaprakasha, H. M. (1995) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, **6**, 44.
908. Venkateshaiah, B. V., Kempanna, C. and Atmaram, K. (1994) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, **5**, 40.
909. Venkateshaiah, B. V., Jayaprakasha, H. M. and Kempanna, C. (1996) *Indian Journal of Dairy Science*, **49**, 640.
910. Venter, B. C., Mostert, J. F. and Mynhardt, A. J. (1988) *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Suiwelkunde*, **20(2)**, 61.
911. Verdier, P. (1987) French Patent Application, FR2595658A1.
912. Vijayalakshmi, R., Khan, M. M. H., Narasimhan, R. and Kumar, C. N. (1994) *Cheiron*, **23**, 248.

913. Visser, J., Minihan, A., Smits, P., Tjan. S. B. and Heertje, I. (1986) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **40**, 351.
914. Van Vliet, T., Roefs, S. P. F. M., Zoon, P. and Walstra, P. (1989) *Journal of Dairy Research*, **56**, 529.
915. Vodickova, M., Forman, L. and Pechacova, M. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 821.
916. Volker, H. H. (1972) *Dairy Science Abstracts*, **34**, 677.
917. Volkova, A. and Radulov, R. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 281.
918. Wacher-Rodarte, C., Galvan, M. V., Farres, A., Gallardo, F., Marshall, V. M. and Garcia-Garibay, M. (1993) *Journal of Dairy Research*, **60**, 247.
919. Wahlgren, N. M., Dejmek, P. and Drakenberg, T. (1990) *Journal of Dairy Research*, **57**, 355.
920. Walstra, P. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73**, 1965.
921. Walstra, P. and Jenness, R. (1984) In *Dairy Chemistry and Physics*, John Wiley & Sons, New York.
922. Walstra, P. and van Vliet, T. (1986) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **40**, 241.
923. Walter, T. (1996) *Fruit Processing*, **6**, 174.
924. Ward, B. R., Goddard, S. J., Augustin, M.-A. and McKinnon, I. R. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 643.
925. Watanabe, M. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 758.
926. Weber, G. H. and Broich, W. A. (1986) *Cultured Dairy Products Journal*, **21(4)**, 19.
927. Weiss, H. O. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 169.
928. Werry, P. (1982) *Dairy Industries International*, **47(4)**, 11.
929. Whalen, C. A., Gilmore, T. M., Spurgeon, K. R. and Parsons, J. G. (1988) *Journal of Dairy Science*, 71, 299.
930. White, C. H. (1991) *Dairy Field*, **174(1)**, 52.
931. White, C. H. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30(2)**, 18.
932. Whitney, R. McL., Brunner, J. R., Ebner, K. E., Farpell, JR., H. M., Josephson, R. V., Morr, C. V. and Swaisgood, H. E. (1976) *Journal of Dairy Science*, **59**, 795.
933. Wiese, E. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 240.
934. Wilcek, A. (1990) In *Recombination of Milk and Milk Products*, Special Issue No. 9001, International Dairy Federation, Brussels, pp. 135–140.
935. Williams, R. A., Singleton, P. and Lambert, P. A. (1996) In *Antimicrobial Drug Action – The Chemical Treatment of Infectious Diseases*, BIOS Scientific Publishers, Oxford.
936. Wilmsen, A. (1991) *Scandinavian Dairy Information*, **5(2)**, 50.
937. Wilmsen, A. (1992) *European Food & Drink Review*, Spring, 32.
938. Wilson-Walker, C. (1982) *Cultured Dairy Products Journal*, **17(3)**, 10.
939. Winterhalter, P. and Schreier, P. (1993) In *Flavor Science – Sensible Principles and Techniques*, Ed. by Acree, T. E. and Teranish, R., ACA Professional Reference Book, Washington DC, pp. 225–258.
940. Winterton, D. and Meiklejohn, P. O. (1978) *Australian Journal of Dairy Technology*, **33**, 55.
941. Winwood, J. (1987) *Food Manufacture*, **62(6)**, 39.
942. Wirths, H. (1991) *European Dairy Magazine*, No. **1**, 22.
943. De Wit, J. N. (1990a) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1437–1455.
944. De Wit, J. N. (1990b) *Journal of Dairy Science*, **73**, 3602.
945. Wolfschoon-Pomba, A. F., Granzinolli, G. G. M. and Fernandes, P. M. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 462.
946. Xiong, Y. L. and Kinsella, J. E. (1991a) *Milchwissenschaft*, **46**, 150.
947. Xiong, Y. L. and Kinsella, J. E. (1991b) *Milchwissenschaft*, **46**, 207.
948. Xiong, Y. L., Dawson, K. A. and Wan, L. (1993) *Journal of Dairy Science*, **76**, 70.
949. Yajima, M., Hashimoto, S., Saita, T. and Matsuzaki, K. (1992) European Patent Application, EP0486738 A1.
950. Yasuda, A., Shimoizumi, M. and Ochi, T. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 362.
951. Yongseo, S., Kapsang, L., Jungsung, L. and Cherlho, L. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 19.
952. Yousef, A. E. and Rusli, N. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30(4)**, 20.
953. Zadow, J. G. (1983) *CSIRO Food Research Quarterly*, **43(1)**, 12.
954. Zadow, J. G. (1994a) In *Modern Dairy Technology – Advances in Milk Processing*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Chapman & Hall, London, pp. 313–373.
955. Zadow, J. G. (1994b) *XXIV International Dairy Congress*, computer diskette – Section Minimal Impact on the Environment of Profitable Dairy Manufacturing.
956. Zbikowski, Z., Kiza, J. and Ozimek, L. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 303.
957. Zhang, Z. P. and Aoki, T. (1995) *Journal of Dairy Science*, 78, 36.
958. Zmarlicki, S., Gawel, J., Puanowski, E. and Molska, I. (1974) *XIXth International Dairy Congress*, **IE**, 771.
959. Zmarlicki, S., Puanowski, E. and Molska, I. (1977) *Dairy Science Abstracts*, **39**, 566.
960. Zott, K. П. (1989) German Federal Republic Patent Application, DE 37 41 939 A1.

3 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Процесс приготовления йогурта развивался годами — от простой малопроизводительной домашней операции до производства на средних и крупных предприятиях, перерабатывающих десятки тысяч литров в день. Необходимые приспособления и оборудование варьируются в зависимости от производимого сорта йогурта, масштабов производства и достигнутого уровня техники. Таким образом, представляется целесообразным рассмотреть оборудование и предприятия в соответствии с суточными масштабами производства йогуртов, а именно:

- домашнее приготовление или мелкое производство;
- производство на малом предприятии (или непосредственно на предприятии розничной торговли);
- крупное промышленное производство.

3.1 Домашнее приготовление или мелкое производство

Традиционно в домашних условиях йогурт готовится с использованием обычной кухонной утвари. Молоко нагревается в кастрюле, и в этой же емкости происходит коагуляция, то есть его свертывание (краткое пояснение процесса см. на рис. 2.1).

Критически важным фактором процесса сквашивания является поддержание постоянной температуры. Это достигают тем, что кастрюлю оборачивают шерстяным одеялом и помещают в теплое место, например, вблизи от кухонной плиты. Хотя такой традиционный процесс все еще может быть использован для приготовления своего собственного йогурта желающими, на рис. 3.1 представлен более простой рецепт.

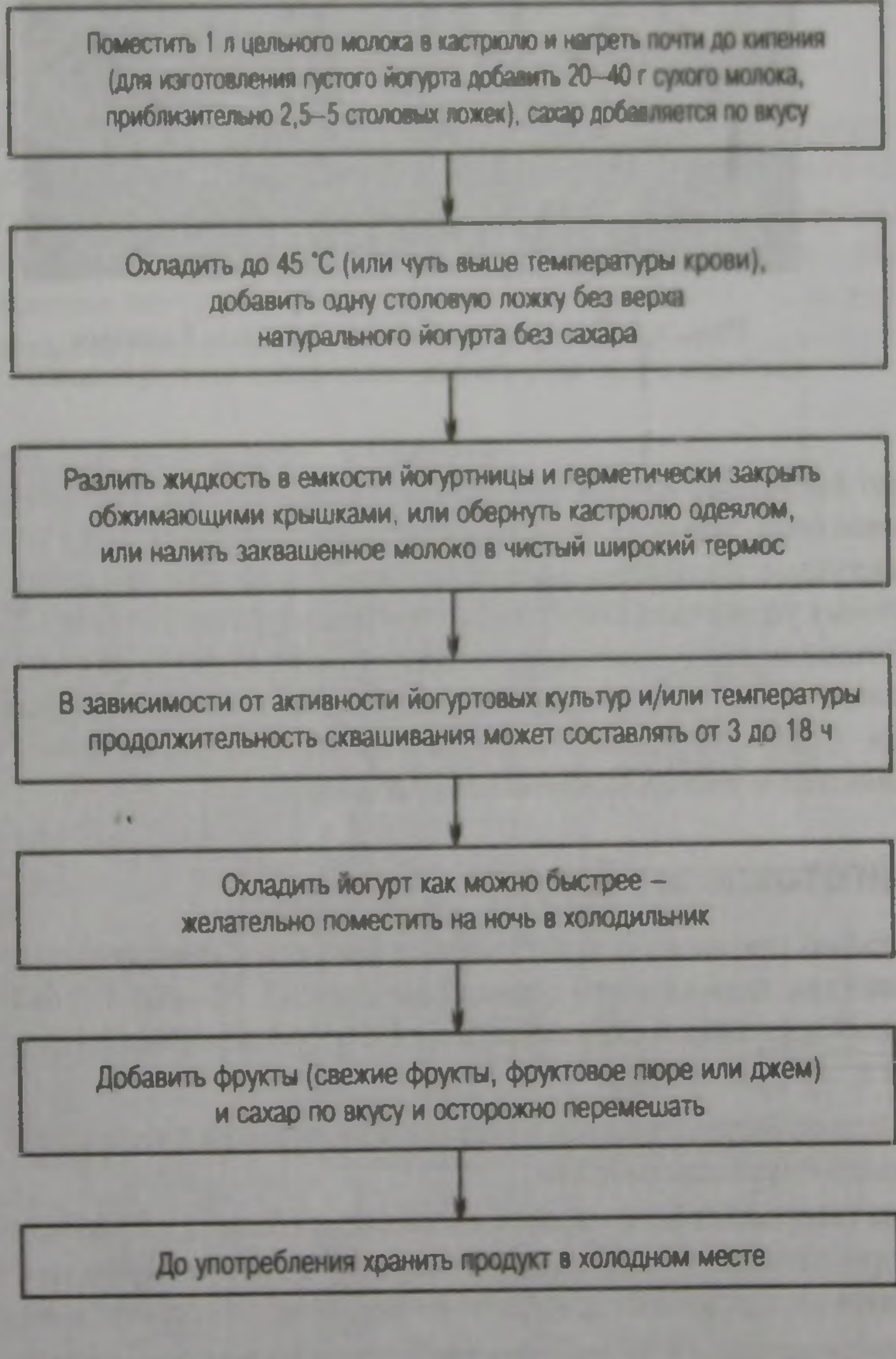


Рис. 3.1 Изготовление йогурта в домашних условиях.

Следует помнить: (а) одна порция изготовленного йогурта может быть использована в качестве закваски для следующей партии: (б) перезаквашивание может привести к увеличению времени, необходимого для образования сгустка, поэтому рекомендуется свежий йогурт изготавливать каждую неделю; (в) настоятельно рекомендуется использовать свежие, активные культуры, что позволяет добиться сокращения продолжительности сквашивания.

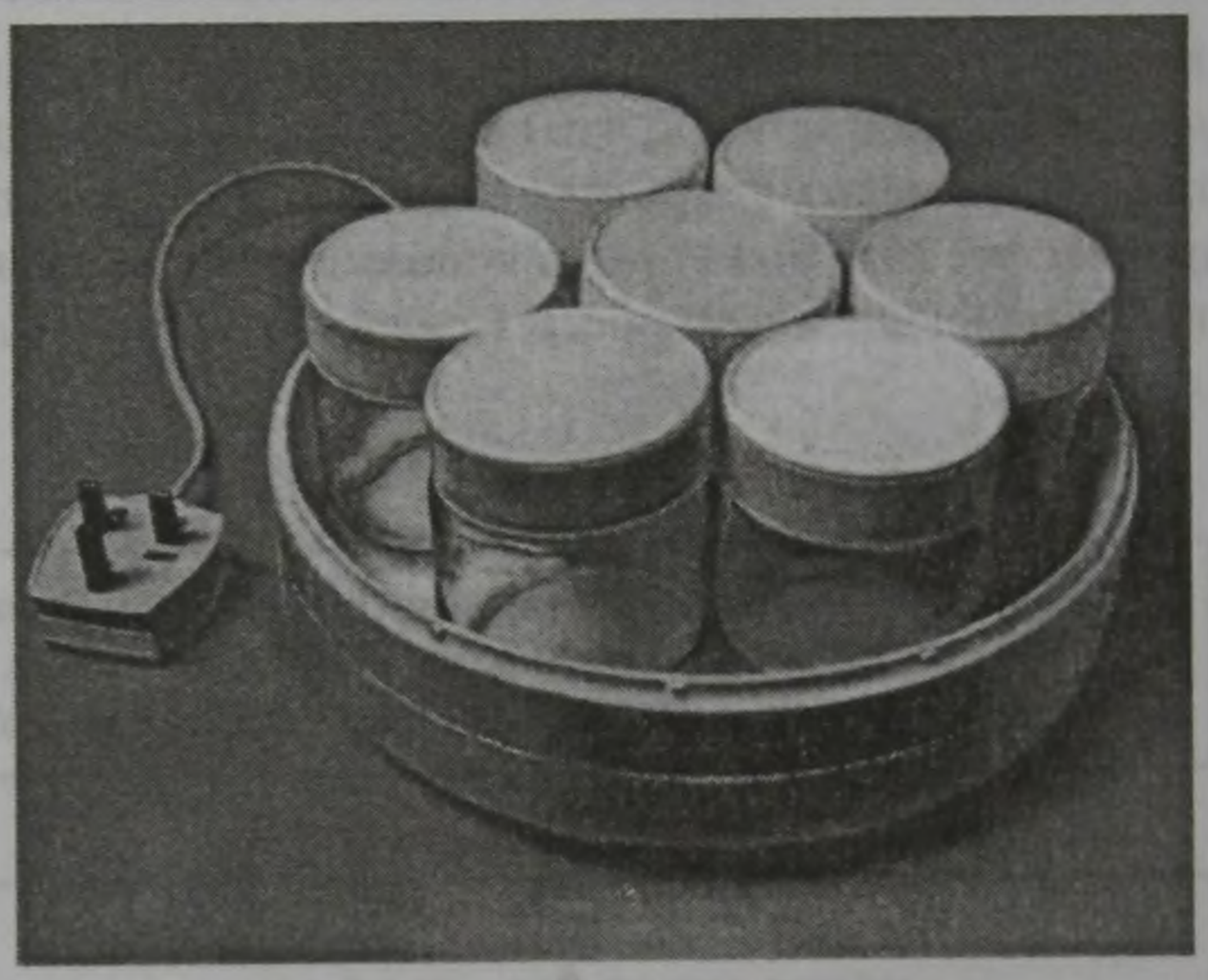


Рис. 3.2 Йогуртница со стеклянными банками, снабженными винтовыми пластмассовыми крышками

Иногда во время брожения используется шкаф с воздушным проветриванием (или в современных домах — пространство за водогреем), хотя теперь для любителей стали доступны и специальные приспособления для приготовления йогуртов в контролируемых условиях (йогуртоварки или йогуртницы) (рис. 3.2) (см. также [79, 100, 163]). Теплое молоко, заквашенное какой-либо культурой (или натуральным йогуртом), можно поместить в широкий термос и не перемешивать, давая молоку свертываться. Сразу после свертывания необходимо охлаждение, а фрукты и/или сахар добавляются в уже охлажденный продукт.

3.1.1 Приготовление йогурта

Основные стадии процесса приготовления йогурта с ненарушенным или нарушенным сгустком (так называемого «перемешанного»), сформулированные на базе вышеприведенной несложной схемы, состоят в следующем (включая необходимые приспособления и оборудование):

- молочная основа готовится в бидоне или емкости с мешалкой (например, кремосбивалке или маслобойке);
- бидоны (емкости) погружаются в водяную баню для тепловой обработки молока, при этом нагрев воды может осуществляться паром или электричеством; на стадии охлаждения горячая вода заменяется холодной водопроводной;
- при температуре 45 °С молоко заквашивается и для приготовления перемешанного йогурта выдерживается в одной емкости; для приготовления йогурта с ненарушенным сгустком после внесения закваски молоко разливается в отдельные чашки; для сквашивания могут быть использованы специальные шкафы, или (при сквашивании всего объема молока) температура водяной бани поддерживается на уровне 42–45 °С.

- по достижении необходимой кислотности бидоны (емкости с мешалками) вынимаются из устройства для сквашивания и на ночь выставляются на холод;
- фрукты добавляются в каждую емкость по отдельности, после чего производится аккуратное перемешивание при помощи устройства для сбивания сливок;
- розлив и упаковка выполняется с использованием ручных приспособлений (см. ниже).

3.1.2 Упаковка

Для мелкого производства йогуртов нецелесообразно покупать специальную фасовочную машину, поскольку для этого необходимы значительные капиталовложения. В этом случае йогурт упаковывается вручную, но при этом для минимизации возможности порчи продукта должна соблюдаться крайняя осторожность. На рис. 3.3, а показано приготовление йогурта в 10-литровой емкости с мешалкой из нержавеющей стали. По окончании сквашивания на поверхность йогурта кладут фрукты и про-

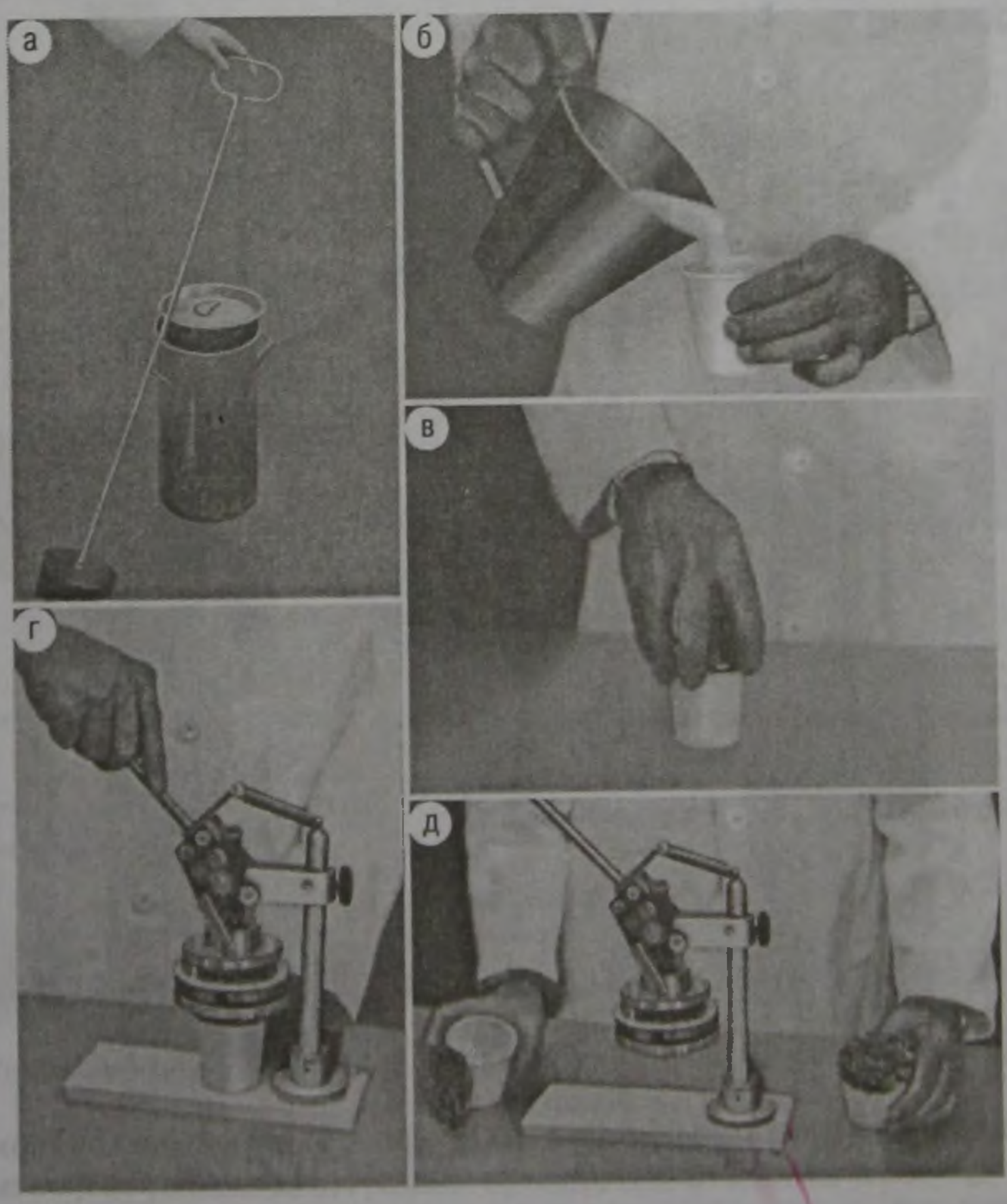


Рис. 3.3 Заполнение йогуртовых стаканчиков вручную

изводят перемешивание. Йогурт с фруктами разливается в пластиковые стаканчики, в которых вручную с помощью взбивалки из нержавеющей стали производится перемешивание, после чего стаканчики закрываются крышками из алюминиевой фольги (см. рис. 3.3, б–д)). В усовершенствованной технологии для упаковки применяется термопечатная установка с ручным управлением.

Другой способ, предназначенный для упаковки небольших объемов йогурта в день, предполагает использование специального разливочного устройства для наполнения мелкой тары. Типичный пример — это установка CD 500/1000 (рис. 3.4), которая может разливать охлажденный или теплый йогурт, а ее наполняющая головка снабжена антипенным соплом. Объем порции может изменяться от 85 до 600 мл или г, а наполняющий поршень снабжен удобным и точным дозирующим устройством.

Последовательность операций можно описать следующим образом: поместите стаканчик для йогурта на лоток и нажмите педаль; установка отмерит определенную порцию продукта. Когда наполнение стаканчика завершено, наполняющая головка автоматически отходит, а наполненные стаканчики термически запечатываются на другой установке (см. рис. 3.4, б). Производительность установки зависит от емкости стаканчиков и скорости работы оператора и, как правило, составляет от 10 до 20 упаковок в минуту.

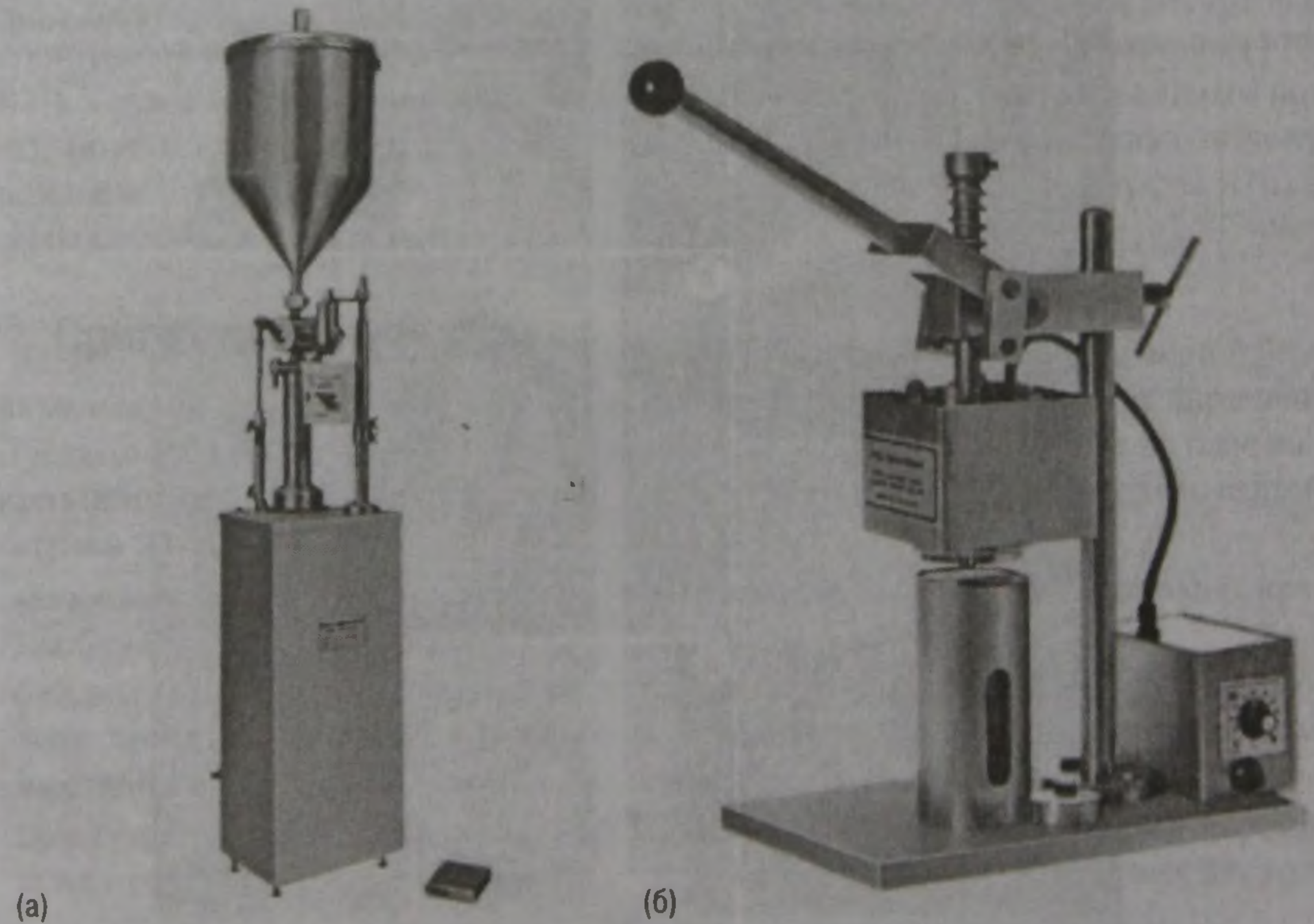


Рис. 3.4. а) Малогабаритная установка для розлива, б) Установка для термоукупорки крышек из алюминиевой фольги с термостатическим контролем.
Публикуется с разрешения *C.K.X. Engeneering*, г. Сэдбери, Великобритания.

Для фасовки йогурта могут также использоваться картонные пакеты с применением формующего и наполняющего устройств (рис. 3.5). Этот способ фасовки йогуртов можно назвать последовательностью ручных операций по формовке, наполнению и заклеиванию. Устройство с ручным управлением для изготовления (формовки) упаковки из листа картона (см. рис. 3.5, а) нарезает, гофрирует, нагревает, сгибает и склеивает нижнюю часть разнообразных картонных пакетов, а также подготавливает верх пакетов для склеивания. Аналогичное устройство было описано в предыдущем издании этой книги, причем с тех пор конструкция его изменилась благодаря включению пневматической печатной формы для склеивания основания упаковки.

Упаковочное оборудование с ручным управлением в базовом исполнении предназначено для розлива жидкого молока, но после небольшой модификации наполняющей головки оно становится пригодным для розлива вязких продуктов — таких, как йогурт (см. рис. 3.5, б). Подготовленные картонные пакеты помещают под наполнителем, а микровыключатель управляет временем заполнения. Затем пакет тол-

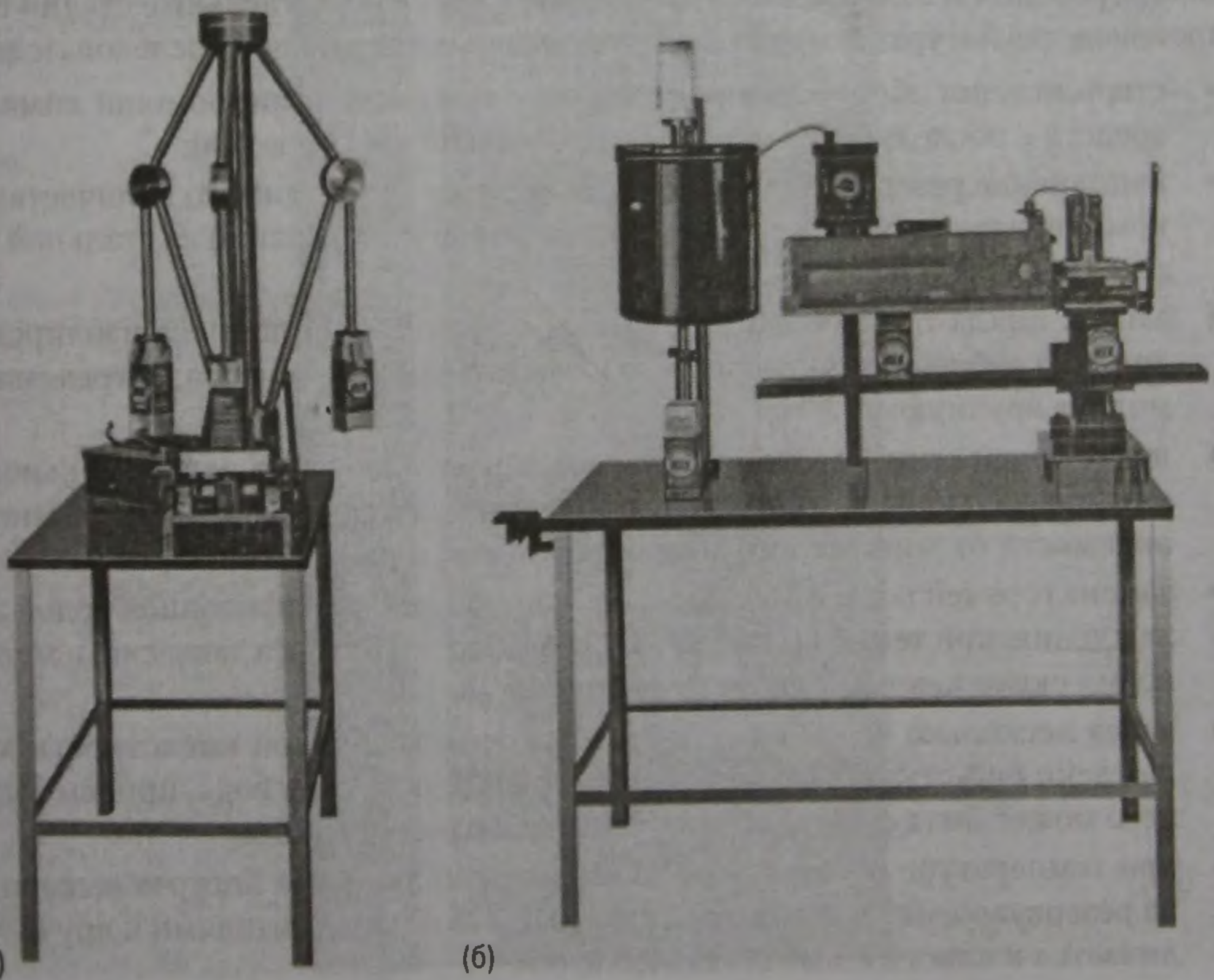


Рис. 3.5. Упаковочное оборудование с ручным управлением для наполнения йогуртом картонных упаковок.

а) устройство, подготавливающее картонную тару;
б) устройство для розлива с ручным запечатыванием тары
Публикуется с разрешения *С.К.Х. Инжиниринг*, Сэдбери, Великобритания.

кателем перемещается под устройство для склеивания верха и при помощи рукоятки производится заклеивание. Производительность как формовщика картонных пакетов, так и наполняющей и запечатывающей установки составляет около 10 упаковок в минуту.

3.2 Производство на малом предприятии

Объем производства йогуртов на малых предприятиях относительно невелик и составляет несколько сотен литров в день. В этом случае йогурт производится и продается на ограниченной территории. Различные виды оборудования, которые могут быть использованы на таких производствах, рассмотрены ниже.

3.2.1 Универсальный резервуар с ручным управлением

В разных странах производители оборудования предлагают специально разработанные небольшие технологические емкости (специально оснащенные универсальные резервуары) с ручным управлением, в которых перемешивание молочной основы во время нагревания и охлаждения производится вручную. Отдельные стадии процесса производства йогурта могут быть представлены в следующей последовательности:

- стерилизация оборудования перед использованием при помощи химических средств с последующей сушкой и промывкой чистой водой;
- наполнение резервуара молоком, добавление необходимого количества сухих компонентов (сухого молока) и перемешивание мешалкой из стальной проволоки;
- запуск цикла термообработки с использованием для нагрева изолированной водяной рубашки электрического нагревательного элемента и перемешивание молока вручную;
- после достижения желаемой температуры выключение нагревательного элемента; перед охлаждением молоко выдерживается в течение 10–30 мин (в зависимости от конкретного значения температуры);
- замена горячей воды в рубашке циркулирующей водопроводной водой для охлаждения; при температуре 40–45 °C в молоко вносится закваска, и молоко во время сквашивания больше не перемешивается;
- через несколько часов или при достижении требуемой кислотности для охлаждения сгустка в рубашку вводится водопроводная вода, причем этот процесс может быть стимулирован легким перемешиванием;
- при температуре около 15–20 °C заданное количество йогурта выкачивается из резервуара, перемешивается с фруктовыми наполнителями и вручную разливается в пластиковые стаканчики.

3.2.2 Универсальные резервуары

Этот тип резервуаров представляет собой несколько модернизированные в соответствии с требованиями производства йогуртов ванны длительной пастеризации, ко-

торые широко используются при изготовлении густых йогуртов (рис. 3.6). Такие резервуары, как правило, изготавливаются из нержавеющей стали, снабжены водяной рубашкой и обычно имеют вместимость от 50 до 2250 л. При их использовании процесс производства йогурта с нарушенным сгустком (жидкого) обычно осуществляется двумя альтернативными путями. В первом случае резервуар используется на всех этапах подготовки и производства (см. рис. 3.7, процесс А), а во втором — только для подготовки и обработки молока, то есть для перемешивания молока и сухих ингредиентов, тепловой обработки и охлаждения до температуры сквашивания (см. рис. 3.7, процесс Б).

Представленные на рис. 3.7 процессы А и Б иллюстрируют этапы производства исключительно перемешанных йогуртов, а для производства йогуртов с ненарушенным сгустком необходимо применять процесс В (рис. 3.7). Процессы Б и В сходны,

Рис. 3.6. Ванна длительной пастеризации,
используемая в качестве универсального резервуара для приготовления йогуртов

Резервуар Густи фирмы «Pastomix» («Pastolux») с паровым, электрическим или газовым нагревом для тепловой обработки молочной основы или хранения охлажденного йогурта (пояснения в тексте).

Публикуется с разрешения T. Gusti, г. Веллингборо, Великобритания.

различаясь лишь тем, что в процессе Б молоко сквашивается одной партией, тогда как в процессе В молоко сквашивается в многоместном контейнере. Основные различия между йогуртами с ненарушенным и нарушенным сгустком рассмотрены в других разделах (см. главы 2 и 5 соответственно).

Универсальный резервуар (см. рис. 3.6) может быть нагрет с использованием различных источников энергии (электрических, паровых или газовых) и его универсальность делает этот тип производственного оборудования предпочтительным для малых предприятий. На стадии охлаждения может использоваться водопроводная или холодная вода, циркулирующая в магистральной системе охлаждения. Если применяется охлаждение йогурта в емкости, для осторожного перемешивания сгустка и интенсификации охлаждения используется «медленная» мешалка (порядка 45 об/мин), лишь ненамного снижающая вязкость продукта. Для обеспечения откачки йогурта диаметр выпускного отверстия должен быть не менее 5 см. При небольших масштабах производства смешивание продукта с фруктами и заполнение могут выполнять-

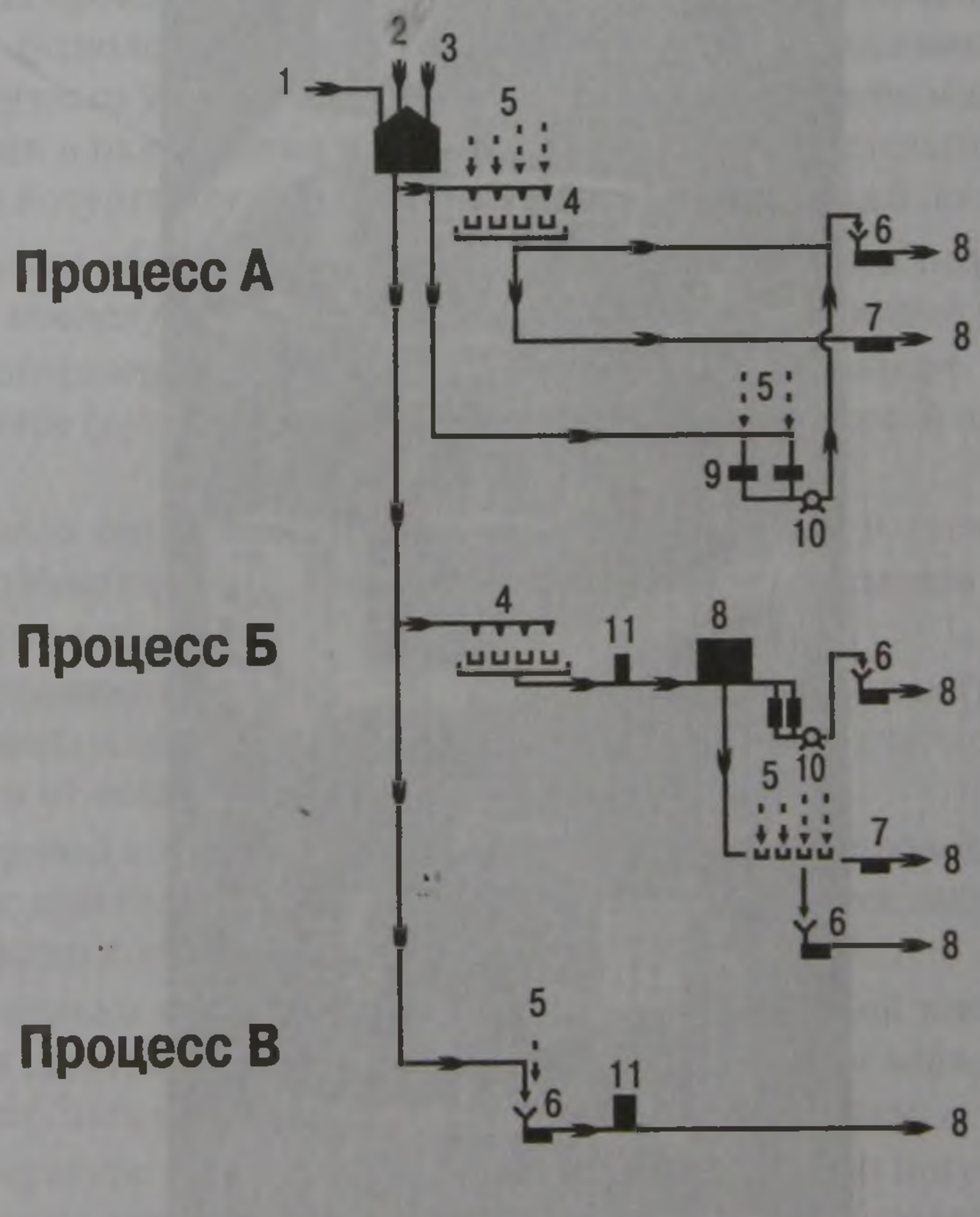


Рис. 3.7 Малое производство йогуртов с использованием универсального резервуара

1 – подача исходного молока, 2 – добавление вручную сухих ингредиентов (сухого молока и сахара), 3 – добавление вручную закваски, 4 – мешалки из нержавеющей стали (в процессе А для холодного йогурта, в процессе Б для обработанной и заквашиваемой молочной основы), 5 – добавление вручную фруктов, 6 – малогабаритное устройство розлива, 7 – ручное малогабаритное устройство розлива, 8 – хранение на холоде, 9 – две небольшие емкости (используемые параллельно) для добавления в йогурт фруктов, так что наполнение может происходить непрерывно, 10 – насос, 11 – бродильный шкаф (термостат) для производства йогуртов с ненарушенным сгустком (процесс В).

ся вручную, но при этом необходима крайняя осторожность (для минимизации вероятности последующей порчи продукта) (см. рис. 3.7, процесс Б). Фрукты добавляют в каждую емкость и осторожно смешивают с йогуртом с помощью мешалки.

3.2.3 Мини-молокозавод

Мини-молокозавод – это комплект небольшого компактного оборудования, разработанный в конце 1970-х гг. фирмой «Альфа-Лаваль Лтд» (г. Лунд, Швеция). Этот проект финансировался правительством Швеции с целью создания малых молокозаводов для развивающихся стран. В настоящее время фирмы «Тетра-Пак» и «Альфа-Лаваль Агри» поставляют это оборудование в различные страны. Мини-молокозавод специально спроектирован для выработки цельномолочных и кисломолочных продуктов, а также сыра. Такое оборудование может производить за 8-часовую смену около 1000 л различных йогуртов. Для обеспечения быстроты монтажа и пуска его в эксплуатацию оборудование предварительно собирается и тестируется. Энергия, необходимая для нагревания и охлаждения, берется из электросети или вырабатывается дизель-генератором, а вода может нагреваться печью, работающей на угольном или древесном топливе. Молокоперерабатывающий участок для производства вышеуказанных продуктов приведен на рис. 3.8. [32, 38, 60, 120; см. также 35].

Рис. 3.8 Общий вид мини-молокозавода

Публикуется с разрешения компании *«Тетра-Пак Лтд.»*, г. Лунд, Швеция.

3.2.4 Упаковочные машины для малых предприятий

Несмотря на то что розлив вручную принят на многих малых производствах, использование машинной упаковки обладает рядом преимуществ. На рынке имеется широкий спектр устройств розлива и упаковки, оснащенных разнообразными механизмами, способными, например, нагревать крышки из фольги, припечатывать их или насаживать пластиковые крышки. Окончательный выбор того или иного вида устройств — вопрос личного предпочтения (см. [130]). Большинство производителей упаковочных машин предлагают малогабаритное оборудование, отвечающее требованиям малых производств, например:.

Regal RP/SA2 — полуавтомат, включающий:

- загрузочные бункеры из нержавеющей стали, куда помещается йогурт и фруктовая основа;
- поворотный стол из нержавеющей стали;
- распределитель фольги с устройством подготовки поверхностей к печати;
- устройство термопечати.

Общий вид этой машины приведен на рис. 3.9. Выполняемые на ней операции производятся в следующей последовательности: а) подготовленные контейнеры загружаются в машину вручную, и фотоэлемент фиксирует их присутствие; б) оператор поворачивает поворотный стол по часовой стрелке к устройству розлива; в) когда контейнер наполнен (то есть в нем находится йогурт с фруктами или (при двухстадийном процессе) фрукты и йогуртовая основа по отдельности), оператор поворачивает стол по часовой стрелке к распределителю фольги, где на контейнер автоматически кладется лист фольги, и его края соответственно готовятся для печати, и г) оператор поворачивает стол к устройству термопечати, где лист фольги с предварительным его нагревом автоматически припечатывается.

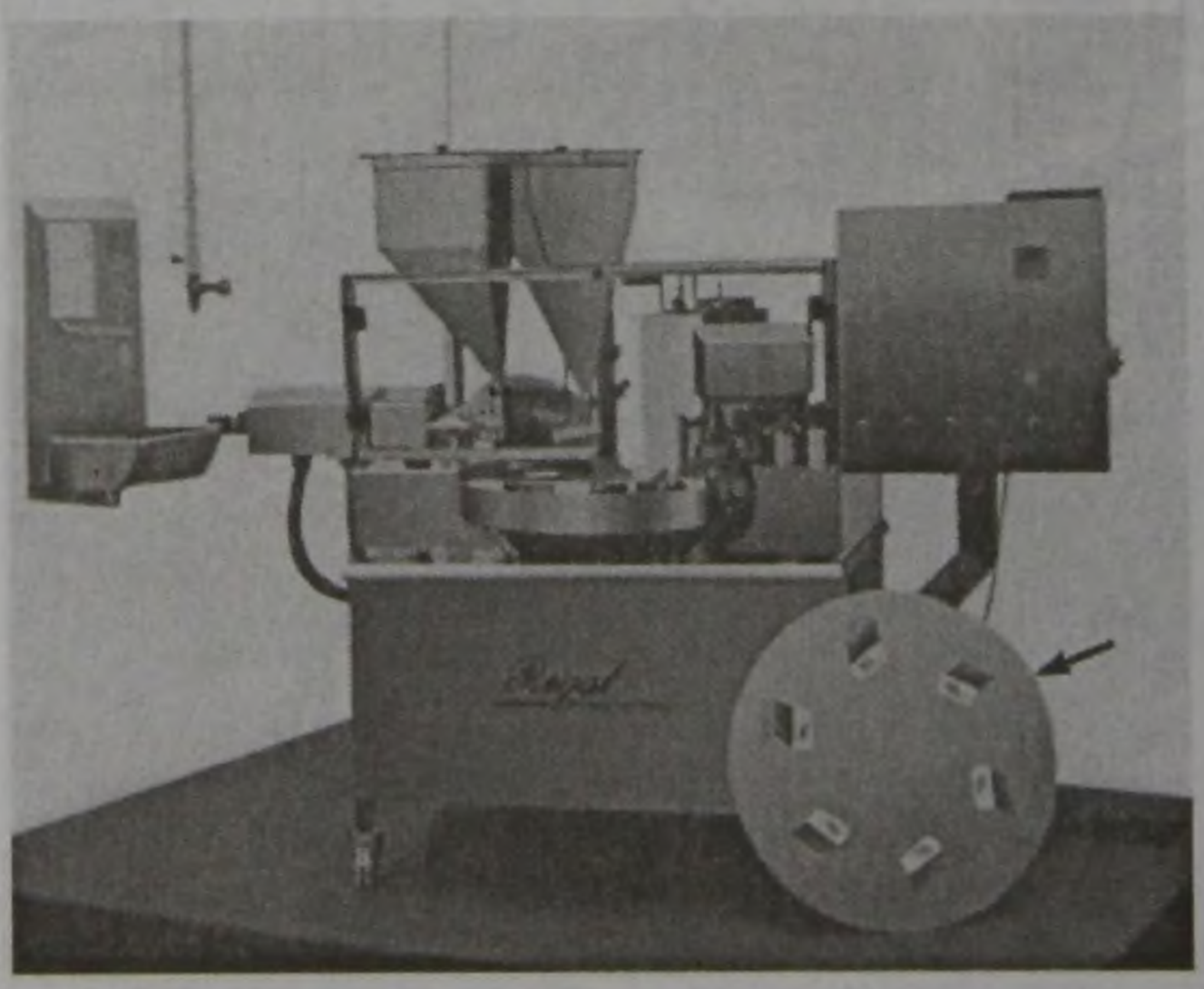


Рис. 3.9. Общий вид полуавтомата *Regal*

Стрелкой обозначен стол из нержавеющей стали, специально спроектированный для заполнения двухкамерных стаканчиков.

После следующего поворота стола наполненные йогуртом контейнеры с него снимаются. Важно, что этот процесс цикличен, то есть при каждом повороте стола наполняется следующий контейнер. Порция устройства распределения фруктов варьируется от 10 до 80 мл, а для розлива йогурта – от 60 до 300 мл. Иногда этот агрегат поставляется со сплошной стальной защитной сеткой. Эта же фирма производит полностью автоматические аппараты розлива производительностью 12 000 стаканчиков в час.

Waldner Dosomat 1 Eco, 1, 2 & 10 – агрегаты роторного типа для розлива и укупорки (производительностью от 1000 до 20 000 стаканчиков в час). Это автоматы с механическим приводом дозирующего устройства, которое работает по принципу поршня, что гарантирует заполнение с высочайшей точностью и осторожностью. Для таких вязких продуктов, как йогурт, аспирация продукта реализуется путем прямой подачи через уравнительные поршни, а диапазон дозирования регулируется рукояткой в виде маховика. Автомат работает с разными типами упаковок (например, картонными пакетами, пластиковыми стаканчиками или стеклянными бутылками). Пример такого агрегата, работающего в закрытом шкафу с ламинарным потоком, приведен на рис. 3.10. Все модели машин типа *Dosomat* снабжены системами нанесения маркировки одного из следующих типов:

- печать быстросохнущими чернилами или термопечать полоски на крышке или донышке упаковки;

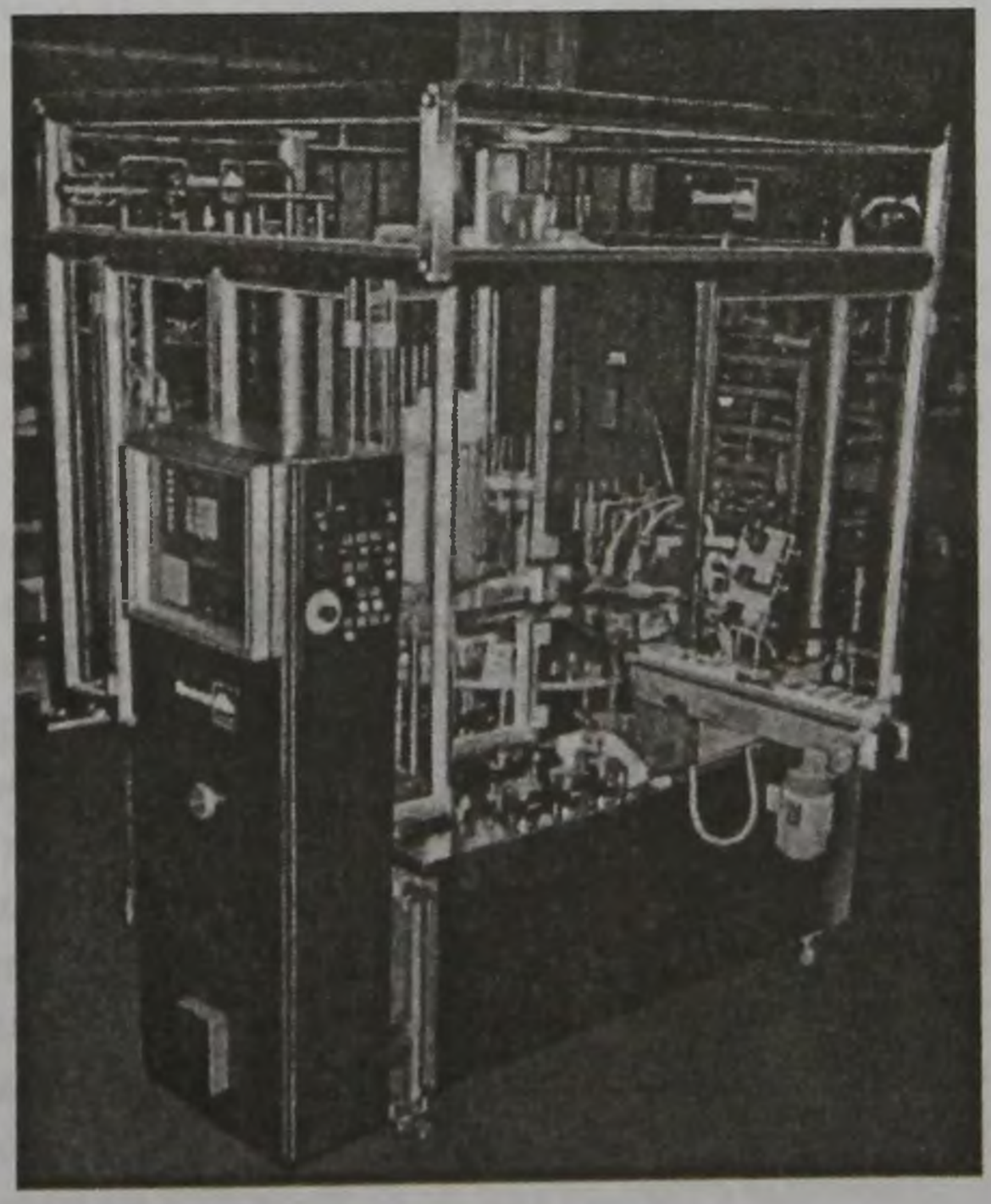


Рис. 3.10. Устройство розлива *Waldner Dosomat* роторного типа
Публикуется с разрешения компании *«Ultrapak»*, г. Олдершот, Великобритания

- горячее или холодное тиснение на донышке упаковки;
- этикетирование;
- струйная маркировка чернилами;

Укупоривание контейнера накладываемой сверху крышкой может быть произведено при помощи термического, ультразвукового или высокочастотного запечатывания. Все модели пригодны для обслуживания системами безразборной мойки (CIP). Количество лотков заполнения на поворотном столе может составлять от одного до восьми в зависимости от модели и производительности.

GEI Turbo Rotafil – это многофункциональная компактная система розлива. Агрегат поставляется с взаимозаменяемыми поворотными столами различных размеров с угловой разметкой для упаковки йогуртов в контейнеры различных типоразмеров. По выбору заказчика может быть снабжен большим количеством дополнительных элементов, в частности:

- автоматическим устройством наполнения и опорожнения контейнеров;
- различными наполняющими головками;
- устройством для автоматического укупоривания, термопечати и предохранения от загрязенений;
- системой нанесения даты и цены.

Производительность установки с четырьмя головками — около 8400 упаковок в час. Специально разработанная наполняющая головка (рис. 3.11) обеспечивает (а) регулируемую скорость заполнения, (б) возможность добавления в йогурт целых кусочков фруктов, и (в) полное отсутствие вытекания продукта в перерывах между циклами розлива.

Cockx R 4000 — 16-гнездовая, 8-местная машина с режимами предварительного заполнения и перекрывания (рис. 3.12). Оснащена магазинами для стаканчиков, системой механического заполнения поршневого канала, укупорки, устройствами термопечати и кодировщиками, автоматической подачей стаканчиков на конвейер с увеличенным накопительным столом. Производительность — около 4000 стаканчиков в час.

Данный агрегат предназначен для одновременного заполнения двумя различными продуктами (поворотное устройство устанавливает два кармана одновременно). Наполняющие клапаны являются независимыми и вместо одного загрузочного бункера могут быть установлены два. При использовании предварительного заполнения стаканчики большей емкости могут быть наполнены быстрее благодаря предварительной дозировке перед основным заполнением. Форсунки могут меняться под различные продукты и имеют систему отсечки. Измерительные устройства встроены в корпус агрегата и легко доступны через открывающиеся внутрь заслонки. Магазины крышек могут быть задействованы независимо и заменены под контейнеры с различными размерами ободков. Головки термопечати имеют легкозаменяемые печатные формы, а устройства для маркировки могут быть быстро настроены по высоте и положению. Заполненные стаканчики поднимаются из карманов и съезжают на неподвижную платформу, а затем заталкиваются на небольшой конвейер, который передает их для упаковки на накопительный стол.

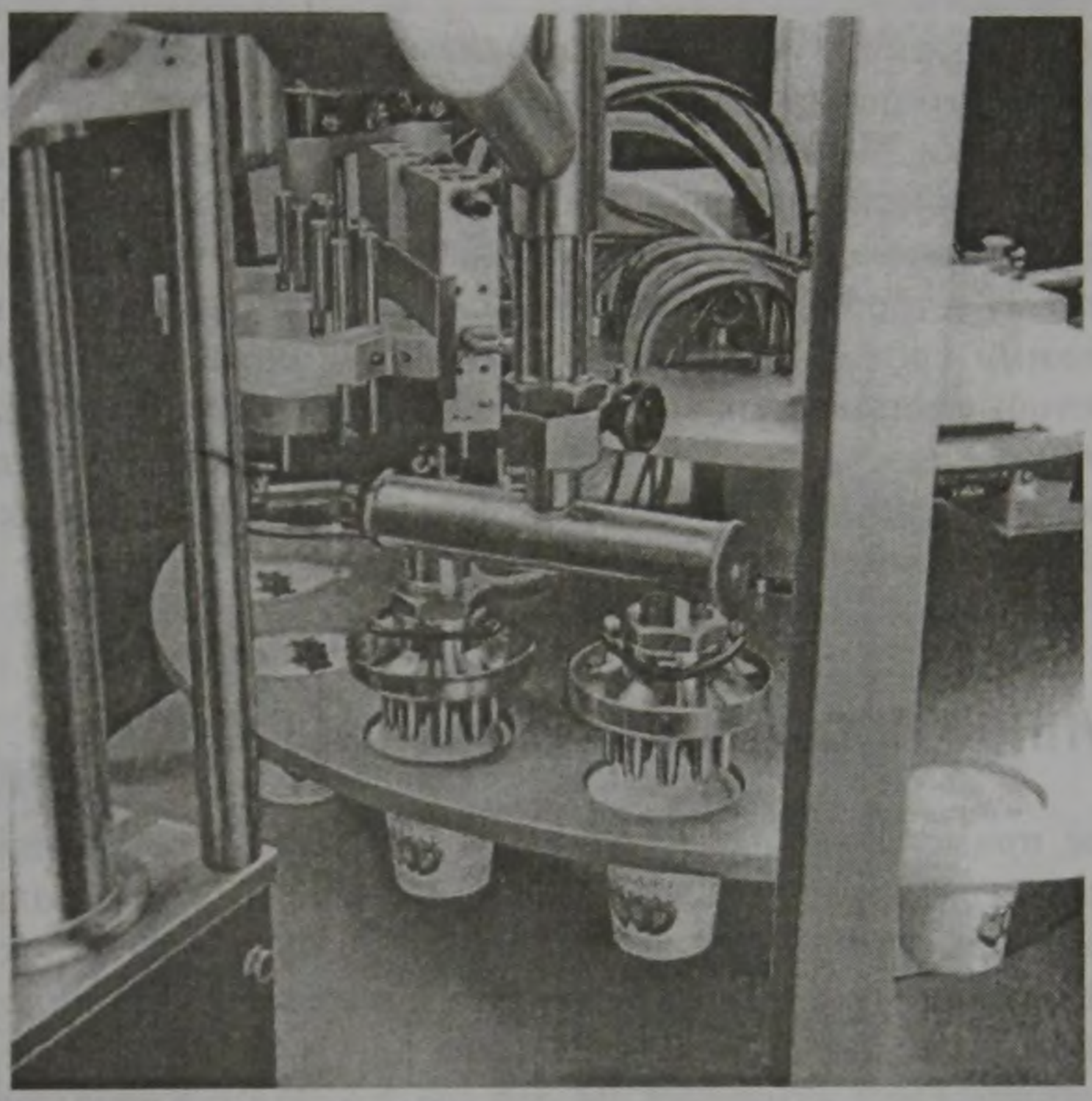


Рис. 3.11. Наполняющие головки упаковочной машины *Turbo Rotafil*
Публикуется с разрешения *GEI International*, г. Вобурн Сэндз, Великобритания.

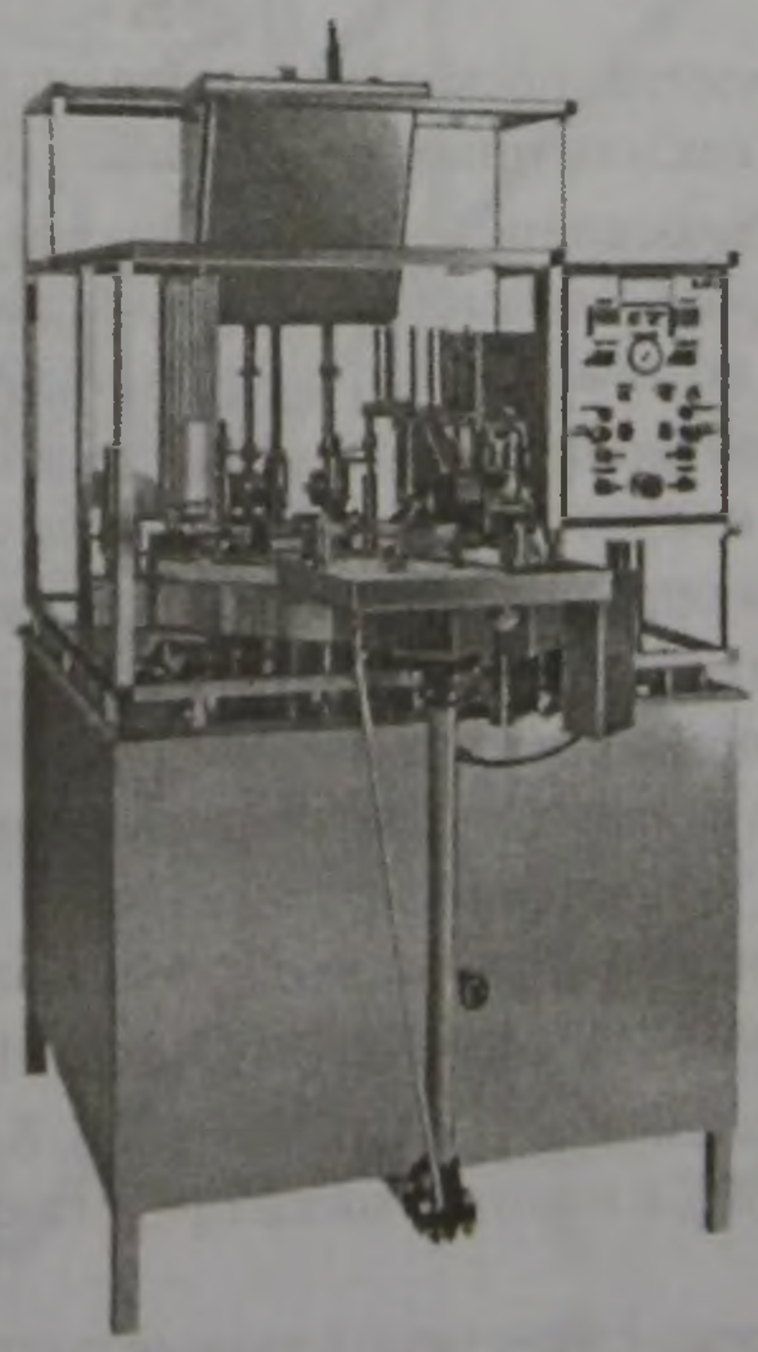


Рис. 3.12. Агрегат роторного типа *Cockx* для заполнения и укупоривания стаканчиков
Публикуется с разрешения *C.K.X. Engeneering*, г. Сэдбери, Великобритания.

Системы наполнения, накрывания крышками и печати полностью контролируются сенсорными датчиками, а для безопасности все заслонки снабжены системами взаимной блокировки. Машина не оснащена системой управления технологическим процессом, а механический привод с регулируемой скоростью подсоединен через цепную передачу к приводной системе поршневого наполнителя, а также присоединен к кулачковому устройству, меняющему направление движения. Последнее снабжено несколькими последовательными клапанами, управляемыми собственными кулачками, которые легко устанавливаются и регулируются. В этом случае заказчику нетрудно полностью разобраться в работе машины на каждой стадии. Масленки для смазки находятся на одной панели с патрубками, подающими смазку по медным трубопроводам к подшипникам.

3.3 Крупное промышленное производство

Оборудование, применяемое для изготовления йогурта на крупных предприятиях, рассчитано на переработку тысяч литров молока в день, и в нем используется весьма сложная технология, предполагающая производство йогурта на молокозаводах с высокой степенью механизации и автоматизации. Со времени опубликования первого издания этой книги технология производства йогуртов была усовершенствована (последние технические достижения нашли свое отражение в двух монографиях [82, 84]). Кроме того, новые технологические разработки, включая технологию производства продуктов со специальными добавками, отражены в работе [48]. Среди них можно отметить:

- мембранные технологии, позволяющие использовать лишь необходимые свойства метаболитов тех или иных микроорганизмов;
- раздельное культивирование микроорганизмов, обеспечивающее возможность объединения микроорганизмов, требующих различных условий для размножения, например, штаммов мезофильных и термофильных бактерий;
- автоматический контроль кислотности для своевременного прекращения процесса брожения и получения требуемой консистенции продукта;
- монтаж на заполняющем устройстве охладителя в целях повышения вязкости ферментированных молочных продуктов;
- применение заквашивания в потоке, обеспечивающего возможность более гибкого производства ферментированных молочных продуктов с ненарушенным сгустком;
- нагнетание стерильного воздуха, которое показало свою эффективность в защите закваски от загрязнения другими микроорганизмами и бактериофагами.

Эта тема подробно рассмотрена в работах [5, 6, 8, 28, 34, 47, 54, 61, 90, 116, 118, 119, 135, 136, 145–147, 159], и поэтому ниже представлена лишь новейшая информация.

К производству йогуртов существуют разные подходы, и каждый производитель по-своему относится к этому процессу, так что каждое производство организовано

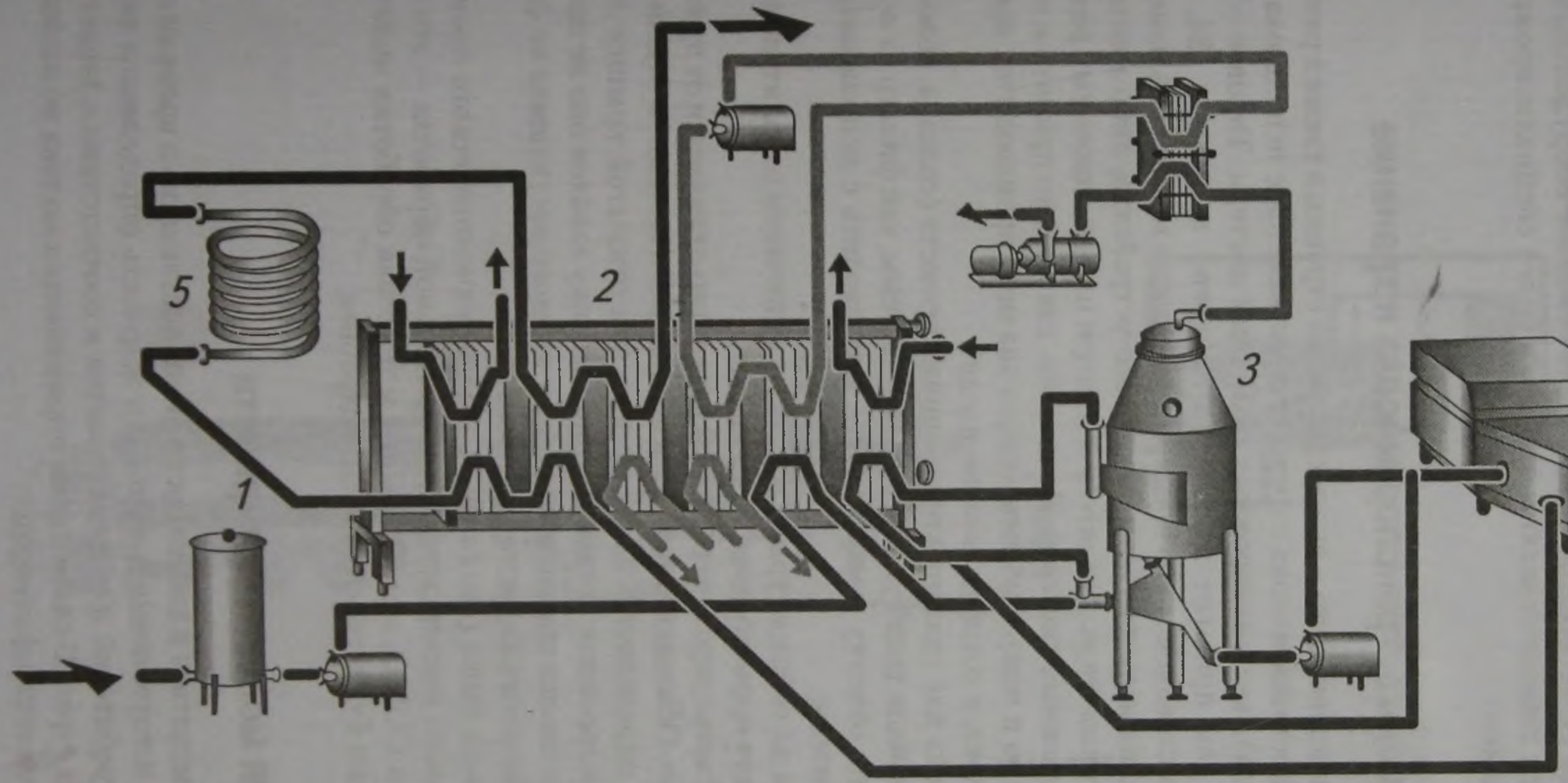


Рис. 3.13. Принципиальная схема предварительной обработки молока для производства йогуртов с ненарушенным и нарушенным сгустком

1 – балансировочный бачок; *2* – пластинчатый теплообменник; *3* – выпариватель; *4* – гомогенизатор; *5* – выдерживатель

Публикуется с разрешения компании *«Тетра-Пак Лтд»*, г. Лунд, Швеция.

«на свой манер». Очевидно, что на производствах, которые вырабатывают йогурты с ненарушенным или нарушенным сгустком (или тот и другой), некоторые технологические стадии одни и те же (рис. 3.13) — например, приемка и подготовка молока, приготовление молочной основы, гомогенизация молока для йогурта, его тепловая обработка. В связи с этим целесообразно рассмотреть основное оборудование применительно к различным технологическим этапам, а более специализированные устройства обсудить отдельно.

3.3.1 Получение молока, транспортировка и хранение

В настоящее время в Великобритании и других развитых странах, а также в развивающихся странах сбор и доставка молока с ферм осуществляется с использованием автомолцистерн и (иногда), железнодорожных молочных цистерн. Типовое оборудование молокозавода для приемки молока рассмотрено в работах [34, 162] (рис. 3.14). Количество поставляемого на предприятие молока может быть измерено либо с использованием специального измерительного устройства, либо взвешиванием (например, на мостовых весах для автомолцистерн или на сдвоенных роликовых весах для железнодорожных цистерн). После того, как молоко принято и взяты пробы для его химического и микробиологического анализа, производится предварительная обработка молока, в которую обычно входят:

а) фильтрование молока для удаления посторонних веществ (соломы, волос, частиц почвы и т. п.) при помощи такой универсальной системы, как фильтр из нержавеющей стали; кроме того, очистку молока можно производить с использованием сепаратора-молокоочистителя;

б) охлаждение молока до температуры < 5 °С на пластинчатом охладителе перед подачей его в резервуар для промежуточного хранения.

Приемка молока из железнодорожных цистерн несколько отличается от приемки молока из автомолцистерн. Обычно цистерны располняются в приемном отделении. Предварительно быстро определяется запах молока при открытой крышке люка. В случае обнаружения посторонних несвойственных молоку запахов оно не принимается. Затем проводится анализ образцов молока от каждого поставщика по физико-химическим и микробиологическим показателям.

Как уже рассматривалось выше (см. главу 2), в ходе технологического процесса производства йогурта молоко подвергается предварительной обработке — это нормализация по жирности и СОМО, гомогенизация и тепловая обработка молочной основы. Ниже эти операции будут рассмотрены подробнее.

3.3.2 Нормализация молока по жирности

Жирность молока может меняться в зависимости от его поставщика и времени года. Что касается молока для изготовления йогурта, его жирность определяется вкусовыми пристрастиями потребителей и устанавливается в соответствии с нормативными актами тех или иных стран. В связи с этим нормализация молока по жирности является довольно существенным фактором.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

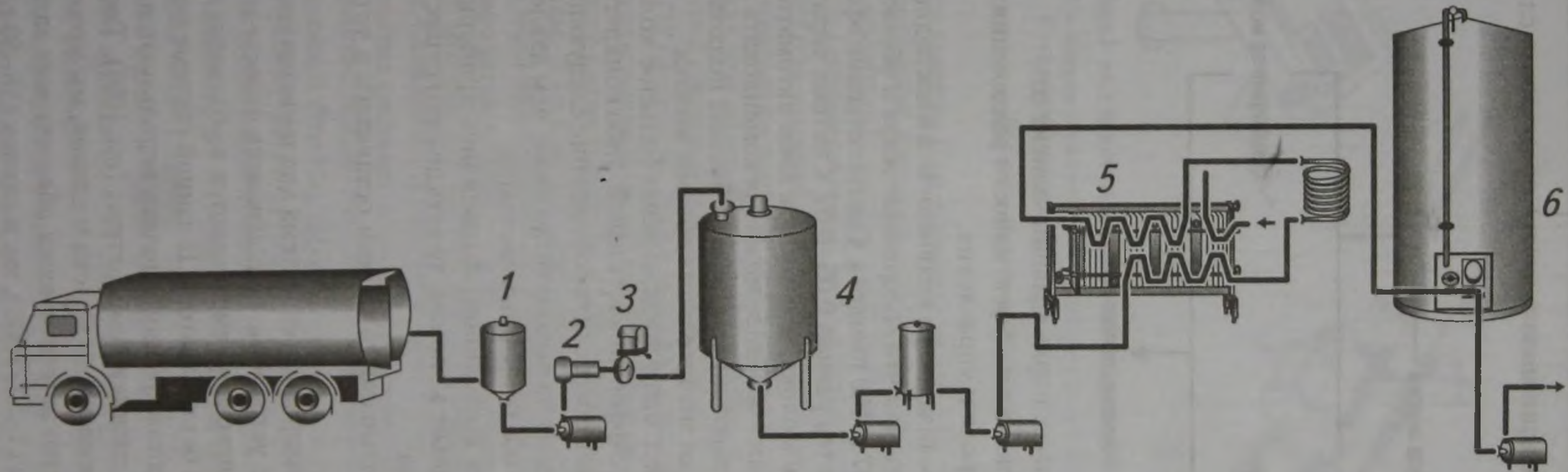


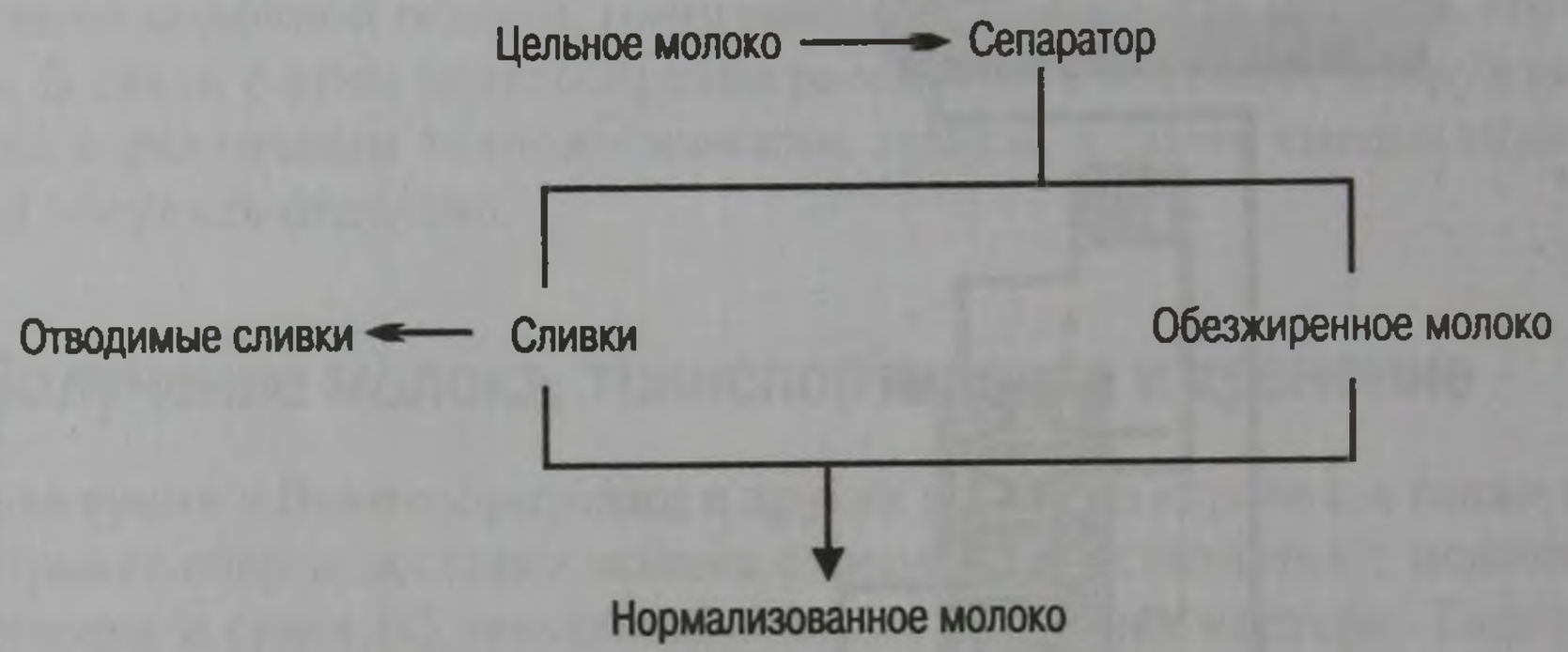
Рис. 3.14. Приемка, подготовка и хранение молока на крупном предприятии

1 — деаэратор; *2* — фильтр; *3* — счетное устройство для определения количества молока; *4* — промежуточный резервуар; *5* — термообработка и охлаждение, или только охлаждение; *6* — накопительный резервуар.

Публикуется с разрешения компании *«Тетра-Пак Лтд»*, г. Лунд, Швеция.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Теоретически процесс нормализации молока можно представить следующим образом:



Правильность протекания процесса нормализации зависит от:

- типа используемого оборудования и эффективности разделения;
- используемой системы контроля и управления.

Эффективность подобной нормализации на появившемся в последнее время оборудовании значительно повысилась, так что содержание жира в обезжиренном молоке обычно снижается до 0,05–0,07 г/100 г молока. Соответственно эффективность разделения для сепараторов считается равной 0,05–0,07. Система управления, применяемая на линиях нормализации молока, может быть либо автоматизированной, либо с управлением вручную, и если последнее можно рекомендовать для малых и средних производств, то автоматизированные системы больше подходят для предприятий, перерабатывающих в сутки значительные объемы молока.

Для нормализации молока может быть использовано большое количество различных систем (см. [17, 19, 29, 72]). Эффективность какой-либо конкретной системы зависит от того, насколько она может обеспечить соблюдение следующих условий:

- давление обезжиренного молока на выходе было ниже, чем давление в резервуаре, где сливки смешаны с обезжиренным молоком;
- жирность сливок оставалась постоянной; сохранялись пропорции при смешивания сливок с обезжиренным молоком, то есть должен существовать контроль пропорций смешивания;
- конечная жирность перерабатываемого молока оставалась в установленных пределах.

Compomaster KCC — это автоматизированная система для нормализации молока и сливок по жирности (рис. 3.15). Это устройство подключается непосредственно к сепаратору, однако если жидкости непрерывно смешиваются в объемных пропорциях, *Compomaster* может использоваться без сепаратора. В данной системе нормализации для замеров параметров сливок и обезжиренного молока используются измерители потока и плотности смеси, а также датчики температуры (см. [69]). Таким образом, зная плотность и температуру обезжиренного молока и сливок, мы можем затем вычислить жирность сливок. Устройство автоматически обеспечивает заданную жирность как нормализованного молока (1–5 г/100 г), так и сливок (18–50 г/100 г).

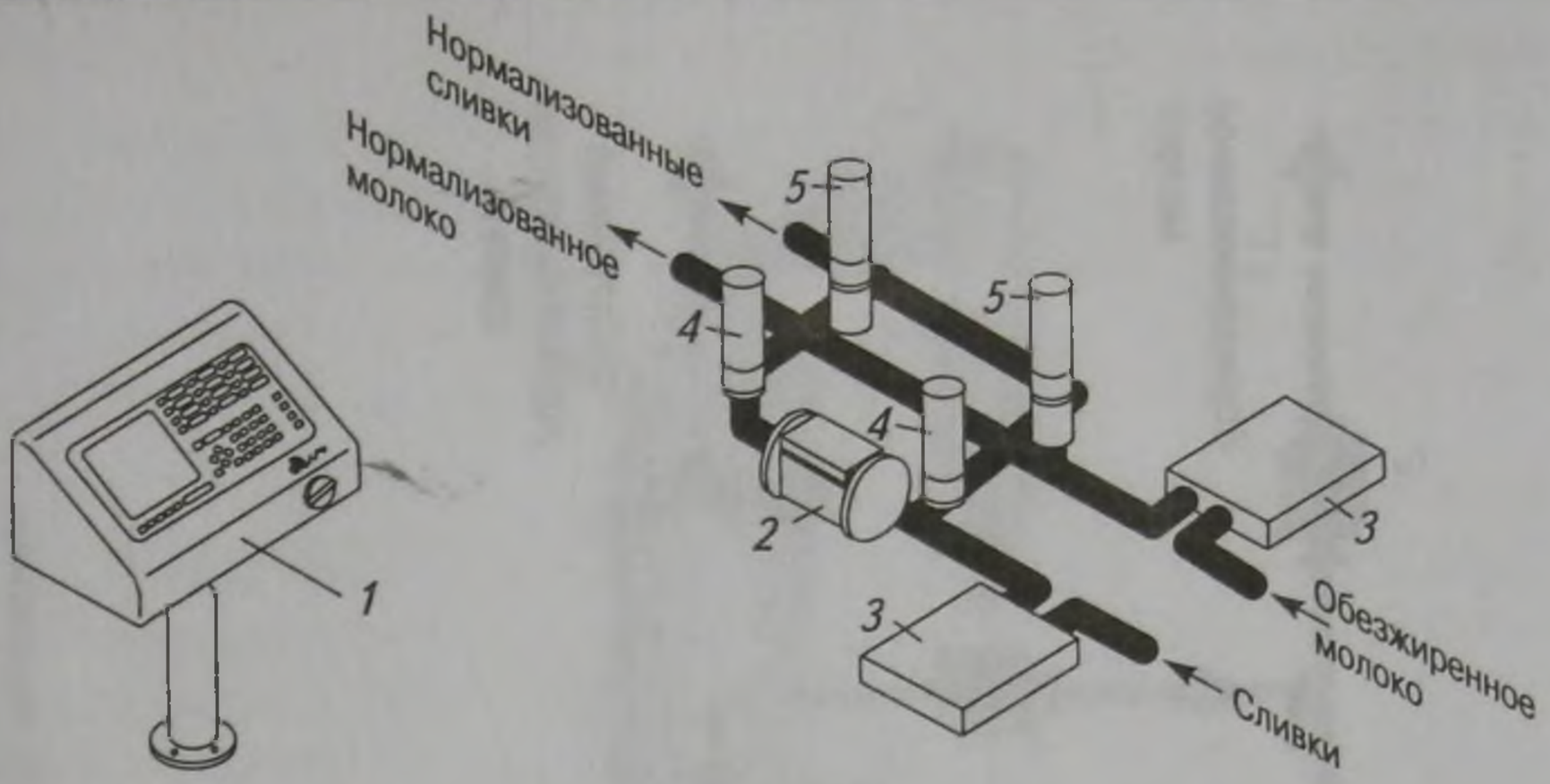


Рис. 3.15. Общий вид встроенной автоматизированной системы нормализации молока.

1 — панель управления; *2* — измеритель потока; *3* — датчик плотности; *4* — регулировочные клапаны; *5* — впускные/выпускные клапаны.

Публикуется с разрешения *APV Nordic*, Дания.

Производительность *Compomaster'a* — от 7000 до 45000 л/ч. Поставляется он в виде компактного узла, готового к монтажу и подключению к системе подачи продукта, воздухопроводам и электросети. Как указывается в работе [69], система нормализации типа *Compomaster KCC* нуждается в калибровке лишь раз в два года, что свидетельствует о ее высокой точности. В этой системе имеются также встроенные смесители специального назначения (например, для смешивания сливок и обезжиренного молока), что позволяет обходиться без сепаратора; более того, она приспособлена к работе с системой безразборной мойки (CIP).

Система ADS (Automatic Direct Standardisation Systems)) позволяет использовать точнейшие методы нормализации молока, что связано с продуманным выбором компонентов, а также с конструкцией и техническим решением системы, схема которой приведена на рис. 3.16. Система работает следующим образом [29, 34].

Требуемые значения параметров сливок для нормализации молока (или отводимых сливок) вводятся в блок управления. Система контроля давления на выходе обезжиренного молока (см. рис. 3.16, *5* — клапан постоянного давления) поддерживает постоянное давление, несмотря на колебания давления в последовательно расположенных частях системы. Система регулирования консистенции сливок поддерживает постоянство жирности сливках, отводимых из сепаратора (путем регулирования отводимого потока). Для получения нормализованного молока заданной жирности контроллер концентрации обеспечивает смешивание сливок контролируемой жирности с обезжиренным молоком в надлежащей пропорции. Точность этой системы, оцениваемая по стандартному отклонению повторяемости, должна быть для молока <0,03 и для сливок — около 0,25% (см. также [17, 72]).

Возможность применения подобных систем для производства йогуртов может рассматриваться при следующих условиях: а) если содержание СВ молока увеличено при помощи выпаривателя (см. рис. 3.13 и 3.17), то необходимо нормализовать молоко прежде, чем начнется процесс сгущения; б) если обезжиренное молоко можно сгустить выпариванием и затем перед последующей обработкой (например, гомо-

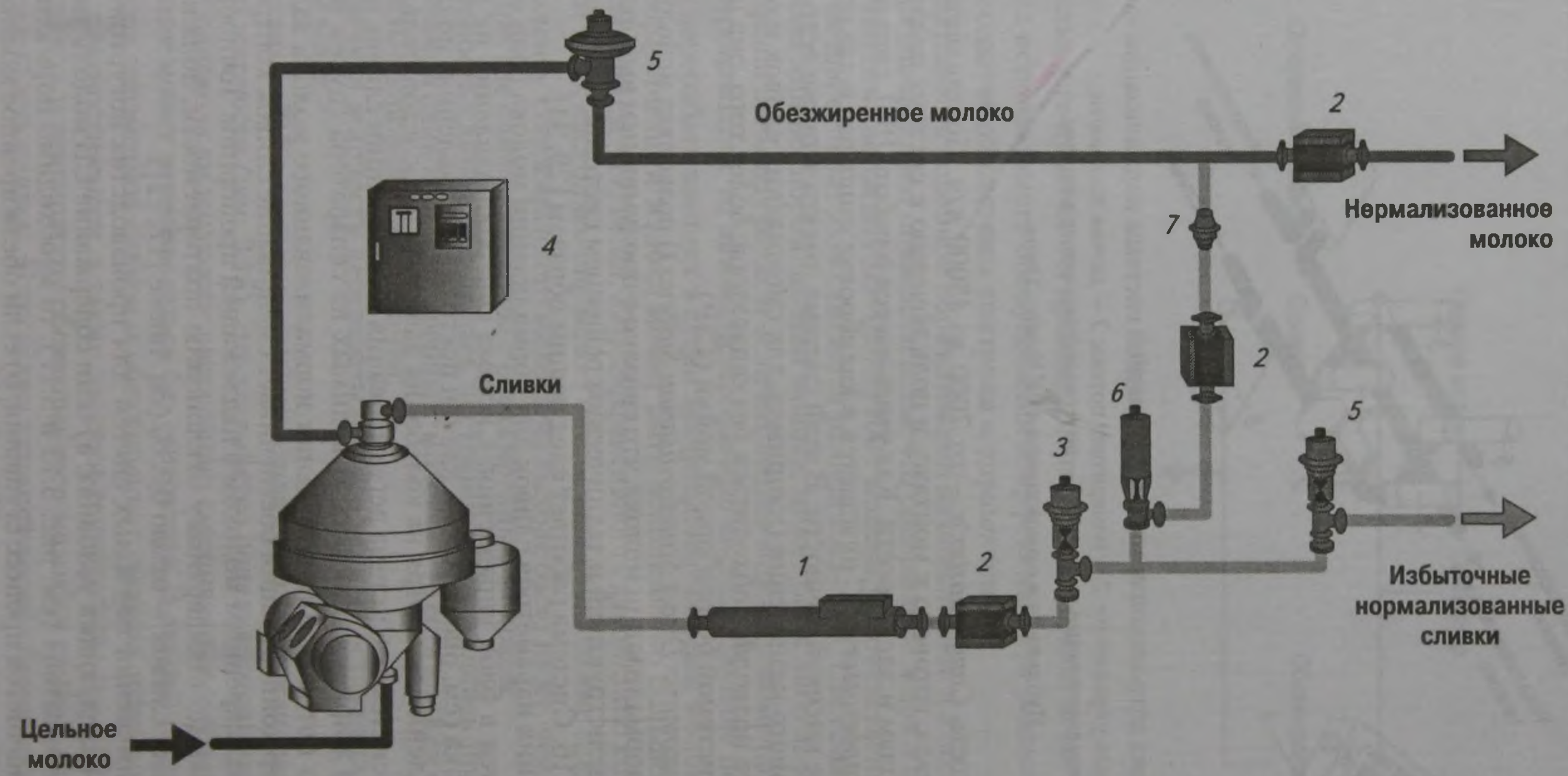


Рис. 3.16. Схема работы системы ADS

1 – датчик плотности; *2* – датчик потока; *3* – управляющий клапан; *4* – панель управления; *5* – клапан постоянного давления; *6* – запорный клапан; *7* – контрольный клапан.

Публикуется с разрешения компании *«Тетра-Пак Лтд.»*, г. Лунд, Швеция.

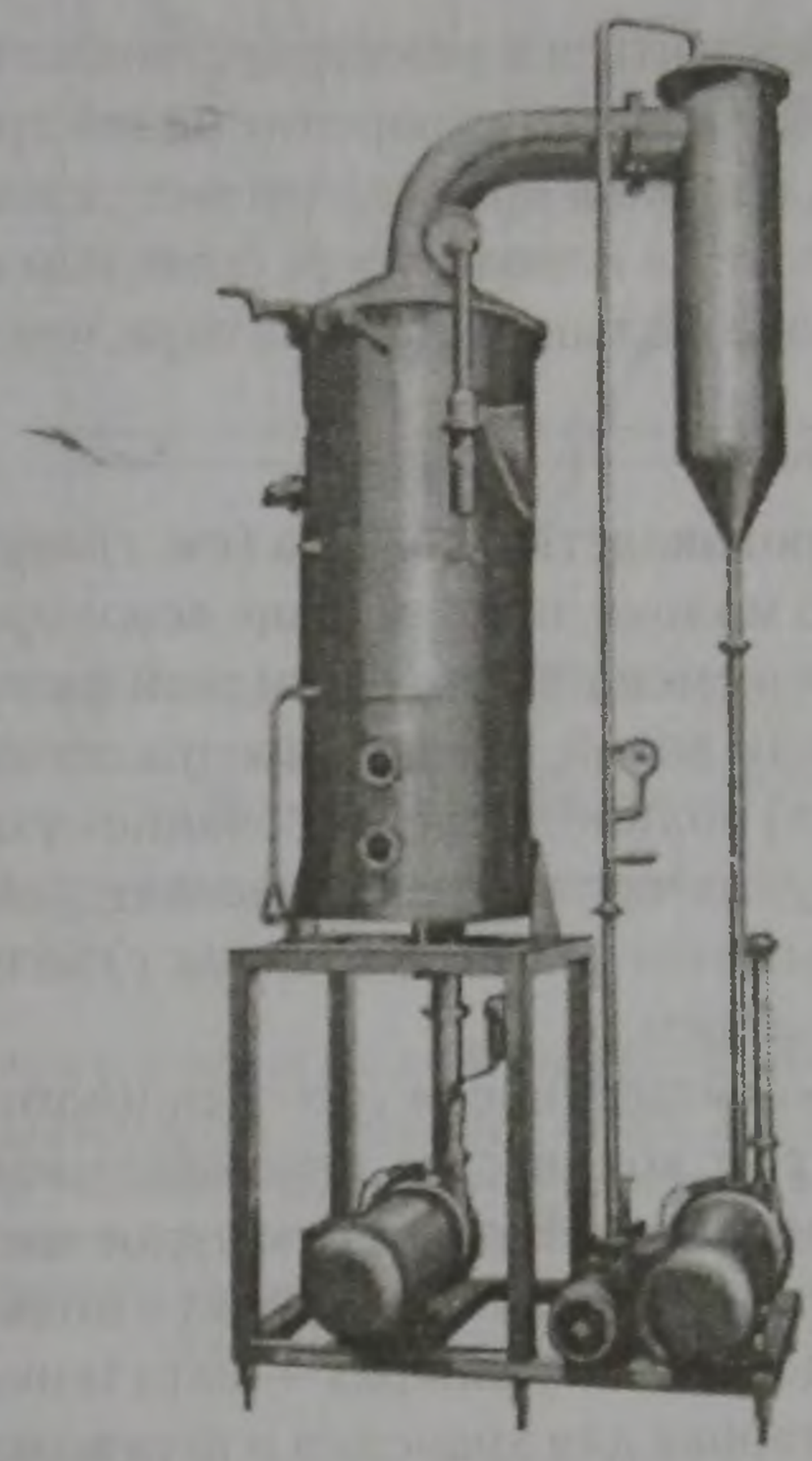


Рис. 3.17. Общий вид установки для выпаривания и деаэрации, встроенной в линию по производству йогуртов

Публикуется с разрешения *APV Nordic*, Дания.

генизацией и термообработкой) концентрированное обезжиренное молоко может быть нормализовано сливками; в) если концентрированное обезжиренное молоко может быть нормализовано сливками; и г) если для сгущения молочной основы время от времени используется мембранная фильтрация (ультрафильтрация или обратный осмос). Обычно цельное молоко сепарируется, обезжиренное молоко сгущается до желаемого содержания СВ, после чего нормализуется сливками.

В общем случае молочная основа нормализуется по содержанию жира перед началом выпаривания. Однако если обезжиренное молоко сгущается с помощью УФ, сливки добавляются позже. Это связано с используемым во время сгущения высоким давлением, которое может привести к изменению некоторых физических свойств жира, что в свою очередь может повлиять на качество йогуртов (например, эффект отделения или подсбивания жира).

3.3.3 Повышение концентрации СВ молока

Содержание СВ в молочной основе может быть увеличено одним или несколькими из рассмотренных ниже способов.

3.3.3.1 Традиционный способ

Кипячение молока может производиться в резервуаре, аналогичном емкостному пастеризатору. Целью этого способа является испарение одной трети всего объема молока при атмосферном давлении, однако в промышленных условиях этот способ повышения концентрации СВ в молоке не используется (главным образом, из-за высоких затрат и выделения в рабочей зоне больших объемов пара, что вредно для персонала).

3.3.3.2 Добавление сухого молока

Для обогащения молока при производстве йогурта (см. главу 2) могут быть использованы различные виды сухого молока, причем чаще всего применяется обезжиренное сухое молоко. Сухие добавки смешиваются с жидкой фазой, которая может быть цельным молоком, сливками или водой, причем предназначенное для этого оборудование должно обеспечивать: а) полное диспергирование сухих компонентов в жидкости; б) полное растворение сухих частиц без образования комков; в) минимальное поступление воздуха для уменьшения количество пены; г) возможность беспроблемной мойки и дезинфекции установки.

Применение в молочной промышленности того или иного оборудования для работы с сухим молоком зависит от количества перерабатываемого за день сырья и способа подачи сыпучих ингредиентов. В основном сухое молоко поступает либо в небольших (25–50-килограммовых) бумажных мешках с полиэтиленовыми вкладышами, в средних по величине (до 1 т) контейнерах — металлических или пластмассовых, либо в металлических цистернах для хранения и перевозки порошка (насыпью). Погрузочно-разгрузочное оборудование также разнообразно, так что если мешки (относительно небольшие количества сухого молока) могут опорожняться непосредственно в устройства для восстановления молока, то большие объемы порошка сначала проходят через устройство типа рассева, и только затем подаются в смешивающее устройство. Сухое молоко, хранящееся в металлических или пластмассовых бункерах или накопительных резервуарах, подается либо норией (винтовым шнеком) с различными скоростями, либо воздушным потоком. При этом должны использоваться пылеуловители, особенно на заводах с высокой производительностью. Ниже приведены некоторые примеры смешивающих устройств.

Загрузочно-смесительный патрубок. Процесс восстановления молока происходит «порционно», и для этого требуется замкнутая система, состоящая из бака, трубопровода, центробежного насоса и загрузочно-смесительного патрубка. Бак обычно заполняется жидкостью (водой), имеющей температуру 40–50 °С, после чего начинается ее циркуляция. При этом важно положение патрубка по отношению к центробежному насосу. Здесь допускаются два варианта (рис. 3.18):

- если патрубок установлен со стороны всасывания центробежного насоса, то это дает то преимущество, что благодаря действию насоса происходит быстрое распределение и равномерное растворение порошка; недостатком при этом является то, что в патрубке могут довольно часто возникать «пробки»;
- патрубок помещают на стороне нагнетания центробежного насоса непосредственно после специально оборудованного устройства — трубки Вентури; при этом проблема засорения преодолевается, так как трубка Вентури создает внутри трубопровода вакуум, заставляя порошок всасываться в циркулирую-

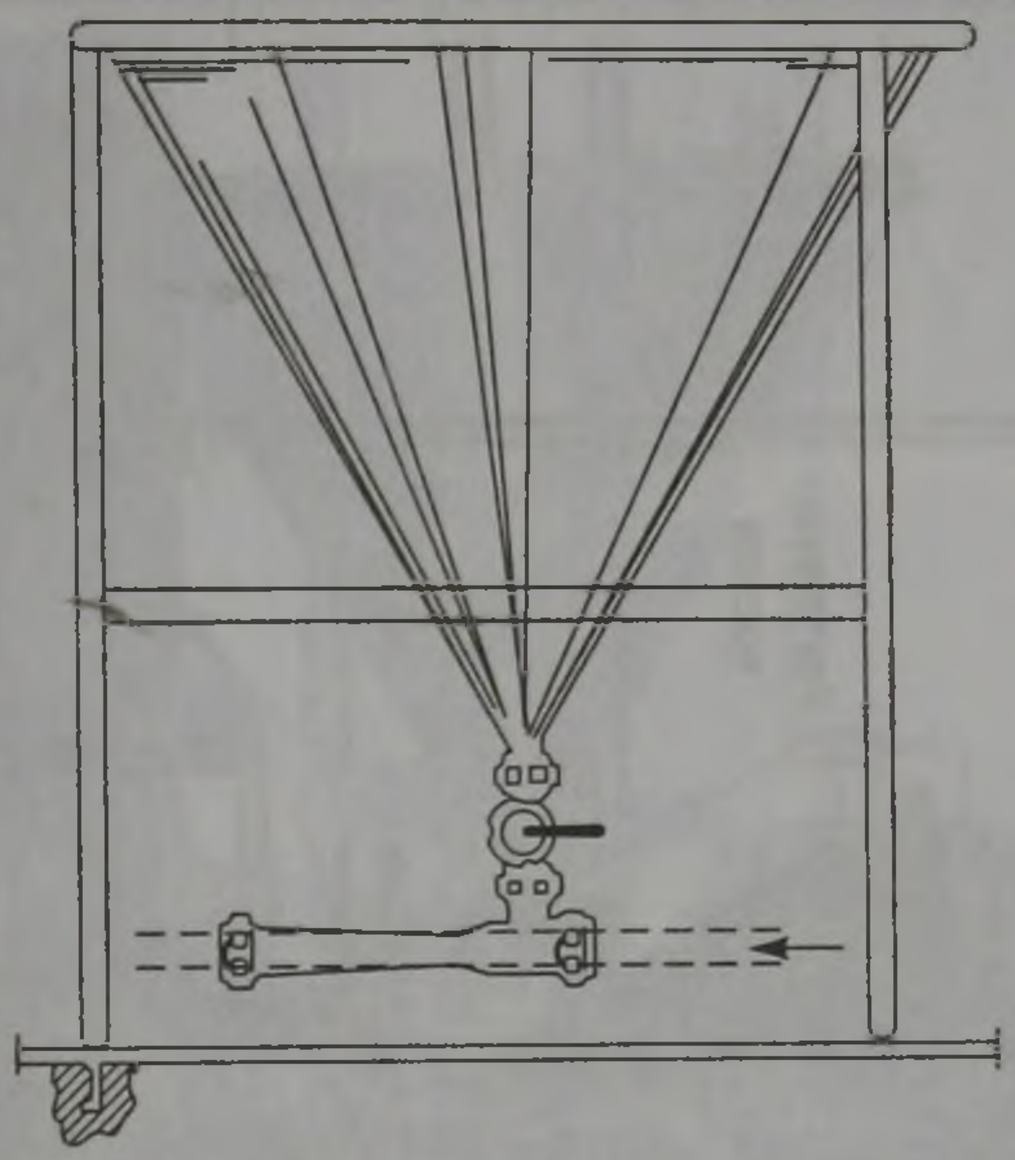


Рис. 3.18. Загрузочно-смесительный патрубок для работы с сухим молоком

Пакет с сухим молоком помещается на загрузочный стол и затем опорожняется в патрубок. Давление циркулирующей в магистрали воды увлекает порошок вниз, заставляя его смешиваться с водой. Циркуляция воды продолжается до тех пор, пока порошок не растворится. Необходимо принять во внимание, что патрубок соединен с клапаном, создающим в трубопроводе небольшое сопротивление для обеспечения эффекта Вентури.

щий раствор. Полное растворение порошка в этом случае идет несколько медленнее (см. [115, 148]).

Первый принцип проиллюстрирован на рис. 3.19. Следует отметить, что при втором подходе всасываемый воздух возвращается в бак, а не во всасывающую часть насоса, так как если воздух попадает в систему, то действие крыльчатки насоса может увеличить объем воздуха, попадающего в продукт. Помимо этого, уменьшения аэрации и/или вспенивания можно достичь путем установки на загрузочном патрубке специального клапана и обеспечения того, чтобы уровень возвратной линии в баке находился ниже уровня жидкости. Если требуется дополнительное смешивание с сухим молоком, то возможно применение следующих узлов: а) встроенного в линию статического смесителя, б) высокоскоростной мешалки в баке для смешивания и в) высокоскоростного жидкостного распылителя.

Альтернативой установке загрузочно-смесительного патрубка служат встроенные в линию смесители, некоторые примеры которых представлены ниже.

Смешивающее устройство *Tri-Blender*® поставляется американской компанией *Tri-Clover Inc.* Его отличительным признаком является то, что трубка Вентури смесителя заменена узлом двухступенчатого смешивания (рис. 3.20). Эта система предназначена для непрерывного или порционного смешивания сухих ингредиентов со скоростью до 45 кг в мин. Продукт проходит через камеру смешивания жидкой основы с сухими ингредиентами во вторую камеру для смешивания, которая эффективно работает как нагнетающий насос. Такое двойное перемешивание улучшает консистенцию конечного продукта и обеспечивает более однородное смешивание. При наличии функции на-

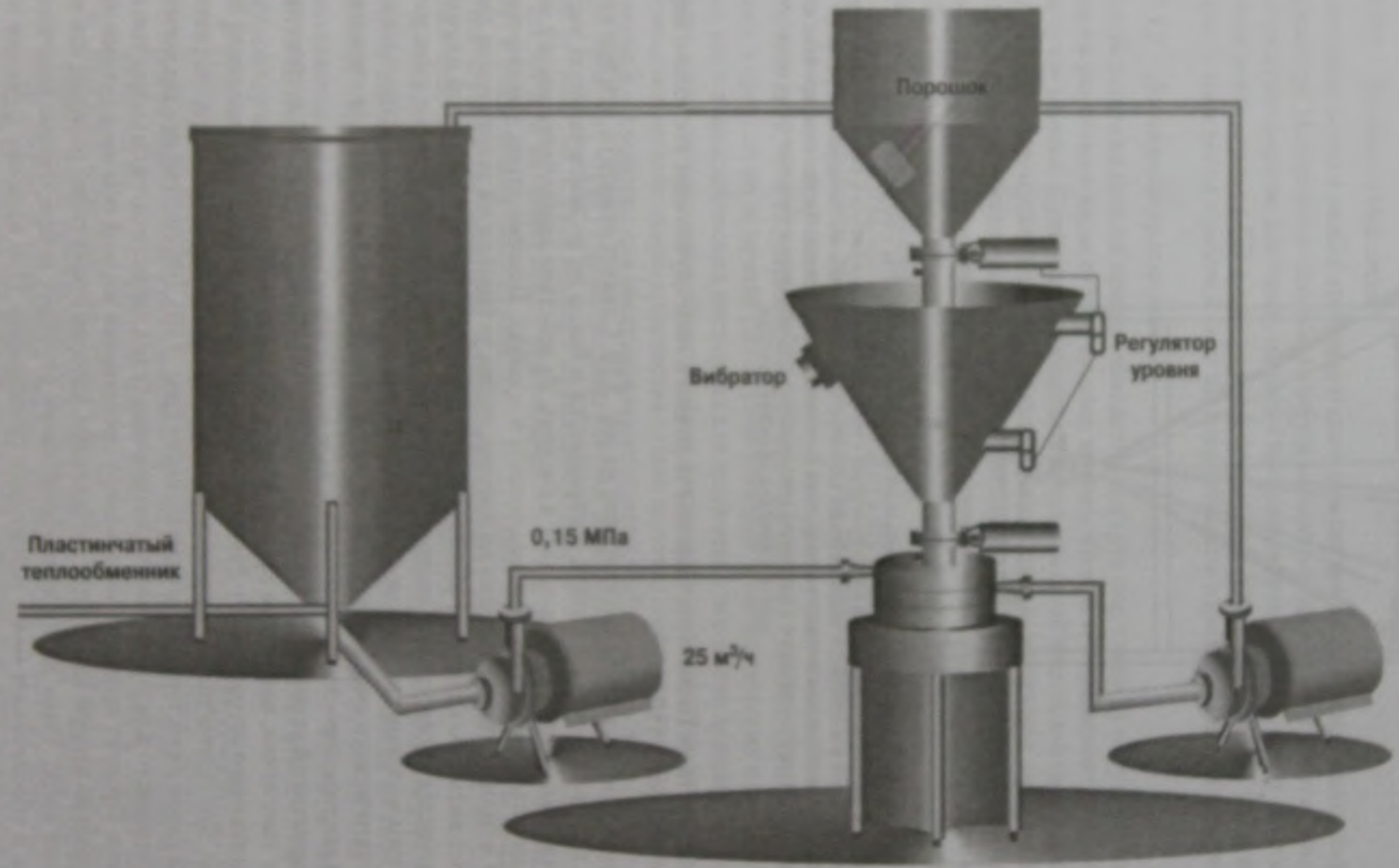


Рис. 3.19. Схема действия смесителя ТПМ-1.
Публикуется с разрешения APV Ltd., г. Кроули, Великобритания.

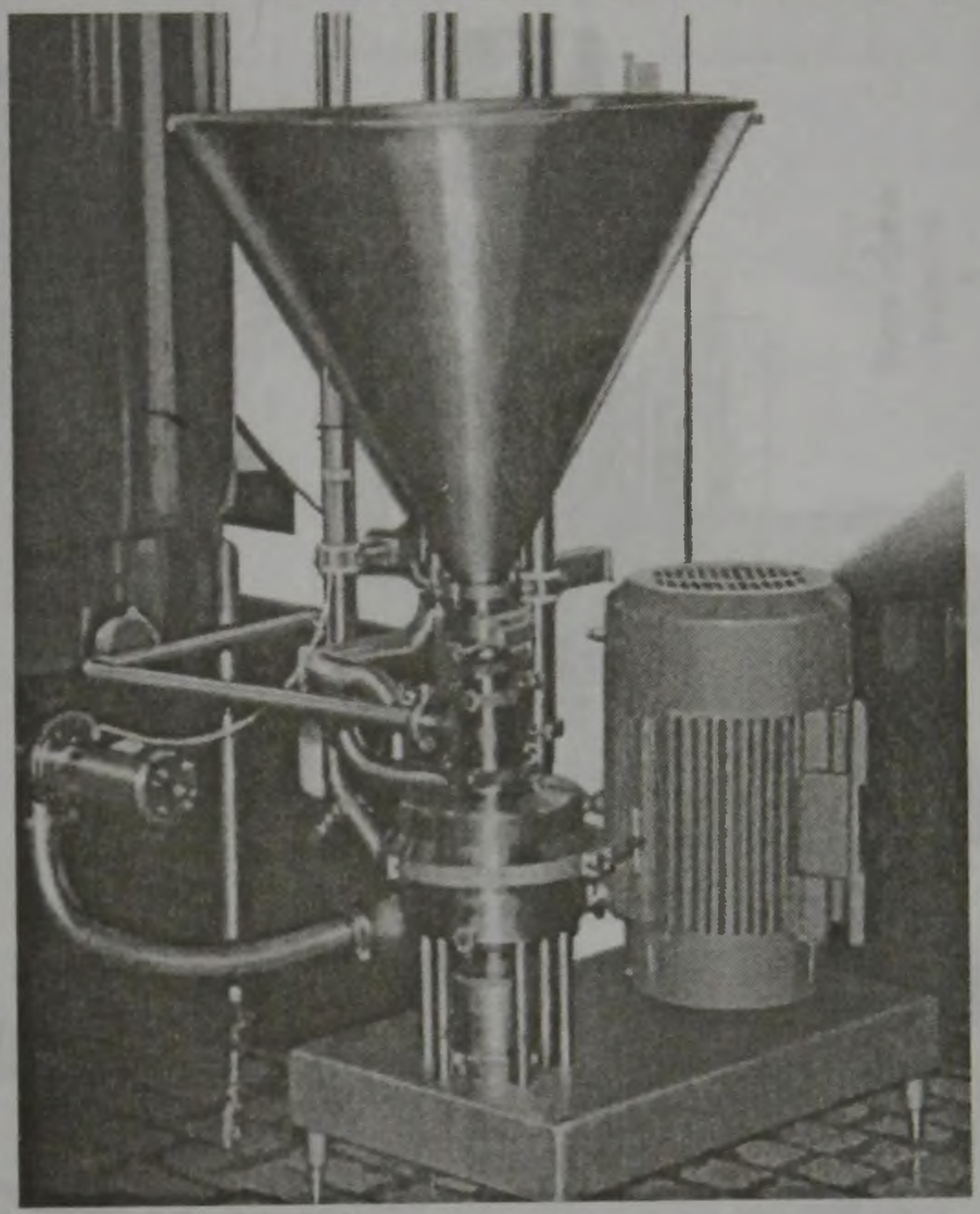


Рис. 3.20. Установка двухступенчатого смешивания *Tri-Blender®*
Публикуется с разрешения компании *Tri-Clover* Inc., г. Кеноша, США.

гнетания, предусмотренной в самой мешалке, становится возможным достичь значительно более высокой степени разрежения при различных условиях производства. Повышенная степень разрежения способствует быстрому и устойчивому потоку продукта по всей производственной линии, и в такой системе смешивания не требуется применения дополнительных фильтров и насоса для подачи продукта. Такое устройство весьма компактно и занимает площадь 50 × 75 см (рис. 3.20).

Мешалки Silverson работают с очень большой скоростью и создают гомогенизирующий эффект в ходе перемешивания сухих ингредиентов. Модели, которые могут использоваться для восстановления молока, известны как модели «*In-Line*» и «*Flash-mix*» (последняя приведена на рис. 3.21). Эти машины предназначены для непрерывной работы с высокими скоростями и каждая из них снабжена встроенной роторно-статорной рабочей головкой быстрого сдвига. У модели «*In-Line*» такая головка одна, а у «*Flashmix*» — две. Верхняя головка обычно выполняет функцию распыления, а нижняя имеет квадратную форму с экраном быстрого сдвига.

По данным производителя рабочие головки функционируют следующим образом:

- под действием силы тяжести или с помощью насоса жидкость подается в загрузочный патрубок и быстро отводится вниз двумя роторно-статорными головками; в образованную потоком жидкости вихревую воронку подается порошок;

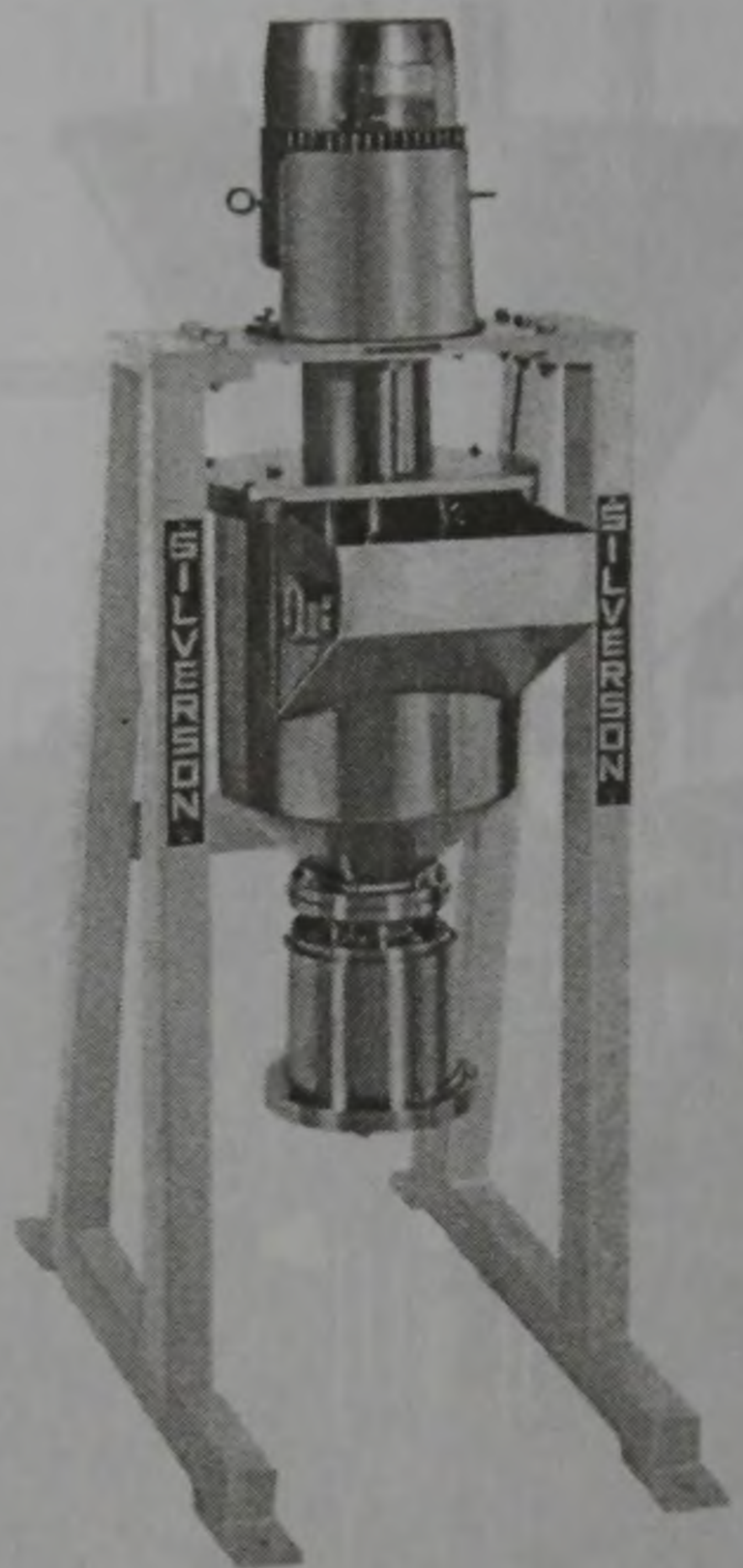


Рис. 3.21. Установка «*Flashmix*», которая может быть использована для смешивания порошков в потоке

Публикуется с разрешения *Silverson Machines*, г. Чесэм, Великобритания.

- смесь жидкости и порошка увлекается вихревой воронкой в камеру смешивания и не может обойти узел рабочей головки; тем самым обеспечивается полное растворение всех твердых фракций до того, как смесь покинет камеру смешивания.

У такого устройства отмечены два достоинства: возможность замены рабочих головок в зависимости от конкретного продукта, а также то, что соотношение порошок/жидкость может точно контролироваться при помощи соответствующих подающих и измерительных приспособлений. Для быстрого увлажнения и растворения порошков в жидкости можно применить и иное (аналогичное) устройство, известное под названием «*Flashblend*» с другим режимом работы.

Использование только мешалки «*In-Line*» имеет свои ограничения, так как подача сухого молока через воронку в линию с рециркулирующей жидкостью неизбежно приводит к образованию «мостиковых» эффектов. У мешалок «*Flashmix*» эти трудности не возникают из-за того, что жидкость и твердые ингредиенты перед тем, как засасываться в верхний ротор/статор, одновременно подаются в специально скон-

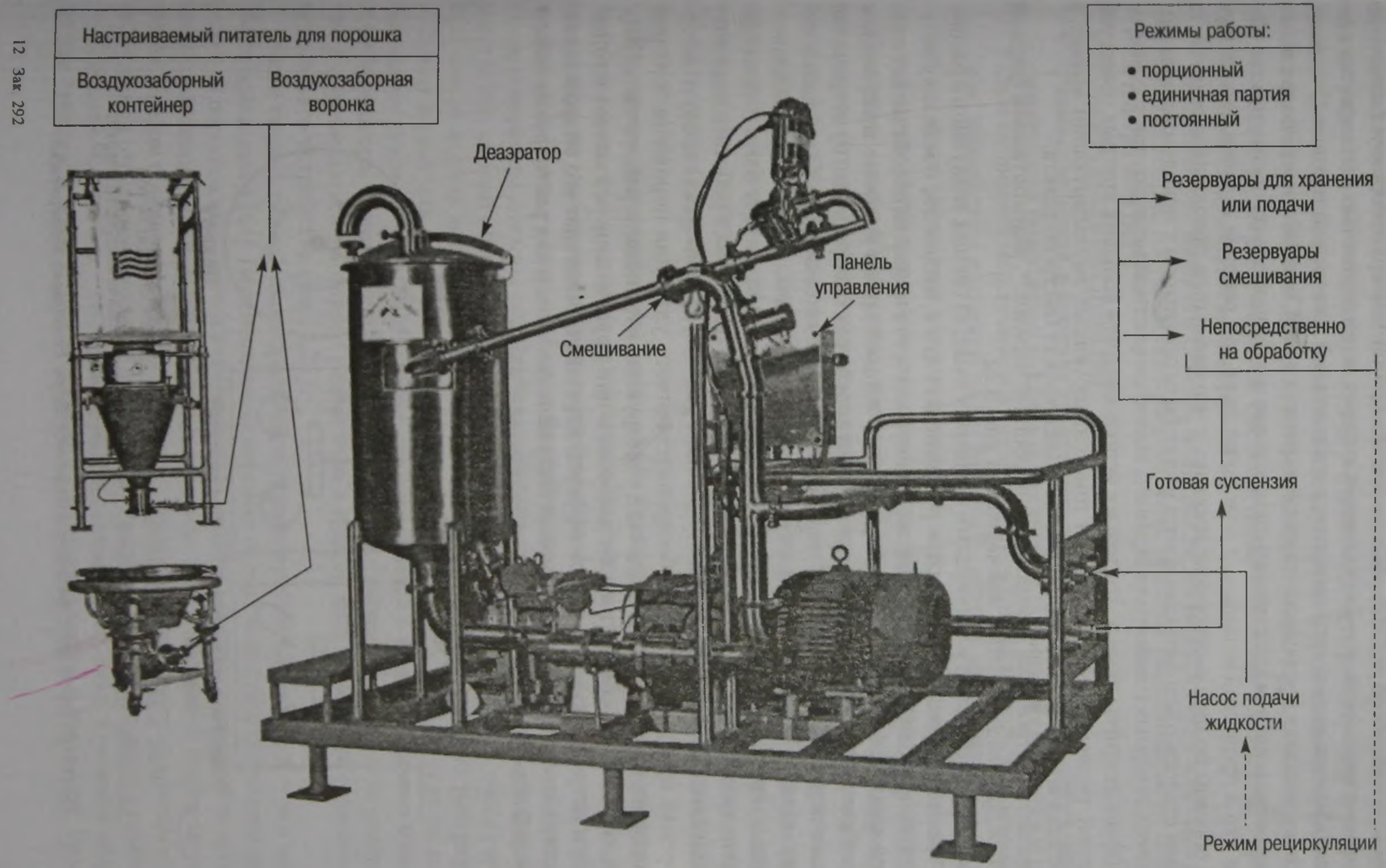


Рис. 3.22. Система непрерывно-поточного смешивания *Vacucam*™
Публикуется с разрешения компании *Semi-Bulk Inc.*, США.

струированный резервуар. Эта рабочая головка (ротор/статор) преобразует молочную жидкостно-порошковую фазу в суспензию, которая затем полностью растворяется в результате эффекта высокоскоростного сдвига в нижней или второй головке. Очевидно, что каждая мешалка предназначена для конкретных целей, и совместное использование в процессе смешивания двух типов мешалок позволяет использовать преимущества обеих, так что в процессе смешивания участвуют даже три рабочие головки, гарантируя таким образом полное растворение порошка с минимальным попаданием воздуха. Та или иная степень гомогенизации смеси может быть достигнута с использованием разных типов статорных головок или экрана на высокоскоростной мешалке, так что, например, эффект дезинтеграции достигается с использованием больших круглых отверстий или щелей, причем тонкий экран дает гомогенизирующий/эмульгирующий эффект, а экран с квадратными отверстиями обеспечивает эффект быстрого сдвига.

Устройство встроенной мешалки для порошков *Vacucam*™, разработанной фирмой *Semi-Bulk Systems Inc.*, США, приведено на рис. 3.22.

Эта система обладает следующими особенностями: а) секция воздушного распыления подает, увлажняет порошок и распределяет его в жидкости; поскольку установка сама производит вакуум для захвата порошка, эта мешалка обеспечивает полное отделение работы с сухим материалом от жидкой среды и, кроме того, вводом порошка в струю жидкости исключается закупорка тракта порошком; б) встроенная форсунка подает и перемешивает порошок в «системе скольжения» без использования механического оборудования (например, конвейеров, поворотных клапанов, сборников и встроенных в резервуар мешалок); эта система может быть полностью автоматизирована, включая работу в системе CIP, а также может работать порционно, единичными партиями или в непрерывном режиме; в) коническая воздухозаборная воронка предназначена для беспрепятственного удаления порошков, которые могут вызвать проблемы подачи (детали конструкции и принципы работы см. в [20]). Использование воздуха под низким давлением или других газов исключает возникновение в патрубке «мостикового» эффекта порошка и облегчает его опорожнение. Эта система смешивания вполне может быть использована и для растворения сахара в молочной основе.

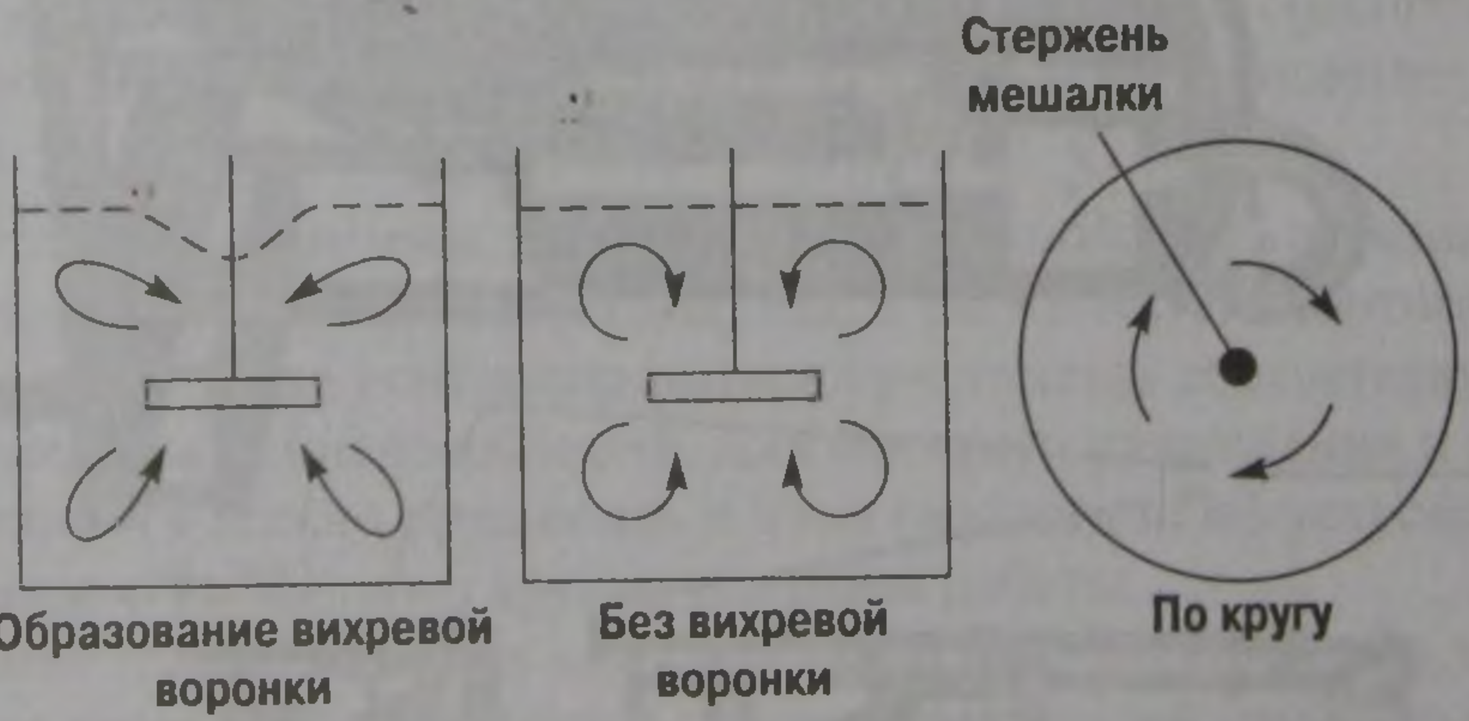


Рис. 3.23 Направления потоков при смешивании жидкостей

Примечание: лопасти расположены перпендикулярно; подача жидкости сверху; расположение центральное.

По [161]. Перепечатка разрешена изданием *Дэйри Индастриз Интернешнл*.

Внутрирезервуарная мешалка обеспечивает эффективное смешивание порошка в резервуаре, что обеспечивается предусмотренной системой перемешивания. Типичные направления потоков, возникающих во время перемешивания жидкостей, приведены на рис. 3.23, и на них в основном влияют:

- форма и размеры элементов системы перемешивания (лопастей, турбины, степени шероховатости поверхности и др.);
- расположение мешалки (то есть подается ли жидкость сверху или снизу, перпендикулярно или наклонно расположены лопасти, расположена ли мешалка в центре или нет);
- скорость вращения мешалки;
- форма резервуара, в котором происходит перемешивание, хотя эффективность смешивания более заметно связана со скоростью вращения мешалки и разностью скоростей между нею и жидкой средой, возникновением вихревых воронок, попаданием в жидкую массу воздуха и другими эффектами.

Все эти факторы важны для распределения порошка в жидкой массе, и производитель оборудования имеет возможность выбора различных вариантов конструкции.

Резервуары типа Multipurpose processing tank (многоцелевые) — например, емкостные пастеризаторы — могут использоваться на всех этапах приготовления йогуртов (см. рис. 3.6), так как в систему перемешивания включены высокоскоростной двигатель, работающий в ходе подготовки молока, и низкоскоростной двигатель для смешивания с закваской (позже — для охлаждения сгустка). На приводной валик низкоскоростного двигателя могут устанавливаться одно- или двухлопастные мешалки. Обычно они устанавливаются сверху при наклонном положении стержня мешалки (см. также [34]).

В простых резервуарах для смешивания, сходных с емкостным пастеризатором, могли бы быть использованы различные типы высокоскоростных мешалок, но эти резервуары не снабжены соответствующим образом расположенной системой перемешивания. Поэтому в производстве йогуртов для подготовки молочной основы два таких резервуара должны устанавливаться параллельно — пока один резервуар опорожняется, второй обычно наполняется. В этом случае может быть обеспечена непрерывная подача молока в резервуары для сквашивания. Обычно резервуар заполняют водой или молоком, нагретыми примерно до 40–50 °С, и туда из пакетов высыпают сухое молоко. Растворение осуществляется с использованием мешалки/гомогенизатора, причем мешалки могут устанавливаться как в каждом резервуаре, так и перемещаться из одного резервуара в другой при помощи гидравлического подъемного устройства (рис. 3.24).

Более старый тип высокоскоростной внутрирезервуарной мешалки — это мешалка *Ystral*, описанная в [44]. Перемешивание порошка осуществляется в ней следующим образом: а) порошок высыпается в специальный желоб; б) высокоскоростной режим работы смешивающих головок создает вакуум на конце трубы, подающей порошок, увлекая таким образом порошок с желоба в трубу, и в) перемешивание порошка и жидкости происходит при отсутствии воздуха (при этом уменьшается риск образования комков).

Crepaco «Multiverter» —специально разработанный резервуар, в котором обеспечивается быстрое и полное распределение сухих ингредиентов в жидкости. Резервуар

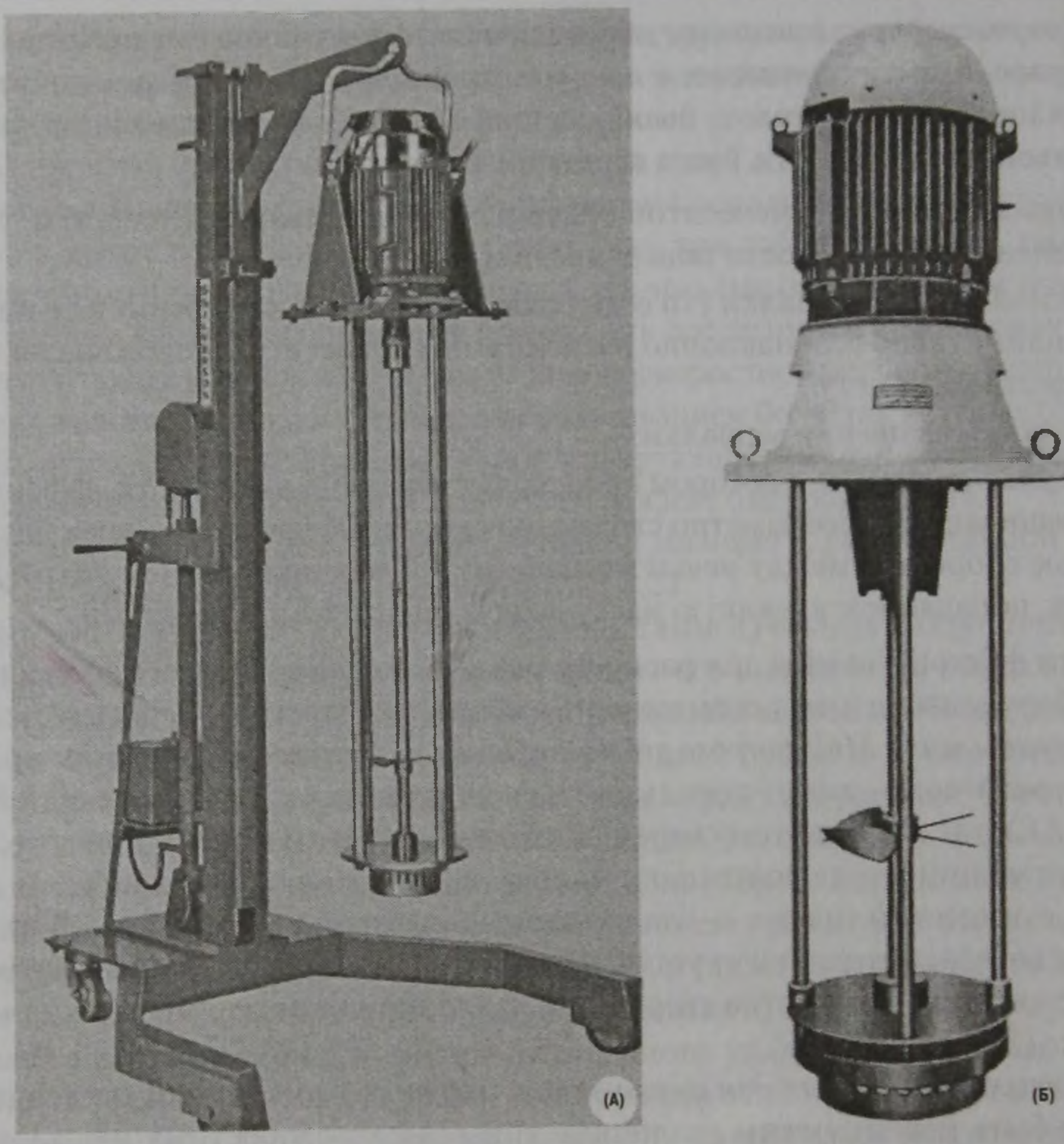


Рис. 3.24. Примеры высокоскоростных переносных мешалок Сильверсона (А) и Гривза (Б)
Публикуется с разрешения компаний *Silversons Machines*, г. Чесэм, Великобритания и *Joshua Greaves and Sons*, г. Бэри, Великобритания.

имеет коническое дно с углом 15 или 35°, которое облегчает и ускоряет разгрузку. Кроме того, он снабжен высокоскоростным двигателем, вращающим специальную мешалку. Такая единственная в своем роде мешалка представляет собой конструкцию типа «беличья клетка», создающую эффект двойного перемешивания и сочетающую глубокую вихревую воронку с полным вращением среды, что позволяет быстро и эффективно распределять сухое молоко в жидкой фазе с минимальным образованием пены. Несмотря на то, что этот резервуар специально предназначен для получения эмульсий двух или более несмешиваемых продуктов, его перемешивающее действие особенно эффективно при диспергировании в молоке некоторых жиросодержащих компонентов. Кроме того, такой резервуар может быть оснащен системой CIP.

Crepaco «Liquiverter» — это высокоскоростная мешалка-блендер, которая может осуществлять как растворение сухих ингредиентов, так и введение жира в жидкую фазу. Мешалка типа крыльчатки монтируется в центре дна квадратного резервуара, и под действием устройства добавляемый порошок проникает в вихревую воронку в центре, а смесь, непрерывно циркулируя, поднимается по стенкам.

При крупномасштабном производстве молочной основы могут быть использованы две системы типа *Large-scale recombination plant* ([34]; см. также [1]). В первой системе жиры дозированно добавляются в резервуар для смешивания (рис. 3.25).

Высококачественная питьевая вода подогревается в теплообменнике для лучшего смачивания частиц сухого обезжиренного молока (СОМ) и подается в один из резервуаров для выдержки (см. рис. 3.25, *7*). Циркуляционный насос *5* включается, когда резервуар заполнен наполовину и вода поступает по байпасной линии из резервуара к высокоскоростному узлу для перемешивания *4*. Скорость подачи СОМ по системе перемешивания достигает 45 кг в минуту. Вакуум создается взаимодействием между циркуляционным *5* и нагнетающим *6* насосами. Последний заставляет мешалку-блендер выбрасывать ингредиенты в поле действия центробежной крыльчатки. Мешалка в резервуаре для смешивания включается одновременно с циркуляционным насосом. Вода продолжает поступать в резервуар во время смешивания до тех пор, пока не накопится заданное количество смеси.

Когда добавлена вся порция СОМ, работа мешалки и циркуляция прерываются, а содержимое резервуара остается в покое, пока СОМ полностью не растворится (при температуре воды 35–45 °С это занимает около 20 мин). В конце этого периода снова включается мешалка. Тем временем блендер переключается на следующую порцию, причем теперь из резервуара *1* добавляется ОМЖ. Количество жира отмеривается воронкой с весами *3*. Мешалка, специально сконструированная для получения оптимальной дисперсии жира, включается на несколько минут и окончательно распределяет жир в обезжиренном молоке. Трубопровод для нагретой жировой фракции обычно изолируется, чтобы предотвратить падение температуры ниже точки плавления жира.

Когда все ингредиенты перемешаны и добавлены в один резервуар, процесс повторяется в следующем резервуаре. Смесь обезжиренного молока и жира удаляется из полного резервуара для смешивания насосом *8* через сдвоенные фильтры *9*. После предварительного нагрева в теплообменнике *10* продукт нагнетается в гомогенизатор *12*, где завершается диспергирование жировых шариков. В процессе рекомбинации в молочную основу может попасть воздух, и чтобы исключить это, на магистрали перед гомогенизатором может быть установлен вакуумный деаэратор *11*; такое устройство может понизить содержание воздуха с 1,3–1,8% до 0,1–0,2% , что в свою очередь способствует улучшению структуры и консистенции йогурта (см. [137]). Перед подачей в деаэратор продукт предварительно нагревается до температуры на 7–8 °С выше температуры гомогенизации. В деаэраторе создается вакуум, обеспечивающий на выходе требуемую температуру гомогенизации, — обычно 65 °С. Гомогенизированное молоко пастеризуется и охлаждается в теплообменнике *10* и затем подается в резервуары для промежуточного хранения *13* или непосредственно на фасовку. Для производства йогурта молоко нагревается до более высокой температуры (как показано на рис. 3.13).

Другая система — с добавлением жиров в потоке (рис. 3.26) — также может быть использована для получения рекомбинированного молока по схеме, аналогичной приведенной на рис. 3.25 (см. [34]). В этой системе процесс протекает следующим образом. После наполнения резервуара и выдержки для более полного набухания частиц сухого молока, восстановленное обезжиренное молоко нагнетается через сдвоенные фильтры *6* в уравнительный бачок *7* (рис. 3.26). Это гарантирует постоянство скорости потока. Центробежный насос *8* подает обезжиренное молоко в секцию предвари-

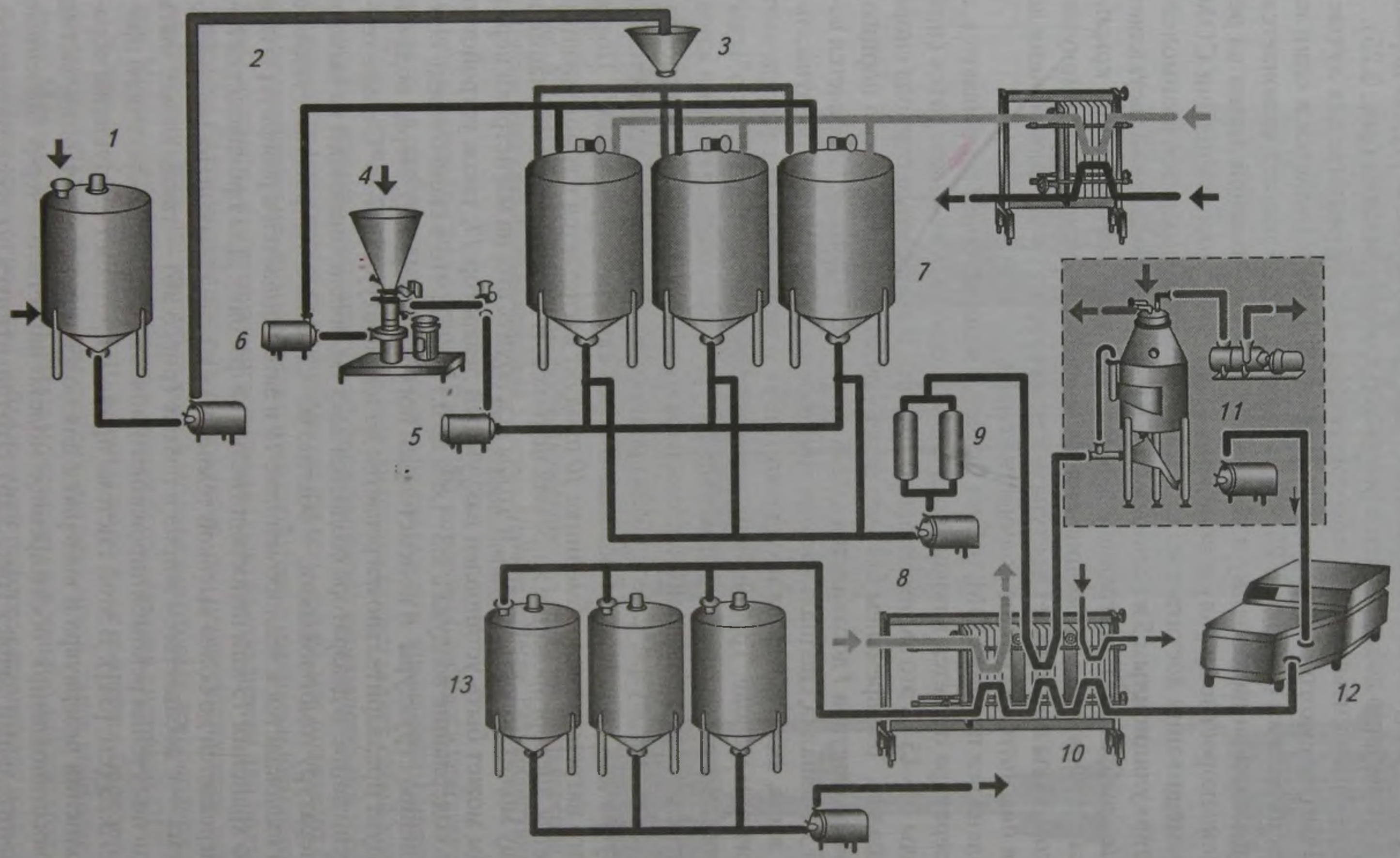


Рис. 3.25. Получение рекомбинированного молока на крупном производстве, с добавлением жира в резервуары для смешивания

1 — резервуар с растопленным жиром (например, сливками или обезвоженным молочным жиром (ОМЖ); *2* — изолированный трубопровод для подачи жира; *3* — воронка для жира с весами; *4* — воронка с высокоскоростной мешалкой (см. рис. 3.20); *5* — циркуляционный насос; *6* — нагнетающий насос; *7* — резервуар для смешивания; *8* — разгрузочный насос; *9* — фильтры; *10* — теплообменник; *11* — вакуумный деаэратор (устанавливается по требованию); *12* — гомогенизатор; *13* — резервуары для промежуточного хранения.

Публикуется с разрешения компании *Tetra-Pak Ltd.*, г. Лунд, Швеция.

тельного нагрева теплообменника *9*. Хотя добавление жира может сдерживать образование пены в обезжиренном молоке, требуется установка деаэратора *10*. Молочная основа предварительно нагревается и гомогенизируется — подобно тому, как показано на рис. 3.25. Однако после деаэратора молоко проходит через встроенную в трубопровод форсунку *13*, куда с помощью возвратно-поступательного насоса-дозатора *12* непрерывно подается жидкий жир из резервуара *11*. Перемешивание завершается во встроенной ниже форсунки по ходу движения потока мешалке *14*. Сразу после смешивания восстановленное молоко попадает в высокопроизводительный гомогенизатор *15* и затем возвращается в теплообменник *9* для дальнейшей обработки (см. рис. 3.13).

При проведении операций по восстановлению молока необходимо следить за выполнением двух условий. Во-первых, в процессе восстановления не все частицы сухого молока могут раствориться полностью, что связано с использованием сухого молока низкого качества, недостаточно хорошей работой оборудования и/или присутствием пригоревших частиц. Все нерастворившиеся частицы должны быть удалены с помощью встроенных сеток из нержавеющей стали или так называемого сдвоенного фильтра (состоящего из сетки из нержавеющей стали и нейлонового фильтра), или с помощью центробежных сепараторов. Эти сепараторы прекрасно подходят для удаления любых мелких или нерастворившихся частиц и любых посторонних примесей, но на практике чаще используют фильтры. Обычно на линии восстановления молока устанавливаются два взаимозаменяемых фильтра (особенно на крупных молокоперерабатывающих предприятиях), так что в случае засорения, пока один из фильтров очищается, поток молока может быть легко отведен к другому. Удаление нерастворившихся частиц является очень важным, так как их присутствие в молоке может повредить жиклеры гомогенизатора и/или засорить теплообменники. Во-вторых, для полного растворения сухого молока требуется до 15 мин, в противном случае наблюдается заметное осаждение частиц. Этот эффект при изготовлении йогурта может оказаться не столь важным, поскольку промежуток времени между восстановлением и завершением тепловой обработки молока в любом случае составляет не менее 15 мин.

3.3.3.3 Выпаривание молока

Сгущение нормализованной молочной основы может быть выполнено с использованием выпарного устройства, в котором среднее количество испаренной влаги составляет 10–25 г на 100 г молока, и общее содержание СВ возрастает на 1,5–3 г на 100 г молока (что соответствует рекомендуемой степени обогащения сухим молоком) [34]. Чтобы удалить необходимое количество воды и предотвратить нежелательные изменения молочных компонентов при высоких температурах, процесс выпаривания обычно проводится в вакууме.

Непосредственно в линии производства йогуртов могут быть использованы однокорпусные выпарные аппараты. Молочная основа насосом подается из уравнительного бачка в конденсатор сгуститель, где она предварительно нагревается и попадает затем в пластинчатую секцию испарителя для дальнейшего нагревания. После достижения заранее заданной температуры молоко поступает в пароотделитель, где водяной пар удаляется из молока; этот цикл повторяется до тех пор, пока в молочной основе не будет достигнуто желаемое содержание СВ. Поддержание теплового режима во время испарения обеспечивается термокомпрессором, и таким образом технический пар смешивается с паром из испарителя.

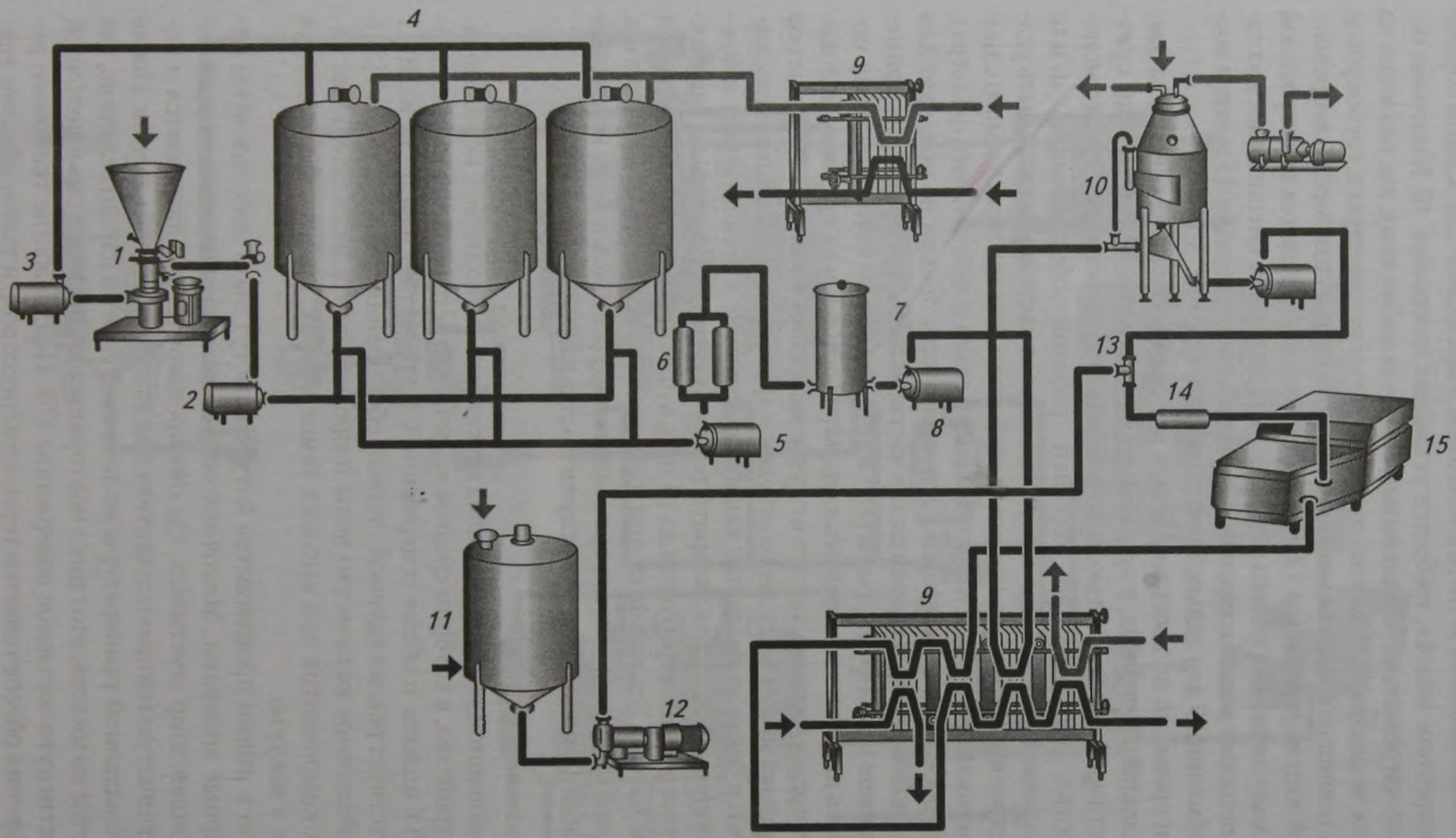


Рис. 3.26. Получение рекомбинированного молока на крупном производстве с добавлением жиров в потоке

1 — воронка со скоростной мешалкой (см. рис. 3.20); *2* — циркуляционный насос; *3* — насос для подачи жидкости в резервуары; *4* — резервуары для смешивания; *5* — разгрузочный насос; *6* — фильтры; *7* — уравнительный бачок; *8* — питающий насос; *9* — теплообменник; *10* — вакуумный деаэратор; *11* — резервуар с растопленным жиром (например, сливками или ОМЖ); *12* — возвратно-поступательный насос-дозатор; *13* — форсунка для введения жира; *14* — встроенная мешалка; *15* — гомогенизатор.

Публикуется с разрешения компании «Tetra-Pak Ltd», г. Лунд, Швеция.

Другой тип однокорпусного аппарата, который можно также использовать для сгущения молочной основы, поставляется компанией *Tetra-Pak A/B*. В нем нормализованное молоко предварительно нагревается до 70 °С в секции регенерации теплообменника с использованием конденсата, поступающего из испарителя (см. рис. 3.13). Затем молоко нагревается до 85– 90 °С в секции нагрева теплообменника, и попадает в вакуумную камеру, где вход молокопровода имеет форму широкого раструба для предотвращения подгорания молока. Так молоко циркулирует 4–5 раз, пока не будет достигнута желаемая степень сгущения. Скорость циркуляции определяется производительностью вакуумной камеры, насоса для выгрузки продукта и измерителя потока, причем во время каждого цикла удаляется около 3–4 г воды на 100 г. Производительность подобных аппаратов достигает 8000 л/ч, но для более крупных производств используются вакуум-выпарные установки производительностью до 30 000 л/ч.

Как правило, они имеют минимальные габариты, эффективно поддерживают тепловой режим и готовы к немедленному использованию. Более того, йогурт, изготовленный из сгущенного таким образом молока, обладает исключительно высокими вкусовыми свойствами.

3.3.3.4 Мембранное концентрирование молока

Альтернативный способ концентрирования молочной основы заключается в сгущении молока (цельного или обезжиренного) при помощи мембранной фильтрации (ультрафильтрации УФ или обратного осмоса ОО). Основные различия между системами УФ и ОО — это, во-первых, то, что в технологии ОО величины рабочих давлений намного больше, и, во-вторых, то, что мембрана ОО менее проницаема, чем мембрана УФ; размер пор в ОО-мембране составляет менее 4 Е, а в УФ-мембране — более 20 Е (1 мм = 107 Е; рис. 3.27).

Компоненты молока, прошедшие через мембрану, называются пермеатом, а вещества, которые не проходят через мембрану (сгущенные фракции), — ретентатом. Присутствующие в молоке компоненты могут быть по молекулярному весу разделены на три основные группы: крупные молекулы (белки и жиры), средние (лактоза и соли) и малые (вода). При ОО сквозь мембранные поры проходят лишь молекулы (воды), и ретентат содержит все молочные компоненты, тогда как сквозь поры УФ-мембраны проходят и малые, и средние молекулы (например, молекулы воды, лактозы и солей); в этом случае ретентат содержит макромолекулы белков и жиров. Различия в составе ретентата и пермеата в процессах ОО и УФ показаны на рис. 3.27.

Применение мембранной фильтрации в производстве йогурта чаще всего предполагает использование УФ-систем (см. [40, 123, 124]), так как такое фильтрование повышает содержание белков, но уменьшает уровень лактозы в молочной основе. Не так давно в работе [96] было показано, что йогурты с ненарушенным и нарушенным сгустком, изготовленные из обезжиренного и сгущенного по технологии УФ молока (16 г СВ/100 г) имеют более прочный сгусток по сравнению с йогуртом, который был получен из молока с добавлением СОМ или применением вакуумного испарителя. На рис. 3.28 приведено фото установки УФ, работающей на линии производства йогуртов (на датском молокозаводе).

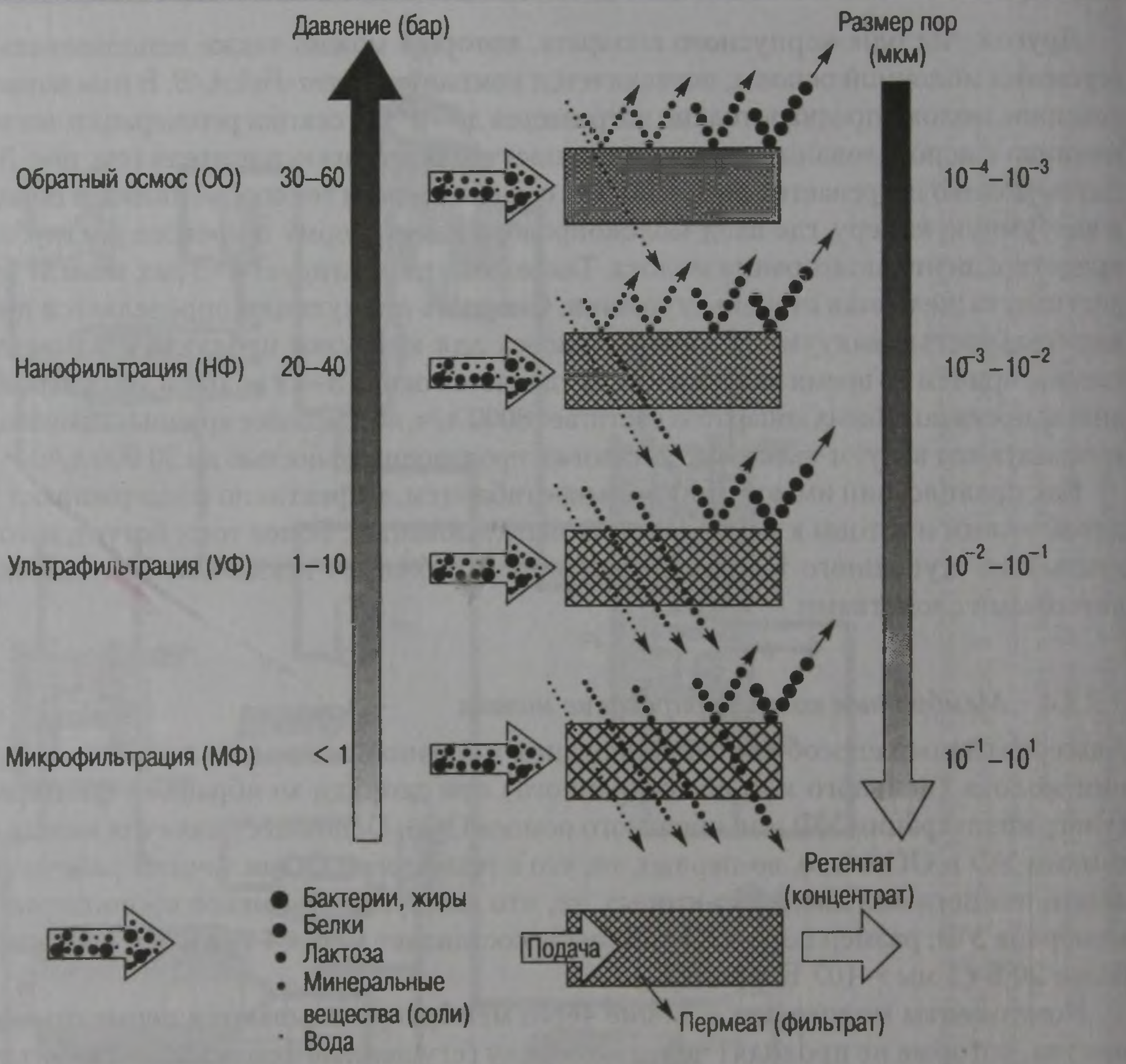


Рис. 3.27. Принципы мебранной фильтрации молока

10 бар = 1 МПа; о потерях компонентов молока в пермеате см. главу 2.

Публикуется с разрешения компании *Tetra-Pak A/B*, г. Лунд, Швеция.

3.3.4 Гомогенизация

Гомогенизаторы используются главным образом для получения стабильных эмульсий типа «жир в воде», чтобы предотвратить отстой жира. Гомогенизация также способствует некоторым положительным изменениям физических свойств молочной основы, приводящим к:

- более светлому и привлекательному цвету молока;
- улучшению вкусу продукта;
- увеличению вязкости.

Процесс гомогенизации был изобретен Голеном в 1899 г., описавшим его как «фиксацию смеси жидкостей» [34]. Вместе с тем основное действие гомогенизатора

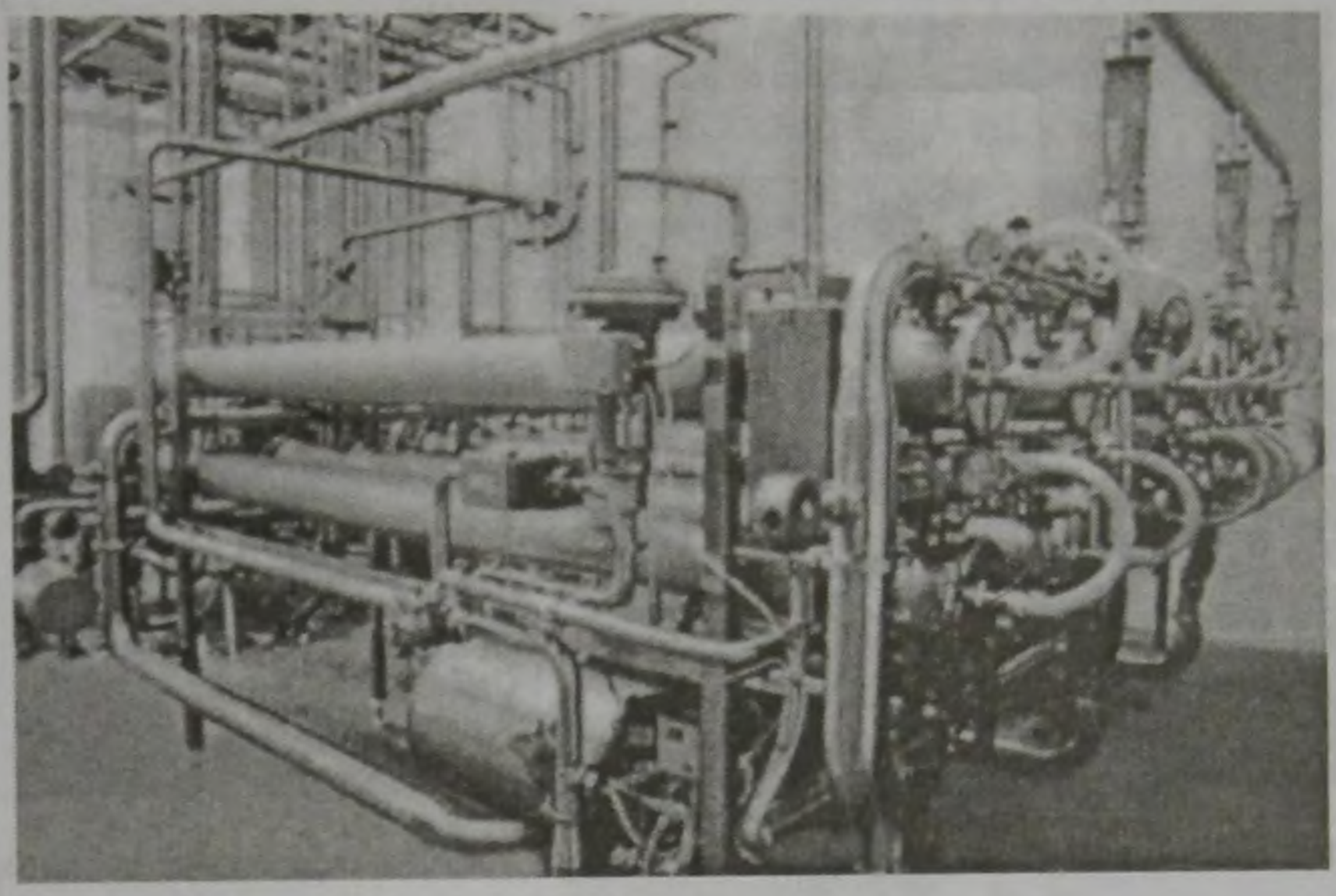


Рис. 3.28. Установка для УФ, применяемая при изготовлении йогуртов
Публикуется с разрешения *APV Nordic*, Дания

заключается в дроблении жировых шариков и получении шариков меньшего диаметра. В результате гомогенизации уменьшается тенденция жировых шариков к слипанию и образованию скоплений. Такой результат достигается «продавливанием» с большой скоростью цельного жирного молока через узкую щель.

Теоретические основы гомогенизации рассмотрены в работах [21, 22, 34, а также 126]. В настоящее время считается, что уменьшение размеров жировых шариков в молоке при гомогенизации происходит благодаря турбулентности потока или кавитации. В ранее существовавшей теории предполагалось, что энергия диссипации жидкости генерирует турбулентные вихри, а высокая энергия турбулентности и разностей давления на тех или иных участках приводит к разрыву капель на куски, уменьшая их средний размер.

По другой теории (теории кавитации) из-за большого скачка давления при прохождении клапана жидкость подвергается сильной кавитации. Когда падение давления достаточно велико, давление пара в жидкости превышает давление окружающей среды, вызывая образование пузырьков пара (и образование полостей в жидкости). Когда такие кавитационные пузырьки лопаются (то есть полости разрушаются), в жидкости генерируются ударные волны, которые раздробляют жировые шарики. Тем не менее предполагалось, что некоторые эффекты, связанные с турбулентностью и кавитацией, схожи, и поэтому их трудно четко различить [21].

Понять механизм гомогенизации будет проще, если проследить путь цельного молока через гомогенизирующий клапан. Существуют разные типы подобных клапанов (см. [70]). На рис. 3.29 приведена схема гомогенизирующего клапана затворного типа со стандартным седлом. Негомогенизированный продукт из цилиндра насоса проходит через седло клапана со сравнительно низкой скоростью (например, 3,1–6,1 м/с), но при высоком давлении (20,7 МПа). Давление создается возвратно-

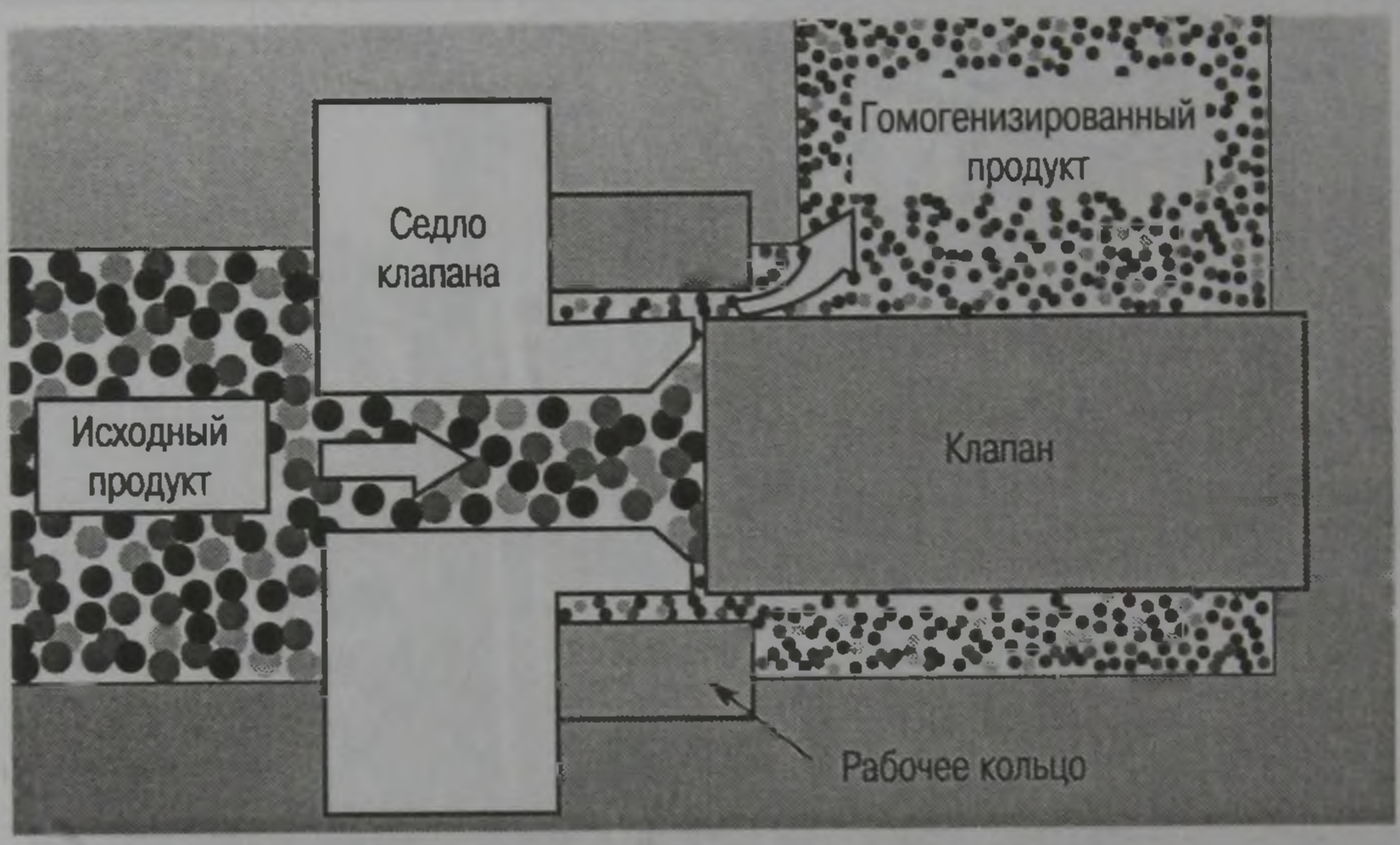


Рис. 3.29. Схема, иллюстрирующая работу гомогенизирующего клапана
Публикуется с разрешения *APV Nordic*, Дания.

поступательным насосом, а сопротивление вытеканию оказывает клапан, который с силой прижимается к седлу. Возвратно-поступательный насос создает относительно постоянный поток и может обеспечить требуемое давление при открытии и закрытии клапана. При увеличении скорости потока продукта между седлом и клапаном давление резко падает (происходит скачок давления). Затем жидкость ударяется в рабочее кольцо (рис. 3.29) и распыляется как гомогенизированный продукт.

Гомогенизаторы высокого давления (рис. 3.30) обычно применяются, когда требуется высокоэффективная гомогенизация. Продукт попадает в насосный блок и подвергается действию повышенного давления, которое обеспечивается поршневым насосом. Величина результирующего давления определяется противодавлением между нагнетателем и клапанным седлом в устройстве гомогенизации. Это давление (P_1) обычно называется гомогенизационным давлением. P_2 — это противодавление для первой ступени или входное давление для второй ступени в двухступенчатом гомогенизаторе. Поршневой насос приводится в действие мощным электродвигателем (рис. 3.30, *1*) посредством коленчатого вала и шатуна, преобразующих вращательное движение электродвигателя в возвратно-поступательное движение поршней насосов. Поршни (рис. 3.30, *5*), изготовленные из износоустойчивых материалов, перемещаются в цилиндрах блока высокого давления. Агрегат снабжен двойными сальниками поршней, а для охлаждения поршней вода подается в пространство между сальниками. Когда гомогенизатор подключается к системе мойки и санитарной обработки, для предотвращения повторного инфицирования может подаваться горячий конденсат.

Молоко подается под высоким давлением в пространство между седлом и нагнетателем. Ширина зазора составляет около 0,1 мм или в 100 раз больше размера жировых шариков гомогенизированного молока. Скорость жидкости в этом узком кольцеобразном зазоре обычно составляет 100– 400 м/с, и гомогенизация происходит за 10–15 мкс. В течение этого времени вся энергия давления преобразуется в кинетическую энергию, часть которой позже преобразуется снова в энергию давления, а

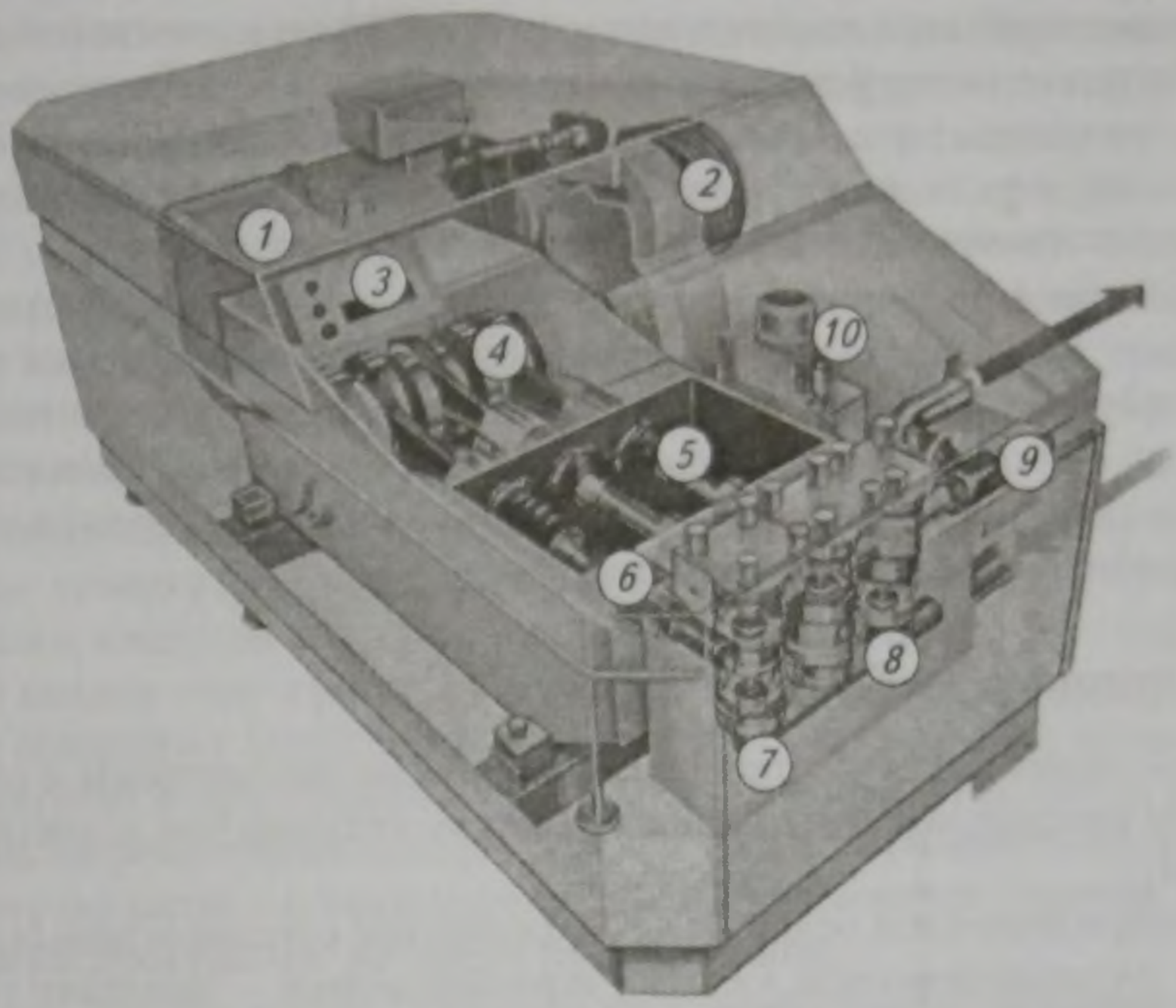


Рис. 3.30. Общий вид гомогенизатора, представляющего собой насос высокого давления с устройством противодавления

1 — главный электродвигатель; *2* — клиноременная передача; *3* — индикатор давления; *4* — картер коленчатого вала; *5* — поршень; *6* — кассета поршневых сальников; *7* — блок цилиндров из прочной нержавеющей стали; *8* — клапаны; *9* — гомогенизирующее устройство; *10* — гидравлическая система регулировки давления.

Публикуется с разрешения компании *Tetra-Pak A/B*, г. Лунд, Швеция.

остальная часть выделяется в виде тепла. Каждое падение давления в 4 МПа вызывает рост температуры на 1 °С. Фактически на саму гомогенизацию тратится менее 1% от общей энергии, но, несмотря на это, для переработки эмульсий наиболее эффективным методом остается применение высокого давления.

В связи с влиянием гомогенизации молочной основы на качество йогурта необходимо рассмотреть несколько аспектов (см. также [76]) — например, использование одно- или двухступенчатой гомогенизации и проблему размещения гомогенизатора в линии (до или после термообработки). Поскольку большинство изготавливаемых в различных странах мира йогуртов имеют жирность не более 3,0 г/100 г, то необходимость двухступенчатой гомогенизации представляется сомнительной. В работе [92] было рассмотрено большое количество факторов, влияющих на стойкость йогуртов, изготовленных из молочной основы жирностью 10 г/100 г, и результаты можно кратко обобщить следующим образом:

- следует использовать смесь, состоящую наполовину из сухих сливок, а наполовину из СОМ (вместо только СОМ);
- желательно денатурировать β-Lg более чем на 90% (подробнее об этом см. главу 2) или подвергать молочную основу тепловой обработке при высоких температурах, например, при 95 °С в течение 80 с;

- при одноступенчатой гомогенизации рекомендуется увеличить давление до 30 МПа; тем не менее установлено, что циркуляция молока через одноступенчатый гомогенизатор до четырех раз при давлении 20 МПа повышает стойкость гелей, а уменьшение диаметра жировых шариков с 1,8 мкм до 1,1 мкм вызывает повышение стойкости продукта в два раза;
- гомогенизация молочной основы после тепловой обработки приводит к достижению более высокой стойкости продукта, так как во время образования новых жировых шариков гомогенизатор благодаря действию поверхностно-активных сил вызывает разрывы казеиновых мицелл; во время окисления в процессе сквашивания гидрофобные взаимодействия приводят к образованию более стабильной белковой системы.

3.3.5 Тепловая обработка

Цели тепловой обработки молочной основы подробно рассмотрены в главе 2, и поэтому здесь мы рассмотрим лишь наиболее важные технические аспекты (см. также [92, 94, 95, 104]).

Как нагревание молочной основы, так и охлаждение сгустка основываются на одном и том же фундаментальном явлении термодинамики — передаче теплоты [31, 34, 56, 58, 65, 66, 91, 92, 102]. В общем случае теплота передается от более теплой среды к более холодной, и чем выше разность температур между этими двумя средами, тем интенсивнее передается теплота. Теплопередача может происходить за счет теплопроводности, конвекции или излучения (табл. 3.1), но в молочной промыш-

Таблица 3.1. **Краткое описание видов теплопередачи и факторов, влияющих на теплопроводность**

Способ передачи тепла	Факторы, влияющие на эффективность процесса
Теплопроводность — это передача тепловой энергии от одной молекулы к другой; этот процесс происходит в твердых телах или в находящихся в покое слоях жидкости, где отсутствует течение или перемешивание в направлении передачи тепла	• Площадь • Толщина слоя • Разность температур
Конвекция — это передача тепловой энергии за счет перемещения массы; это происходит, когда частицы с высокими температурами смешиваются с частицами с низкими температурами	• То же, что указано выше • Движение жидкости • Параметры жидкости (толщина слоя, вязкость, турбулентность, скорость потока и температура)
Излучение — это испускание тепловой энергии в виде излучения (горячего или холодного) через абсолютный вакуум, в котором электромагнитное излучение тела заставляет молекулы колебаться и испускать лучевую энергию	• Поверхностные свойства тела • Температура тела } например, черное тело хорошо поглощает и излучает тепло

ленности наибольшее значение имеют первые два процесса. Передача тепла может быть либо непосредственной, либо косвенной, однако на практике второй способ распространен более широко. Таким образом, кроме контакта с паром, инжектируемым в молоко при прямом нагреве, теплоноситель и нагреваемый продукт не вступают в контакт друг с другом, и в ходе тепловой обработки химический состав молочной основы остается неизменным. Аналогичным образом косвенный метод теплопередачи используется и для охлаждения сгустка.

Оборудование, которое может быть использовано для тепловой обработки, предназначено для ведения:

- периодических процессов (например, емкостные пастеризаторы или универсальные резервуары), в которых молоко может быть нагрето путем непосредственного введения пара в молоко, или косвенно одним из следующих методов: а) вводом пара в рубашку (что обеспечивает отличную теплопередачу, но может привести к значительному денатурированию белков молока из-за местного нагрева в пристенном слое), и б) вводом пара в водяную рубашку (эта система нагрева широко распространена); можно применить также другой способ нагрева воды – с помощью газа или электричества, причем такой способ весьма распространен на малых предприятиях;
- непрерывных процессов (пластинчатые, трубчатые теплообменники) в которых молоко нагревается косвенным методом с использованием в секции нагрева теплообменника либо пара (при пониженном давлении), либо горячей воды.

3.3.5.1 Универсальные резервуары

Эти резервуары напоминают по конструкции емкостные пастеризаторы и обычно снабжены водяной рубашкой. При нагревании молока в воду, циркулирующую в рубашке, подается пар, а во время охлаждения сгустка в рубашке циркулирует холодная вода. Вместимость таких резервуаров достигает нескольких тысяч литров, и время, необходимое для нагревания молочной основы при энергичном перемешивании, может быть рассчитано по следующей формуле [91]:

$$\text{Продолжительность нагрева} = \frac{\text{Объем } (\text{м}^3) \times \text{Плотность } (\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}) \times \text{Удельная теплоемкость } (\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot K^{-1})}{\text{Площадь поверхности эффективного теплообмена } (\text{м}^2)} \times \frac{}{\text{Кэффициент теплопередачи } (\text{W} \cdot \text{м}^2 \cdot K^{-1})} \times$$

$$\times \ln \frac{\text{Температура греющей среды} - \text{Начальная температура молочной основы}}{\text{Температура греющей среды} - \text{Желаемая температура молочной основы}},$$

где ln – натуральный логарифм.

На крупном молокозаводе для производства йогуртов по полунепрерывному циклу может использоваться серия подобных резервуаров, расположенных последовательно и применяемых через определенный промежуток времени. Типичный производственный цикл с использованием универсальных резервуаров может включать в себя следующие стадии:

- заполнение резервуара обогащенным и гомогенизированным молоком при температуре не менее 60 °С;
- нагревание молочной основы до 85–90 °С в течение 15–30 мин;
- охлаждение молока до температуры сквашивания, то есть до 40–45 °С (ускоренное сквашивание) или до 30 °С (длительное сквашивание);
- сквашивание молока до необходимой кислотности;
- охлаждение сгустка до 20 °С или менее 10 °С.

Примеры использования универсальных резервуаров для изготовления йогуртов рассмотрены в работах [145, 146, 161], причем в конструкции этих резервуаров должны быть учтены следующие моменты:

- наличие теплоносителя (например, пара или горячей воды) для циркуляции в рубашке и высокоскоростной системы перемешивания для использования в процессе нагревания молока;
- для охлаждения содержимого резервуара в рубашке должны циркулировать гликоль или холодная вода (более подробно об этом см. ниже), а во время охлаждения сгустка должно производиться медленное его перемешивание;
- для облегчения слива охлажденного йогурта подобные резервуары обычно имеют коническое основание.

3.3.5.2 Непрерывный процесс

В молочной промышленности в основном применяются следующие типы теплообменников:

- пластинчатые;
- трубчатые (сотовой или многоканальной конструкции);
- скребковые теплообменники.

Первые два типа широко используются для тепловой обработки молочной основы, а теплообменники третьего типа обычно применяется для термообработки фруктовых наполнителей. Такие теплообменники можно представить в виде двухканального узла, в котором в одном канале течет греющая среда (горячая вода), а по другому — молоко для йогурта, и каналы отделены перегородкой [23, 34]. Поэтому молоко обрабатывается в непрерывном режиме, что в сравнении с системами периодического действия обладает определенными преимуществами, а именно:

а) требуются небольшие производственные площади;

б) потребляется меньше энергии благодаря более высокой эффективности теплопередачи и регенерации тепла;

в) производительность может быть повышена за счет использования резервуаров для сквашивания более одного раза в день;

ИНВЕНСИС АПВ - ПОСТОЯНСТВО НАДЕЖНЫХ РЕШЕНИЙ

ЙОГУРТНО-ДЕСЕРТНАЯ ГРУППА

- Технологии производства йогуртов и десертов
- Производственные линии "под ключ"
- Оптимизация производства
- Решения для непрерывных и дискретных процессов

ссия, 107076, Москва, ул. Электрозаводская, д.33
л.: 095 787 2890 Факс: 095 787 2891

редставительство в Санкт-Петербурге:
л / факс (812) 324 40 18, 324 4084.
ww.apv.com

invensys
APV

АЛУР-3500 CLEAN

АВТОМАТ- ФАСОВЩИК С ЗАПЕЧАТЫВАНИЕМ СТАКАНЧИКОВ
алюминиевой фольгой или валкилидом и (или) пластиковой крышкой

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОДУКТОВ С ***УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ***

АЛУР&РЕКУПЕР-4800 ULTRA

АВТОМАТ- ФАСОВЩИК СВЕРХЧИСТОГО РОЗЛИВА (ФОРМОВКА-РОЗЛИВ--ЗАПЕЧАТЫВАНИЕ-ВЫРУБКА)

ЗАО НОВГОРОДСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
УПАКОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Россия. 173004. Великий Новгород. ул.Герасименко-Маницына. 25.
Тел.: (81622)3-02-44. 3-69-61 E-mail:vic@nmz.natm.ru http://www.nmz.natm.ru

г) такая система более гибка, так как позволяет получить, например, молоко с определенной температурой, необходимой для гомогенизации.

Пластинчатый теплообменник состоит из пакета гофрированных пластин из нержавеющей стали, скрепленных вместе в одном каркасе, а для предотвращения взаимопроникновения молока и воды вдоль границы между пластинами проложена резиновая прокладка. Гофрирование пластин дает усиление турбулентности в потоке жидкости и/или увеличение площади поверхности пластины, что улучшает эффективность теплопередачи. Форма перегородки в пластинчатом теплообменнике может варьироваться в зависимости от обрабатываемого продукта и требуемой температуры. Толщина прокладки, безусловно, меняет величину пространства между плитами, и, если для термообработки молока желателен узкий зазор (например, 2,5 мм), то для охлаждения сгустка рекомендуется больший промежуток (например, до 6 мм). В первом случае молоко течет тонким слоем по всей ширине плиты, так что теплопередача происходит быстро, а для охлаждения йогурта, чтобы избежать слишком резкого скачка вязкости, необходим большой промежуток.

По [34] необходимый размер и конфигурация любого типа теплообменника зависит от множества факторов, таких как:

- скорость потока продукта;
- физические свойства обрабатываемых жидкостей;
- температурная программа;
- допустимые перепады давления;
- конструкция теплообменника;
- требования к мойке;
- требуемое время работы.

Общая формула, применяемая для вычисления требуемой теплопередающей площади теплообменника, имеет вид:

$$A = \frac{V \times c_p \times \Delta t}{\Delta t_m \times k},$$

где A – требуемая теплопередающая площадь; V – скорость потока продукта; c – плотность продукта; c_p – удельная теплоемкость продукта; Δt – изменение температуры продукта; Δt_m – логарифмическая средняя разность температур (ЛСРТ) и k – коэффициент теплопередачи.

На практике пластинчатый теплообменник состоит из нескольких секций, в которых может происходить различная обработка молока, например, предварительный нагрев/регенерация, конечный нагрев, секции выдержки и/или охлаждения. Теплоносителем обычно служит горячая вода, но, если молоко должно быть нагрето до температуры выше 100 °С, может применяться пар (при пониженном давлении). Хладагентом может служить холодная вода или рассол, причем тип хладагента, циркулирующего в теплообменнике, зависит от необходимой температуры продукта на выходе.

Поток как молока, так и теплоносителя/хладагента в пластинчатом теплообменнике может проходить поочередно (так называемая одноканальная работа), но при

этом трудно обеспечить эффективность теплопередачи. Для преодоления этого недостатка потоки жидкостей в пластинчатом теплообменнике могут быть организованы специальным образом, например 4 × 2/2 × 4 [34]. Это означает, что теплоноситель находится в четырех параллельных каналах и меняет свое направление дважды, а поток молока проходит по двум параллельным каналам и меняет направление четыре раза.

Трубчатый теплообменник, как следует из его названия, состоит из трубок и может быть однотрубным или состоять из пучка труб или многоканальных труб. Однотрубный теплообменник — это коаксиальная двойная труба (устройство «труба в трубе»), в зазоре которой циркулирует теплоноситель или хладагент, но, если необходима большая площадь поверхности, трубы располагаются спирально в вертикальном цилиндрическом резервуаре. Такой тип теплообменника выпускается фирмой *Stork-Amsterdam*. Поток жидкостей в такой установке может быть как прямоточным (в одном направлении), так и противоточным (в противоположных направлениях). Последний вариант обычно и рекомендуют для тепловой обработки молочной основы. Более поздней разработкой является многоканальный трубчатый теплообменник, в котором ряд коаксиальных труб установлен одна в другой; теплоноситель протекает в пространстве между трубами, а молоко течет внутри труб. В другом типе трубчатого теплообменника ряд труб расположен внутри оболочки, причем, когда молоко течет через трубы, в оболочке циркулирует теплоноситель/хладагент.

Для тепловой обработки вязких продуктов используют скребковый теплообменник, который состоит из цилиндра с рубашкой и лопастями скребка внутри. Лопасти, вращающиеся с высокой скоростью, непрерывно удаляют обрабатываемый продукт с нагреваемой поверхности, и поэтому увеличивается эффективная площадь поверхности; теплопередача обычно происходит быстро и зависит от скорости вращения лопастей. Такие теплообменники могут быть установлены вертикально или горизонтально.

Независимо от используемого типа теплообменника можно уверенно предположить, что теплопередача через перегородки соответствует профилю, приведенному

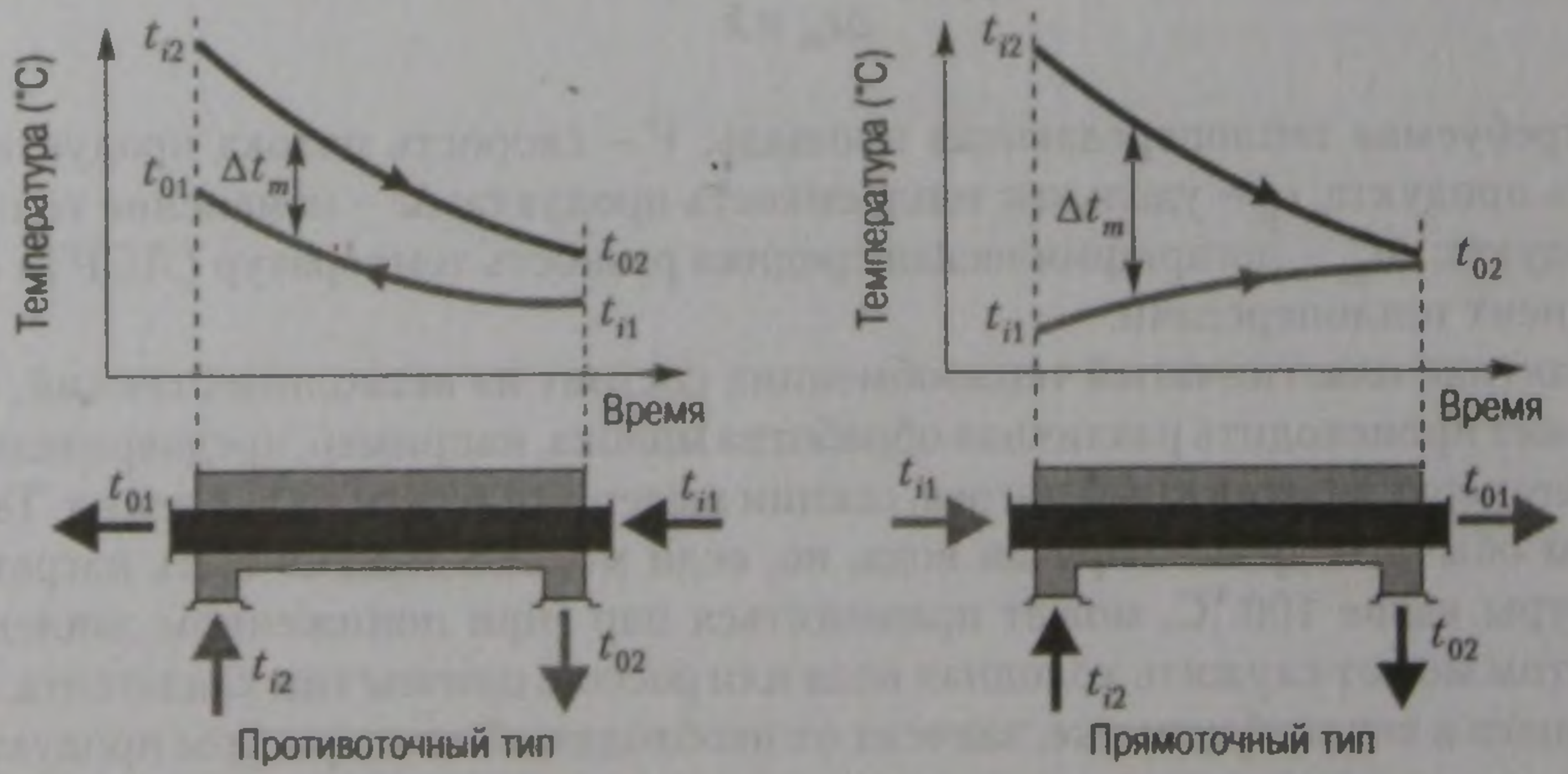


Рис. 3.31. Различия в профилях температуры для теплопередачи в прямоточном и противоточном пластинчатом теплообменнике

Воспроизведено с разрешения «*Tetra Pak A/B*», г. Лунд, Швеция.

в работе [34]. В теплообменнике потоки жидкостей (горячей воды и молока) могут двигаться как в одном направлении (прямоток), так и в противоположных направлениях (противоток), и в каждой ситуации изменения профиля температуры в ходе тепловой обработки молока различны (рис. 3.31). При противотоке молоко и теплоноситель входят в теплообменник с противоположных сторон (холодное молоко встречает охлажденный теплоноситель), и температура постепенно поднимается по мере прохода через теплообменник. Температура нагретого молока всегда на несколько градусов ниже температуры теплоносителя в соответствующей точке (рис. 3.31). При прямотоке и молоко, и теплоноситель поступают в теплообменник с одной стороны, и в результате увеличение температуры продукта никогда не выше, чем если бы молоко и горячая вода были смешаны (рис. 3.31). Описанные типы потока дают различные эффективности теплопередачи. В работе [91] сообщается, что максимальная эффективность прямоточных теплообменников составляет 50%; противоточные системы имеют более высокую эффективность.

Как было показано выше, поточный теплообменник состоит из нескольких секций, и в установке для тепловой обработки молочной основы имеются следующие:

- секция регенерации;
- секция нагрева/охлаждения;
- блок выдержки.

Важно также, чтобы установка была снабжена уравнительным бачком для поддержания непрерывного потока молока. Уравнительные бачки обычно располагаются в зоне, где молоко обогащается и/или нормализуется. На рынке имеются различные виды уравнительных бачков, оборудованные специальным поплавком или датчиками уровня, контролирующими постоянное наличие молока.

Секция регенерации. Поступающее в нее холодное молоко подогревается горячим молоком, которое при этом охлаждается. Тем самым достигается эффективное и экономичное использование энергии. Например, если температура молочной основы поднимается с 5 до 90° С (горячая вода), а затем снижается до 40–45 °С (холодная вода), затраты энергии высоки; энергия требуется как для нагрева (для получения горячей воды), так и для охлаждения (для получения холодной воды). Если тепловая энергия может быть использована в секции регенерации установки, расход энергии снижается. Эффективность регенерации иногда выражают в процентах. По нашим данным, в двух различных типах установок компании *Tetra Pak* расход энергии будет следующим.

В первом случае производительность установки составляет 4000 л/ч, и молочная основа обогащается добавлением сухого обезжиренного молока. При использовании пластинчатого теплообменника, оборудованного секцией регенерации, температура изменяется следующим образом:

- температура молочной основы повышается с 5 до 45 °С за счет регенерации, то есть использования тепла уже нагретого молока (изменение составляет 40 °С). Предварительно нагретое молоко нагревается с 45 до 90 °С с помощью горячей воды (при температуре около 60–70 °С молоко выходит из теплообменника для гомогенизации перед возвращением в установку для окончательного нагревания);

- нагретое молоко охлаждается с 90 до 50 °С с помощью регенерации, то есть передачи энергии поступающему холодному молоку (изменение температуры составляет 40 °С);
- частично охлажденное до 50 °С молоко охлаждается далее водой до 40–45 °С (температура сквашивания).

Можно видеть, что молочная основа нагревается от 5 до 90 °С (температура увеличивается на 85 °С), причем повышение температуры в секции регенерации составляет 40 °С. Таким образом, по [34] степень регенерации может быть рассчитана по формуле:

$$R = \frac{t_r - t_i}{t_p - t_i} \times 100,$$

где R – эффективность регенерации (%); t_r – температура молока после регенерации (45 °С); t_i – температура необработанного входящего молока (5 °С); t_p – температура после тепловой обработки (90 °С).

Следовательно,

$$R = \frac{(45-5)}{(90-5)} \times 100 = \frac{40}{85} \times 100 = 47\%.$$

Эта величина относительно мала по сравнению с пастеризаторами для мгновенной высокотемпературной обработки или установками для ультравысокотемпературной обработки (УВТ), эффективность которых может составлять около 94%. Это различие обусловлено тем, что температура молока на выходе из названных установок составляет около 5 и 20 °С соответственно (по сравнению с температурой молочной основы 40–45 °С). Таким образом, энергетические требования к установке с производительностью 4000 л/ч составляют 325 кг/ч пара и 4000 л/ч воды.

Во втором случае установка той же производительности (4000 л/ч) используется для тепловой обработки молочной основы, но она оборудована однокорпусным выпарным аппаратом для концентрирования молока до необходимого содержания СВ (рис. 3.13). Температура при этом меняется следующим образом:

- поступающее холодное молоко предварительно нагревается от 5 до 60 °С с помощью регенерации, то есть за счет использования энергии конденсата из испарителя;
- частично нагретое до 60 °С молоко нагревается горячей водой до 90 °С перед поступлением в выпарной аппарат (для достижения необходимой концентрации СВ в молочной основе молоко циркулирует в испарителе и нагревательной секции теплообменника со скоростью потока 19 000 л/ч).
- после выхода сгущенного молока из испарителя выпарного аппарата при 70 °С оно гомогенизируется; затем молоко нагревается до 82 °С с помощью регенерации — за счет использования энергии уже нагретого молока;
- сгущенное молоко с температурой 82 °С нагревается до 90 °С с помощью горячей воды;
- нагретая молочная основа охлаждается с 90 до 78 °С с помощью регенерации, то есть передачи энергии сгущенному молоку при 70 °С;

- затем молочная основа охлаждается холодной водой с 78 до 40–45 °С (температура сквашивания).

Рассчитать степень регенерации такой системы сложнее, чем в первом случае. Простейший подход заключается в делении полной температурной нагрузки на количество тепла, полученного от регенерации. Полученная величина после умножения на 100 и будет степенью регенерации. Если принять, что удельная теплоемкость и плотность молочной основы такие же, как у воды, то есть равны 1, то расчеты будут выглядеть следующим образом:

- 5–60 °С (регенерация) — полученное тепло: 55 × 4700 = 258 500 ккал/ч;
- 60–90 °С (горячая вода) — тепловая нагрузка: 30 × 19700 = 591 000 ккал/ч;
- 70–82 °С (регенерация) — полученное тепло: 12 × 4000 = 48 000 ккал/ч;
- 82–90 °С (горячая вода) — тепловая нагрузка: 8 × 4000 = 32 000 ккал/ч.

Таким образом, общая тепловая нагрузка составляет:

- 258500 + 591000 + 48000 + 32000 = 929 500 ккал/ч.

Тепло, полученное путем регенерации, составляет:

- 258500 + 48000 = 306500 ккал/ч.

Степень регенерации составляет:

- $\frac{306500}{929500} \times 100 = \sim 33\%$.

Таким образом, энергетические требования такой установки составляют: по пару – 840 кг/ч; по воде – 9200 л/ч.

Хотя степень регенерации во втором примере несколько ниже, чем в первом, следует обратить внимание на два фактора — стоимость сухого обезжиренного молока и качество йогурта, полученного из сгущенного молока. Второй фактор проиллюстрирован на рис. 2.13 (см. главу 2).

Секция нагрева. В этой части теплообменника молочная основа нагревается до необходимой температуры (на производстве конечная температура может составлять от 85 до 115 °С.).

Секция выдержки. Секция выдержки теплообменника — это та часть установки, в которой нагретое молоко заданное время может выдерживаться при необходимой температуре. Целью является обеспечение соотношения температура-время, соответствующих существующему законодательству (например, пастеризованное молоко должно быть нагрето до 72 °С и выдержано при этой температуре 15 с). Нормы по тепловой обработке молочной основы для йогурта отсутствуют, и поэтому на практике соотношение «время-температура» выбирается так, чтобы обеспечить уничтожение патогенных микроорганизмов и проведение в молоке необходимых физико-химических изменений (см. главу 2).

В секции выдержки не происходит нагрева или охлаждения молока, и в зависимости от необходимого времени выдержки установка может быть выполнена в виде части теплообменника или отдельного аппарата.

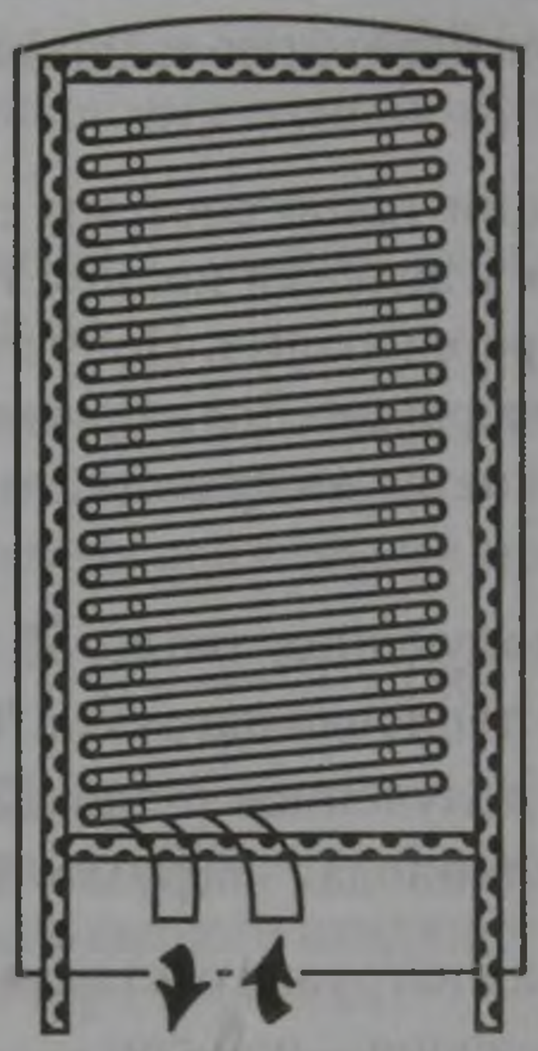


Рис. 3.32. Схематическое изображение трубчатого выдерживателя, обеспечивающео выдержку до 5 мин

Воспроизведено с разрешения компании *Tetra Pak A/B*, г. Лунд, Швеция.

Для тепловой обработки молочной основы используют различные режимы, например:

- 30 мин при 85 °С (длительная выдержка);
- 5 мин при 90–95 °С (средняяв ыдержка);
- 3 с при 115 °С (кратковременная выдержка).

Очевидно, однако, что секцию выдержки в большинстве установок приходится монтировать в виде внешнего аппарата, соединенного с теплообменником. Оборудование для выдержки молока в течение заданного времени включает:

- при длительной выдержке в течение 30 мин в установке для непрерывной обработки молока вместо обычного аппарата для выдержки может быть использован резервуар с хорошей теплоизоляцией или с водяной рубашкой. Этот метод выдержки требует помещения большой площади, он широко применялся в производстве йогурта в 1980-е гг. В настоящее время такие системы используют в болъших установках по производству йогурта достаточно редко;
- при средней выдержке (до 5–6 мин) в качестве аппаратов для выдержки часто используют разводки труб в виде спирали или зигзага; типичные примеры – это трубчатые выдерживатели компаний *Tetra Pak* (рис. 3.32) и *APV*, выполненные в виде двух спиральных труб из нержавеющей стали, заключенные в теплоизолированный вертикальный цилиндрический резервуар. Модифицированный вариант, позволяющий достигнуть продолжительности выдержки до 6 мин, был сконструирован с расположенными в виде змеевика трубами большого диаметра (см. [146]);
- при кратковременной обработке секция выдержки может быть встроена в теплообменник, но, если требуется ее большая емкость, труба может быть смонтирована вне установки.

Длина трубы для обеспечения необходимой продолжительности выдержки может быть вычислена, если известны часовая производительность и внутренний диаметр трубы [34]. Поскольку профиль скоростей в трубе для выдержки не постоянный, некоторые молекулы молока будут двигаться со скоростью выше средней. Для обеспечения достаточной пастеризации даже самых «быстрых» молекул необходимо использовать коэффициент полезного действия (коэффициент эффективности), который зависит от конструкции трубы и чаще всего находится в диапазоне 0,8–0,9. Ниже приведены формулы, необходимые для расчетов:

$$V = \frac{Q \times HT}{3600 \times \eta} \text{ дм}^3,$$

$$L = \frac{V \times 4}{\pi \times D^2} \text{ дм},$$

где Q – скорость потока при пастеризации (л/ч); HT – время выдержки (с); L – длина трубы выдерживателя в дм, соответствующая Q и HT; D – внутренний диаметр трубы выдержки в дм, который должен быть определен или подобран для трубопровода; V – объем молока (л или дм^3) в соответствии с Q и HT; η – коэффициент эффективности; $\pi = 3{,}14$.

Например, для пастеризатора производительностью (Q) 10 000 л/ч требуется время выдержки (HT), равное 15 с. Внутренний диаметр (D) трубы, которую необходимо использовать – 48,5 мм (0,485 дм). Определим длину (L) трубы для выдержки при коэффициенте эффективности 0,85:

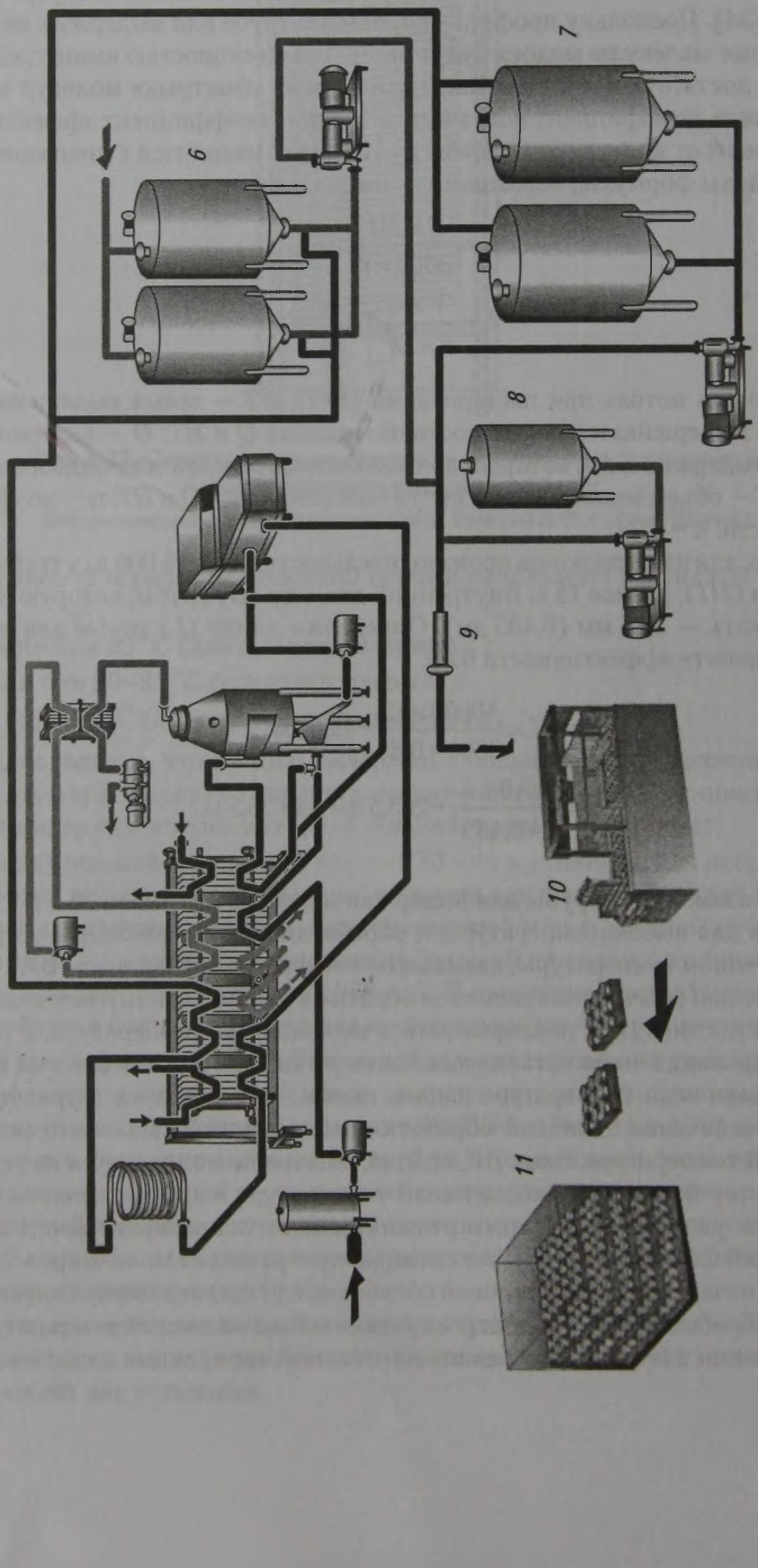
$$V = \frac{10000 \times 15}{3600 \times 0{,}85} = 49{,}0 \text{ дм}^3,$$

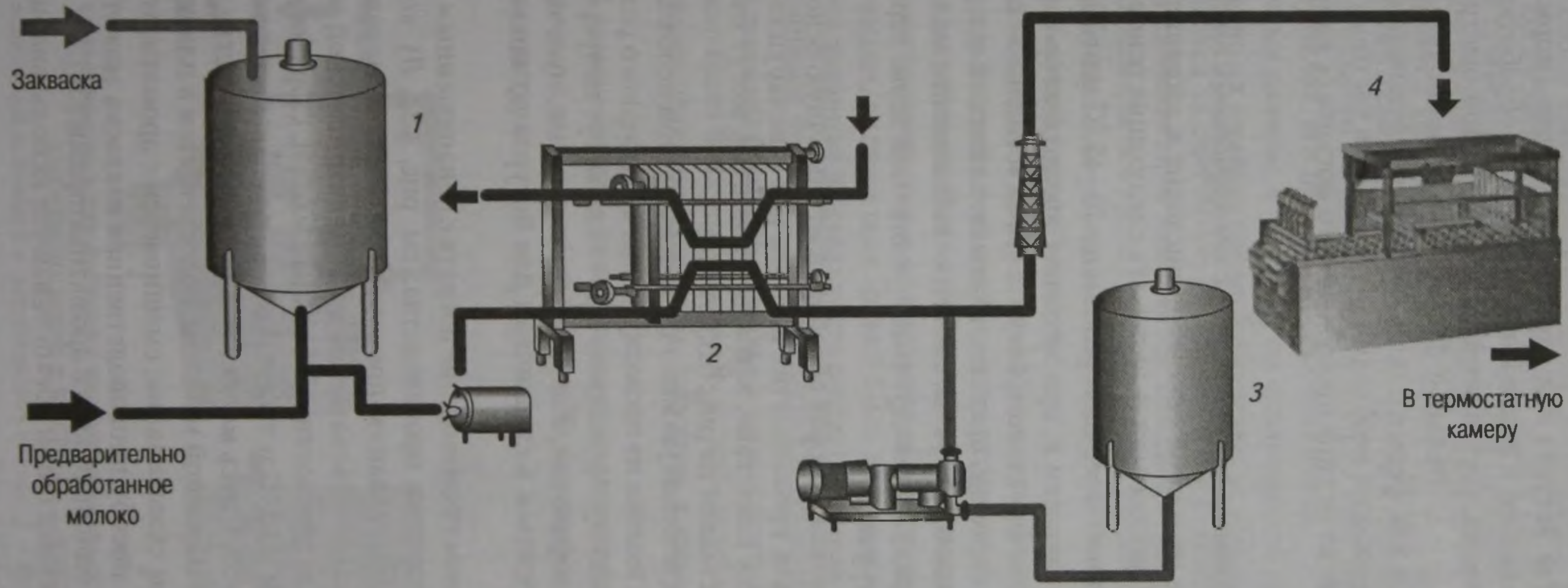
$$L = \frac{49{,}0 \times 4}{\pi \times 0{,}485^2} = 265{,}5 \text{ дм или } 26{,}5 \text{ м}.$$

Таким образом, длина трубы для выдержки должна быть около 26,5 м.

Установки для высокотемпературной обработки молока снабжены устройством защиты с датчиком температуры, называемым возвратным клапаном (ВК). В начале обработки молоко обычно возвращается обратно в уравнительный бачок до тех пор, пока не будет достигнута и поддерживаться необходимая температура, и только затем молоко проходит через оставшуюся часть установки для завершения цикла обработки. Однако если температура падает, молоко возвращается в уравнительный бачок для обеспечения тепловой обработки всего перерабатываемого молока при определенной температуре. Блок ВК, однако, обычно не монтируется на установках по производству йогурта, поскольку если температура нагретого молока начинает падать, вполне удовлетворительным решением является возврат молока обратно в уравнительный бачок вручную через специальную разводку молокопроводов.

Обычно в начале процесса тепловой обработки в установке циркулирует вода для санитарной обработки труб и подогрева установки до желаемых температур. Такой подогрев установки позволяет избежать длительной циркуляции начальной порции молока.


6
7
8
9
10
11
(A)



(В)

Рис. 3.33. Технологическая линия для производства йогурта с ненарушенным сгустком

А – Данные по предварительной обработке молочной основы приведены на рис. 3.13; *6* – резервуары для производственной закваски; *7* – промежуточные резервуары; *8* – резервуар для ароматизаторов; *9* – стационарный смеситель на трубопроводе; *10* – расфасовочный автомат; *11* – термостатирование (см. текст).

В: *1* – промежуточный резервуар; *2* – пластинчатый теплообменник; *3* – резервуар для ароматизаторов; *4* – расфасовочный автомат.

Воспроизведено с разрешения компании *Tetra Pak A/B*, г. Лунд, Швеция

3.3.6 Ферментация/сквашивание молока

На этой стадии производства йогурта подготовленное молоко (нормализованное/обогащенное, гомогенизированное и подвергнутое тепловой обработке) охлаждается до температуры сквашивания, составляющей 40–45 °С (при быстрой ферментации — 2,5–3 ч) или 30 °С (при длительной ферментации: «на ночь»). Существуют различные типы резервуаров для ферментации. Обычно оборудование конструируют для обеспечения и поддержания необходимых условий, в частности, температуры, и вид оборудования зависит от типа производимого йогурта (с нарушенным или ненарушенным сгустком).

3.3.6.1 Оборудование для производства йогурта с ненарушенным сгустком

Ферментация/сквашивание молочной основы происходит в индивидуальной таре (для розничной продажи). Процесс может включать следующие основные стадии:

- охлаждение обработанной молочной основы до 40–45 °С или 30 °С;
- добавление к молоку закваски и, при желании, ароматизаторов и/или красителей; для производства фруктового йогурта (типа «сандэй» — сливочное мороженое с фруктами, сиропом, орехами, сбитыми сливками и т. п.) в индивидуальную тару помещаются фрукты, а затем — заквашенное молоко;
- герметизация (укупорка) индивидуальной розничной тары, термостатирование, охлаждение и отгрузка.

Очевидно, что та же установка, которая обрабатывает молочную основу (рис. 3.13) может быть использована для производства йогурта как с ненарушенным, так и с нарушенным сгустком, и, как следствие, затраты на монтаж могут быть снижены. Общий вид установки представлен на рис. 3.33, *A* [34].

Закваска дозируется в обработанную молочную основу (при необходимой температуре) в потоке при подаче молока из промежуточного/буферного резервуара-хранилища в расфасовочную машину. Ароматизаторы также могут непрерывно дозироваться в поток молока до расфасовки. Как указывалось ранее, кусочки фруктов и другие добавки должны вноситься в стаканчики для йогурта до заполнения их заквашенным молоком.

При небольшом ежедневном производстве йогурта с ненарушенным сгустком может использоваться другая система производства (см. рис. 3.33, *B*), которая лучше приспособлена к гибкому планированию производства, поскольку размер установки не обязательно должен соответствовать объемам предварительной обработки молочной основы или производительности фасовочных машин. Обработанное молоко охлаждается до температуры <10 °С и тщательно перемешивается с закваской (например, с закваской типа DVS). Смесь молока и закваски в количестве, соответствующем производительности выбранной машины, подогревается в пластинчатом теплообменнике до температуры сквашивания, смешивается с ароматизаторами и расфасовывается. По другому способу производственная закваска может вноситься в подогретое молоко в потоке одновременно с ароматизаторами [34].

Необходимые условия ферментации обеспечиваются использованием одного из следующих подходов.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Водяные бани или резервуары. В этой системе тара для йогурта, которая зачастую представляет собой стеклянные бутылки, помещается в металлические лотки, погруженные в неглубокие емкости с теплой водой (подробная информация об этом старом методе приведена в работе [43]). Чтобы избежать загрязнения продукта, уровень воды поддерживается почти у верха бутылок, и после периода коагуляции теплая вода заменяется холодной, которая очень быстро охлаждает сгусток. Когда йогурт уже частично охлажден, лотки извлекаются и переносятся в холодильную камеру для окончательного охлаждения. Поскольку этот метод требует использования стеклянных бутылок, его популярность ограничена.

Термостатные камеры. В этом случае сквашивание молока происходит в небольших изолированных камерах средней емкостью от 250 до 750 л. Тебуемая температура поддерживается за счет принудительной циркуляции горячего воздуха, который по окончании сквашивания заменяется холодным. Для улучшения коэффициента теплопередачи камеры оборудованы средствами увлажнения горячего воздуха; если индивидуальная тара для розничной торговли чувствительна к влаге, рекомендуется использовать сухой горячий воздух.

Быстрое охлаждение в конце стадии ферментации достигается циркуляцией холодного воздуха. Затем йогурт поступает на отгрузку или отправляется в холодильную камеру для хранения. Все системы такого типа электрические, и некоторые камеры для термостатирования и охлаждения оборудуются регуляторами pH, так что цикл ферментации/охлаждения может быть автоматизирован; во многих случаях выдерживается заданная длительность операций цикла. Для поддержания качества йогурта постоянным необходимо учитывать следующие аспекты:

- камеры должны быть относительно небольшого размера — так, чтобы поддоны можно было быстро установить в штабель; время между помещением первых и последних контейнеров с йогуртом в камеру должно быть минимальным;
- по всей камере должен равномерно циркулировать воздух;
- в камере должны быть предусмотрены надежные средства точного поддержания температуры.

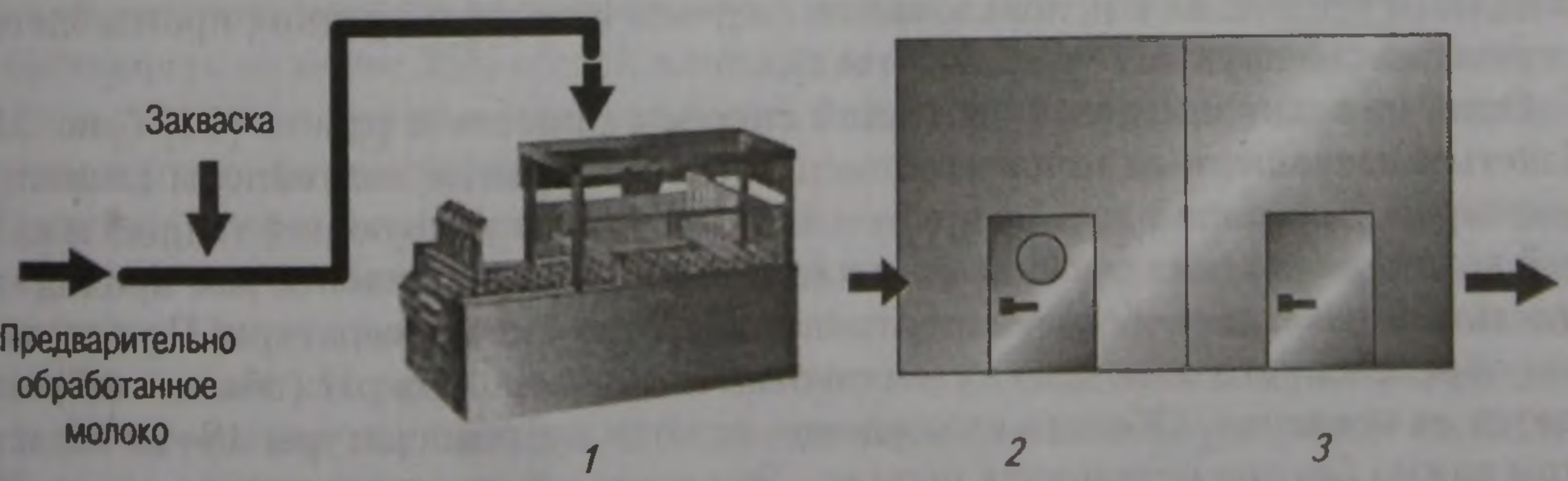


Рис. 3.34. Схема производства йогурта с неразрушенным сгустком с применением камер для сквашивания и быстрого охлаждения

1 — расфасовочный автомат; *2* — термостатная камера; *3* — камера быстрого охлаждения.

Воспроизведено с разрешения компании *Tetra Pak A/B*, г. Лунд, Швеция.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

В некоторых случаях камеры используются только для сквашивания, и йогурт охлаждают в другой камере (рис. 3.34) или в холодильном хранилище.

Недостаток этого подхода заключается в том, что сгусток перемещается, пока он еще теплый, и поэтому возможно некоторое нарушение его структуры и отделение сыворотки. Однако установка такой системы может быть дешевле.

Туннель. Большие количества йогурта с ненарушенным сгустком могут быть произведены в комплексе отдельных камер, но для непрерывного производства этот процесс может быть механизирован путем применения туннельной системы; здесь следует отметить, что концепция непрерывного производства йогурта иная (дополнительная информация приведена в разделе 3.5). Поддоны с йогуртом в индивидуальной таре помещают на конвейерную ленту и перемещают через туннель, состоящий из двух секций. Теплый воздух циркулирует в части туннеля, предназначенной для сквашивания, и скорость поддона определяется скоростью конвейера, которая в свою очередь определяется скоростью образования молочной кислоты в молоке. В конце периода ферментации, что соответствует достижению pH 4,5, поддоны проходят через охлаждающую секцию, где продувка горячего воздуха сменяется продувкой холодного. В этой секции йогурт охлаждается частично, а окончательное охлаждение происходит в камере хранения. Поскольку йогурт движется во время сквашивания и охлаждения, необходимо быть крайне осторожными, чтобы не повредить сгусток.

Комбинированная система для производства йогурта с ненарушенным сгустком, состоящая из термостатных камер и охлаждающего туннеля, используется, например, на бельгийском предприятии *S.V. Inza Co-operative* [42]. Преимуществом такого подхода является то, что когда стаканчики с йогуртом находятся во время сквашивания в покое, скорость охлаждения йогурта в туннеле гораздо выше по сравнению с другими способами. На практике молоко сквашивают до pH 4,5 в термостатной камере, а затем транспортируют в охлаждающий туннель, где температура йогурта достигает 10 °C примерно за 1,5 ч (см. также [9, 91, 93]). Охлаждающий туннель соединяется непосредственно с камерой хранения, так что продукт может подаваться в нее с помощью транспортера.

Различные системы, используемые для производства густого йогурта, были рассмотрены в работе [42], и их основные характеристики приведены в табл. 3.2. Можно сделать следующие выводы: системы водяных бань раньше были популярны в Европе для производства йогурта с ненарушенным сгустком. В настоящее время наблюдается тенденция к использованию системы камер (на средних производствах) и туннелей (на крупных производствах).

Одна из модификаций туннельной системы описана в работе [34] (рис. 3.35). Пакеты с заквашенным молоком помещаются в открытые контейнеры (ящики) на некотором расстоянии друг от друга — так, чтобы циркулирующий теплый и холодный воздух на стадиях сквашивания и охлаждения соответственно мог проходить к отдельным пакетам и обеспечивать точное поддержание температуры. При достижении определенного опытным путем оптимального значения pH (обычно 4,5) начинается охлаждение. Обычно охлаждение ведется до температуры 18–20 °C, и при этом важно быстро остановить процесс. Это означает, что температура около 35 °C должна достигаться в пределах 30 мин, а 18–20 °C — еще за 30–40 мин.

Окончательное охлаждение (обычно до 5 °C) осуществляется в камере хранения с низкими положительными температурами, где продукт находится до отгрузки. Эф-

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Таблица 3.2. **Системы «термостат/охладитель», используемые для производства густого йогурта**

	Резервуары/ водяные бани	Камеры	Туннель
Сквашивание/охлаждение в одном отделении	Да	Да / камеры могут использоваться только для сквашивания, а затем поддоны охлаждаются в камере хранения	Первая часть туннеля служит для термостатирования, а последняя используется для интенсивного охлаждения обдувом
Теплоноситель и хладагент	Вода	Воздух	Воздух
Система производства	Циклическая[а]	Циклическая[а]	Непрерывная
Упаковочный материал	Стекло	Стекло, бумажные пакеты или пластик	Стекло, бумажные пакеты или пластик
Изменение качества йогурта	Да[б]	Да[б]	Небольшое
Потребление энергии	Высокое	Высокое	Низкое
Производственная площадь	Большая	Средняя	Малая

[а] Полунепрерывная технологическая линия может быть реализована, если водяные резервуары установлены последовательно.
[б] если время заполнения поддонов превышает 15 мин.
По [161]. Воспроизведено с разрешения *Dairy Industries International*.

фективность охлаждения зависит от размера индивидуальной тары, ее конструкции и материала, высоты контейнера, расстояния между пакетами в каждом контейнере и конструкции самого контейнера. При высоте контейнера один метр, например, площадь поперечного сечения, не препятствующая свободному движению воздуха, должна составлять не менее 25% общей площади этого сечения. Меньшая доля свободного поперечного сечения потребует более мощного потока воздуха, что означает более высокое энергопотребление.

Контейнеры при сквашивании неподвижны. Их помещают в термостатную секцию туннеля так, чтобы облегчить работу с ними по системе «первым прибыл, первым вышел». Очень важно, чтобы в процессе сквашивания, продолжительность которого составляет как правило 3–3,5 ч, продукт не подвергался механическим воздействиям в течение последних 2–2,5 ч, когда риск отделения сыворотки наиболее высок.

Производительность холодильной установки должна быть достаточной для реализации описанной выше температурной программы. Ориентировочно общая продолжительность охлаждения составляет около 65–70 мин для небольших стаканчи-

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

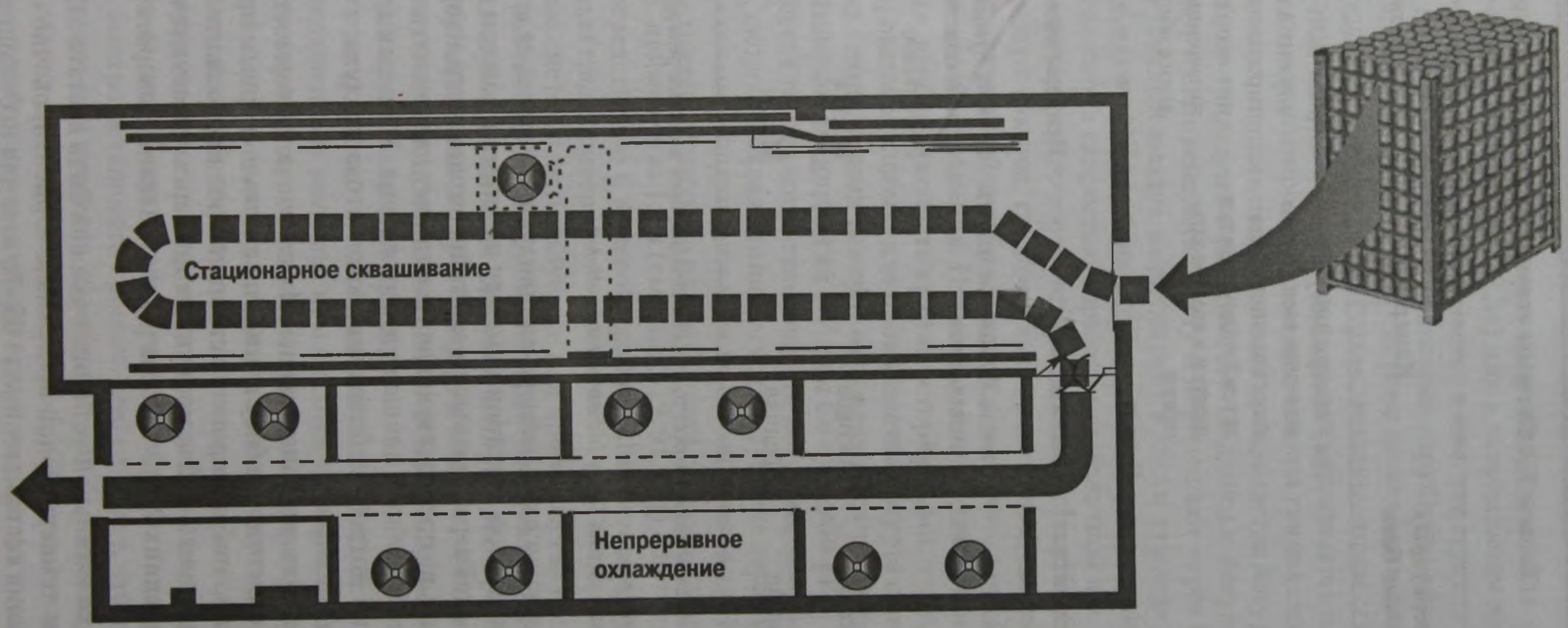


Рис. 3.35. Комбинированная система (термостатная камера и охлаждающий туннель) для получения йогурта с ненарушенным сгустком.

Воспроизведено с разрешения компании *Tetra Pak A/B*, г. Лунд, Швеция

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

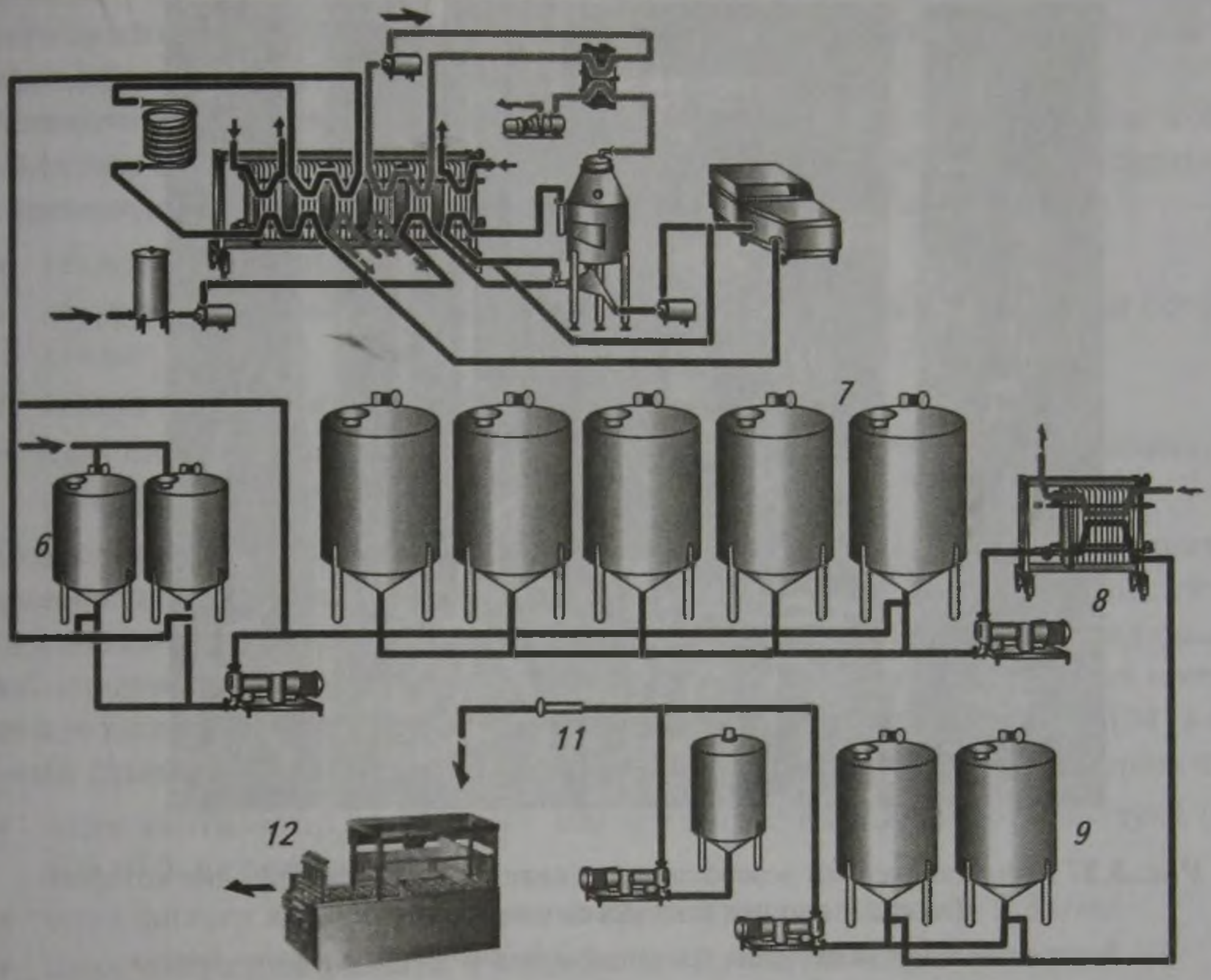


Рис. 3.36. Технологическая линия по производству перемешанного йогурта

Данные о предварительной обработке молочной основы приведены на рис. 3.13; *6* – резервуары для производственной закваски; *7* – резервуары для ферментации; *8* – пластинчатый теплообменник (охладитель); *9* –промежуточные резервуары; *10* – резервуар для фруктовых ароматизаторов; *11* – смеситель на трубопроводе; *12* – фасовочный автомат.

Воспроизведено с разрешения компании *Tetra Pak A/B*, г. Лунд, Швеция.

ков (0,175–0,2 кг) и около 80–90 мин для больших пакетов (0,5 кг). В конечном счете, независимо от типа камеры термостатирования/охлаждения йогурт с ненарушенным сгустком охлаждается примерно до 5 °С в камере хранения.

3.3.6.2 Оборудование для производства йогурта с нарушенным сгустком (перемешанного)

Йогурт с нарушенным сгустком (перемешанный) производится в бóльших объемах, чем густой йогурт, и до или во время стадий охлаждения и расфасовки его гелевая структура разрушается. Обработка молочной основы для производства перемешанного йогурта подобна описанной выше (см. рис. 3.13). Типичная установка для получения такого йогурта приведена на рис. 3.36 – обработанная молочная основа охлаждается до 40–45 °С или 30 °С до поступления в резервуары для ферментации (сквашивания).

Можно выделить несколько видов резервуаров, используемых в промышленности для производства перемешанного йогурта.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

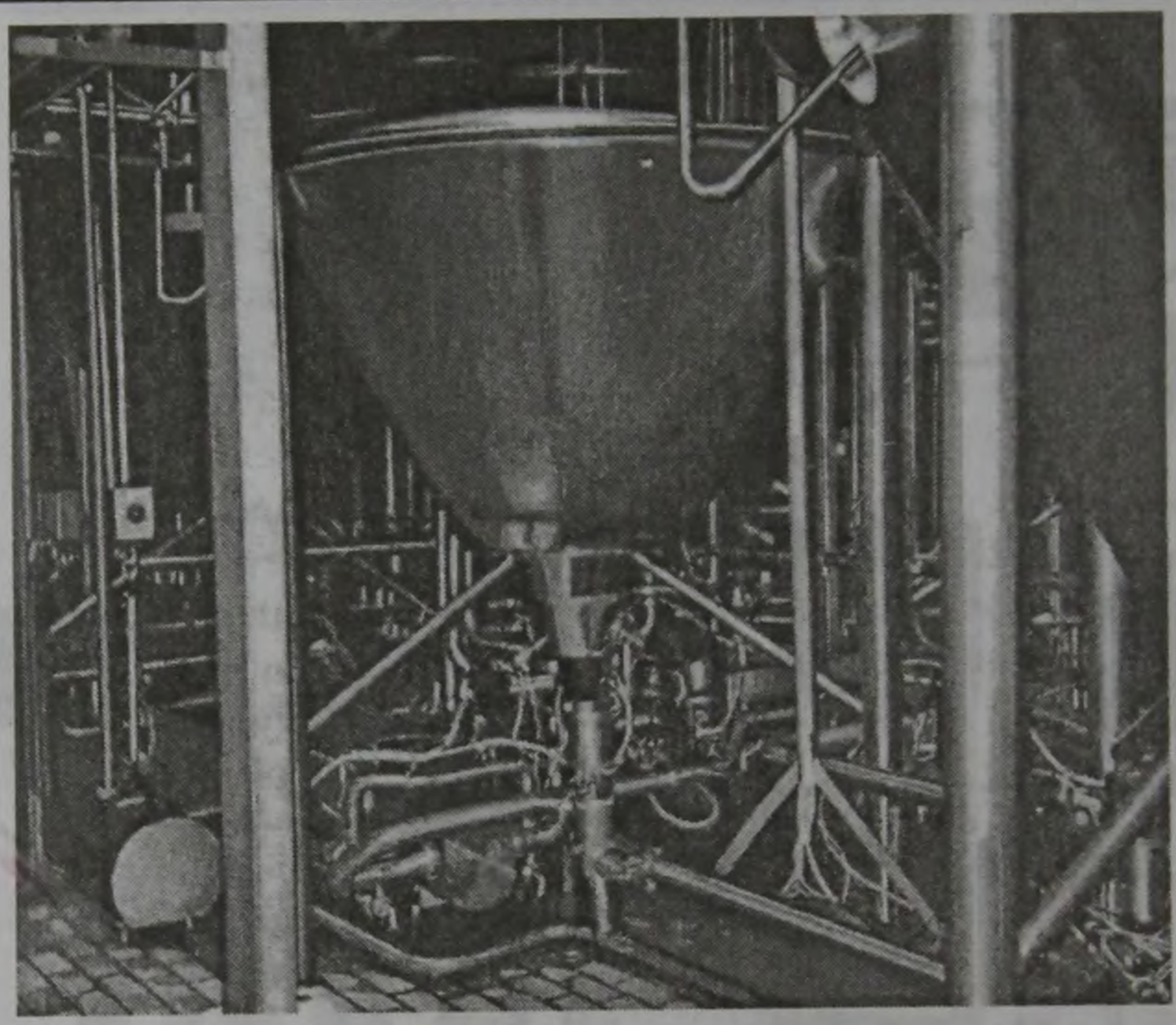


Рис. 3.37 Конусообразный резервуар для сквашивания, конструкция которого облегчает выпуск йогурта со стороны основания

Воспроизведено с разрешения компании *Delta Dairy S. A.*, г. Афины, Греция.

Универсальный резервуар. Этот тип резервуара был рассмотрен выше. Он предназначен для работы в качестве многоцелевого устройства для: а) подогрева и сквашивания молока; б) то же, но с охлаждением полученного сгустка; в) только для сквашивания и охлаждения.

Резервуары снабжаются водяной рубашкой, так что на стадии нагрева может быть использован пар, а при охлаждении молока до 40–45 °С — циркуляция холодной воды. При сквашивании температура поддерживается равной 42 °С, а для охлаждения сгустка в конце процесса используется холодная вода.

Резервуары для сквашивания (ферментации). Для поддержания постоянной температуры в процессе сквашивания эти резервуары имеют только теплоизоляцию. Система перемешивания в таких резервуарах не является обязательной, поскольку конусообразное основание облегчает удаление сгустка (рис. 3.37).

Однако мешалки в резервуаре для сквашивания молока могут понадобиться. Если используется закваска прямого внесения, необходимо обеспечить ее восстановление и/или тщательное смешивание с молоком; если используется производственная закваска, она подается в подготовленное молоко с помощью насоса-дозатора, и поэтому перемешивание не нужно (рис. 3.36).

Резервуар для сквашивания и охлаждения. Этот тип резервуара снабжен водяной рубашкой, и в период сквашивания в ней циркулирует теплая вода при 40–45 °С, а для частичного охлаждения сгустка — холодная вода (см. раздел 3.3.7); эти и другие упомянутые выше резервуары описаны в работах [146, 161]. Одним из примеров

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

может служить резервуар *Goavec* с увеличенной площадью поверхности для улучшения эффективности охлаждения йогурта [63].

Асептический резервуар для сквашивания. Этот тип резервуара является модифицированным вариантом стандартного устройства для ферментации и используется для производства йогурта в асептических условиях. Этот резервуар:

- теплоизолирован;
- оборудован двумя электродами для измерения pH и термометром сопротивления;
- воздух на входе и выходе фильтруется;
- для снижения опасности загрязнения мешалка имеет двойное уплотнение вала с паровым барьером.

Основная цель использования асептического резервуара — сведение к минимуму возможности загрязнения йогурта дрожжами и плесенями. Как указывалось выше, в асептическом резервуаре с помощью стерильного воздуха постоянно поддерживается избыточное давление. Подобная система используется для получения производственной закваски в асептическом резервуаре (см. рис. 8.8 в главе 8). По [34] в состав системы фильтрации воздуха, необходимой для четырех таких резервуаров, входят:

- один вентилятор, подающий 400 $м^3$/ч профильтрованного воздуха (около 100 $м^3$/ч на резервуар);
- один фильтр, способный улавливать частицы размером > 0,3 мкм;
- один кожух для фильтра и один базовый воздуховод;
- четыре соединительных трубы, клапаны и манометры.

Для безопасности каждый резервуар оборудован дополнительной трубой для воздуха и системой защиты для предотвращения разрушения резервуара в результате образования вакуума из-за падения температуры после мойки. Скорость воздуха составляет около 0,5 м/с, и в резервуаре поддерживается избыточное давление около 5–10 м водяного столба, что соответствует 0,005–0,01 МПа (см. также [114]).

Важно отметить, что все вышеупомянутые резервуары снабжены входными патрубками, предотвращающими пенообразование, что уменьшает проблему образования пены в резервуаре. Кроме того, в производстве йогурта для контроля динамики накопления молочной кислоты микроорганизмами закваски большая часть современных резервуаров для сквашивания оборудована датчиками кислотности. Подробнее об их модификациях см. [41, 113, 171].

3.3.7 Охлаждение

После достижения необходимого уровня кислотности начинается охлаждение сгустка, температура снижается от 40–45 °C до 20 °C или (в некоторых случаях) до < 10 °C [4]. Основная цель, конечно, — это замедление метаболической активности *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и био-заквасок, и если процесс охлаждения задерживается, йогурт или родственный ему продукт может стать неприятным на вкус вследствие слишком высокой кислотности. Как уже указывалось выше (см. раздел 2.11 в главе 2), охлаждение йогурта может выполняться поэтапно. Поэто-

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

му в зависимости от типа оборудования, используемого для охлаждения йогурта, и продолжительности охлаждения рекомендуется начинать охлаждение примерно при 0,8–1,0 г/100 г молочной кислоты — так, чтобы кислотность охлажденного йогурта составляла 1,2–1,4 г/100 г молочной кислоты. Для охлаждения йогурта применятся ряд рассмотренных ниже систем.

3.3.7.1 Охлажденный воздух

Этот спсособ охлаждения широко используется на двух участках производства йогурта. Охлажденный воздух пропускают через камеры и туннели для охлаждения густого йогурта в конце периода сквашивания. Охлажденный воздух также используется в камере хранения, транспорте и в холодильниках магазинов. Рекомендуемая температура йогурта при хранении, экспедировании и в розничной торговле – < 10 °С, в противном случае сохраняемость йогурта резко снижается.

3.3.7.2 Охлаждение в резервуаре

Система, при которой йогурт охлаждается в резервуаре для сквашивания или в универсальном резервуаре, известна как емкостное охлаждение. При этом в период охлаждения в рубашке резервуара обычно циркулирует холодная вода. Сгусток охлаждается от 40–45 °С до 20 °С или < 10 °С. Скорость охлаждения определяется:

- площадью поверхности контакта;
- интенсивностью перемешивания;
- разностью температур между хладагентом и продуктом;
- удельным массовым расходом хладагента;
- временем контакта продукта и охлаждающей поверхности.

Высокая скорость охлаждения может быть достигнута при обеспечении: а) максимально возможной поверхности охлаждения; б) высокой скорости потока хладагента с помощью принудительной циркуляции; в) высокого градиента температур между йогуртом (40–45 °С) и хладагентом (например, охлаждение рассолом с температурой от –3,8 до –4,0 °С) и г) регулирования времени контакта продукта и охлаждающей поверхности путем постоянной замены охлажденного йогурта теплым.

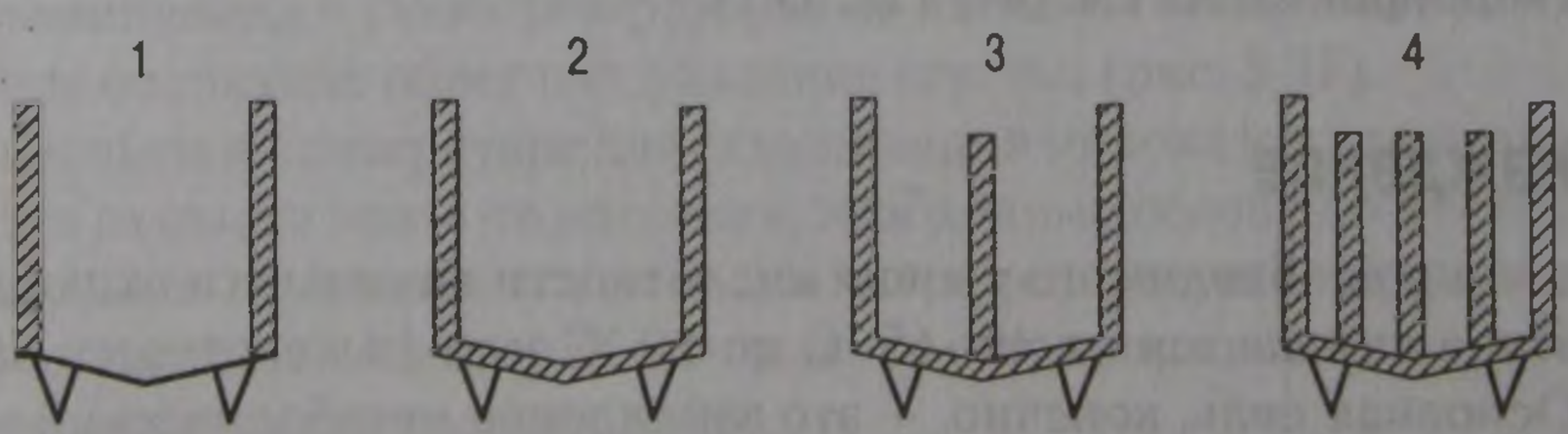


Рис. 3.38. Схема площадей поверхности некоторых емкостных охладителей йогурта

Затененная зона — охлаждаемая область; *1* – боковая поверхность резервуара; *2* – боковая поверхность и дно резервуара; *3* – боковая поверхность, дно резервуара и внутренний цилиндр; *4* – то же, что в (*3*) + охлаждающие змеевики, расположенные внутри резервуара.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Эти факторы, конечно, взаимосвязаны, но для удобства их влияние на эффективность охлаждения йогурта в емкости может быть оценено по отдельности.

Площадь поверхности. Площадь поверхности, доступная для охлаждения йогурта, может меняться в зависимости от резервуара. На рис. 3.38 показано, какими приемами можно увеличить эту площадь.

Скорости при емкостном охлаждении йогурта могут значительно отличаться, и в то время как, например, резервуар емкостью 5000 л (см. рис. 3.38, тип *2*) может требовать для охлаждения йогурта от температуры сквашивания до примерно 5 °С 4 ч, йогурт в резервуаре типа *4* (см. рис. 3.38) требует для охлаждения от 45 °С до 20 °С полчаса.

Система перемешивания. Различные режимы потока, которые возникают при перемешивании жидкости, были рассмотрены выше (см. рис. 3.23). Основные факторы, влияющие на работу емкостного охладителя йогурта, сводятся к следующему:

- форма резервуара;
- форма устройства для перемешивания (лопасть, пропеллер, скребок (шнек) или якорь);
- размер и положение мешалки;
- скорость вращения;
- разность скоростей между жидкостью и мешалкой.

Образование воронки и/или введение воздуха в объем йогурта нежелательно, и, кроме того, перемешивание теплого сгустка может вызвать сдвиг. Эти эффекты могут быть минимизированы путем регулирования скорости вращения и выбора формы мешалки. Эффект сдвига зависит также от разницы скоростей между объемом йогурта и рабочей поверхностью мешалки, при этом уменьшение разности скоростей снижает градиент скорости сдвига. Поэтому в резервуаре для йогурта может быть предусмотрено использование перемешивающих устройств нескольких типов. Задача проектировщиков заключается в обеспечении минимального разрушения структуры сгустка. Примерами приемлемых систем могут служить: во-первых, скребковая мешалка, дополненная, например, смонтированной в центре винтовой лопастью; во-вторых, вращающаяся контр-лопасть; в-третьих, только скребковая мешалка (скользящая по поверхности); применение резервуара с конусообразным дном с 35-градусным наклоном облегчает перемешивание сгустка с минимальным повреждением структуры, под действием мешалки холодный йогурт непрерывно заменяется тсплым, благодаря чему повышается скорость охлаждения; и, в-четвертых, лопастная мешалка, дополненная фиксированными перегородками вдоль боковой стенки резервуара.

Скорость вращения. Для достижения эффективного перемешивания сгустка при минимальном сдвиге скорость мешалки следует устанавливать как можно меньшей. Некоторые серийно выпускаемые резервуары соответствуют этому требованию (скорость вращения мещалки в них от 8 до 50 об/мин). В некоторых случаях в резервуаре может быть установлена система с двумя мешалками, вращающимися в противоположных направлениях, или одна перемешивающая лопасть, которая может вращаться по часовой или против часовой стрелки попеременно. Вместе с тем емкостное охлаждение йогурта требует длительного времени, и по [91] формула, используемая для измерения теплопередачи при нагреве молока в резервуаре, может быть исполь-

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

зована для вычисления времени, необходимого для охлаждения йогурта. В работе [91] это положение проиллюстрировано следующим примером:

$$\text{Продолжительность охлаждения} = \frac{\text{Объем } (м^3) \times \text{Плотность йогурта } (кг/м^3) \times \text{Удельная теплоемкость } (J \cdot кг^{-1} \cdot м^{-3})}{\text{Эффективная площадь теплообмена (при нагреве/охлаждении) } (м^3) \times \text{Коэффициент теплопередачи } (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})} \ln \frac{\text{Температура теплого йогурта} - \text{Температура хладагента}}{\text{Температура холодного йогурта} - \text{Температура хладагента}}$$

$$= \frac{3 \times 1040 \times 3800}{9{,}55 \times 150} \times \ln \frac{40 - 15}{20 - 15} =$$

$$= \frac{3 \times 1040 \times 3800}{9{,}55 \times 150} \times 1{,}61$$

$$= 13{,}235 \text{ с} = 222 \text{ мин} = 3{,}7 \text{ ч},$$

где ln — натуральный логарифм.

При охлаждении используется высокоскоростное перемешивание.

Отсюда понятно, что для достижения максимальной разности температур между теплым йогуртом и хладагентом лучше использовать охлажденную, а не водопроводную воду. При этом если площадь поверхности может быть увеличена, продолжительность охлаждения может быть уменьшена.

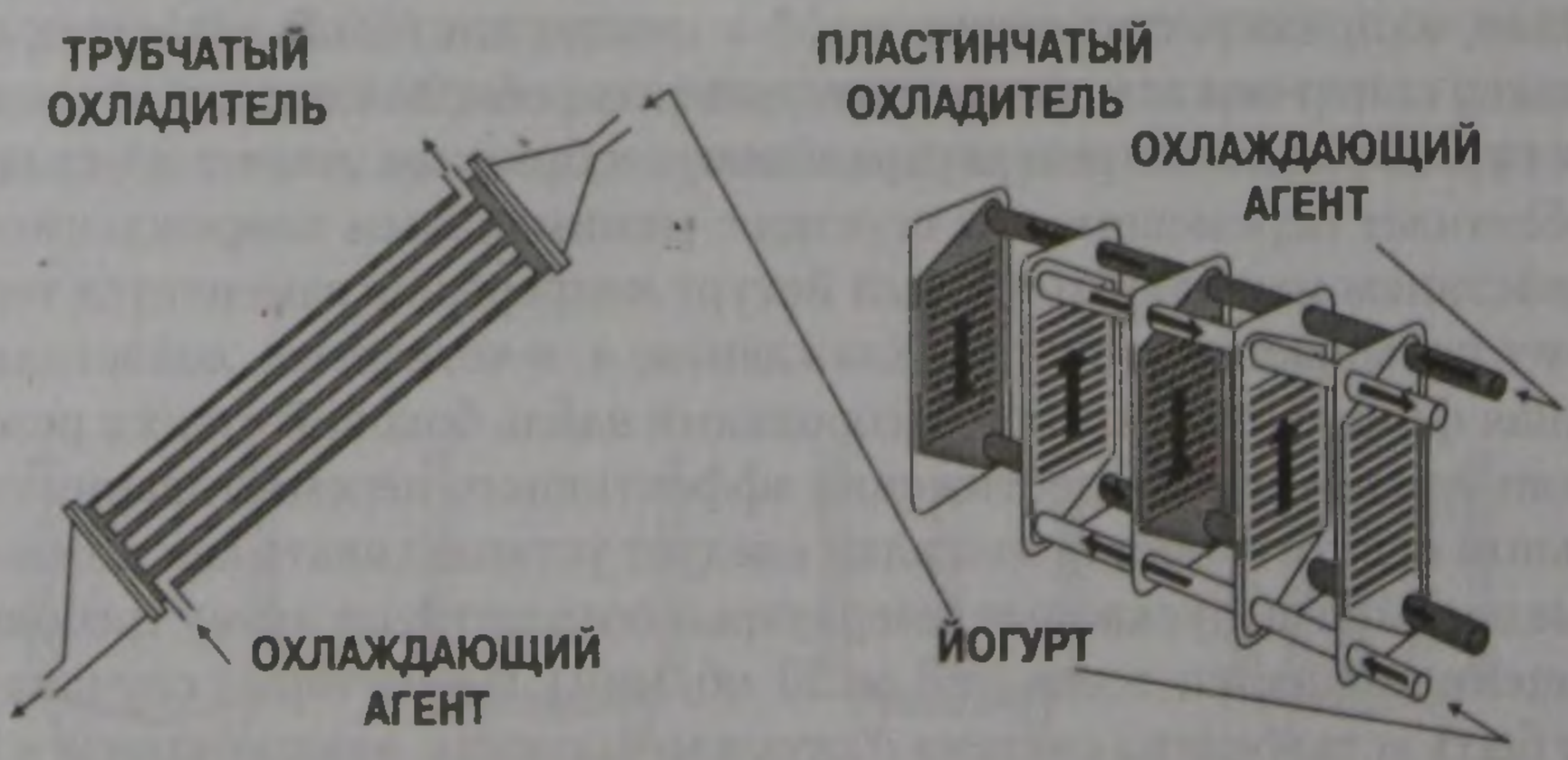


Рис. 3.39. Течение йогурта в охладителях различных типов

Обратите внимание на то, что потоки йогурта и хладагента двигаются в противоположных направлениях.

По [161]. Воспроизведено с разрешения *Dairy Industries International*.

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Другой метод емкостного охлаждения йогурта заключается в том, что в конце стадии ферментации сгусток помещают в теплообменник (пластинчатый или змеевиковый) [52], однако такой тип аппарата ограничивает применение мешалки в резервуаре, и поскольку эти охладители помещают в сгусток после сквашивания, могут возникнуть проблемы загрязнения продукта.

3.3.7.3 Охладители непрерывного действия

В отличие от медленного охлаждения в емкостных охладителях или охладителях периодического действия более быстрое охлаждение йогурта может быть достигнуто с помощью пластинчатых или трубчатых теплообменников. Характер течения йогурта в теплообменнике показан на рис. 3.39. Обычно считают, что пропускаемый в единицу времени объем продукта для пластинчатого или трубчатого охладителя должен в два раза превышать производительность установки, так что если производительность установки находится в диапазоне 3500–4000 л/ч, производительность охладителя должна быть около 8000 л/ч.

Пластинчатый охладитель подобен по конструкции обычному пластинчатому теплообменнику, описанному выше, за исключением того, что для снижения риска повреждения структуры сгустка зазор между пластинами гораздо больше (например, до 6 мм по сравнению с 2,5 мм). Кроме того, из-за возникновения в пластинчатом охладителе противодавления необходимо ограничить проход йогурта или создать зазор между пластинами, постепенно увеличивающийся вдоль аппарата. Для повышения производительности установки рекомендуется использовать ряд небольших аппаратов, смонтированных параллельно, а не увеличивать число пластин в большом аппарате. Хладагентом в пластинчатом охладителе обычно является охлажденная вода, а примерное потребление воды для теплообменника, охлаждающего 8000 л йогурта в час, может составить 40 000 л/ч.

Трубчатый охладитель состоит из набора помещенных в оболочку трубок, и в то время как через них проходит продукт, противоположно направленный поток хладагента проходит вокруг них. Ниже приведены некоторые технические характеристики такого типа охладителя, производимого фирмой *Terlet/Zulphen*: а) производительность – 1000–10 000 л/ч, при этом рекомендуется, чтобы емкость была той же, что и у фасовочного автомата; б) охлажденная вода течет в противоположном потоку йогурта направлении, и объем потребляемой воды примерно в пять раз больше объема продукта; в) время, необходимое для охлаждения йогурта от температуры сквашивания (40–45 °С) до 8 °С составляет 1 ч, а скорость движения йогурта через трубки – 0,65 см/с; г) любое снижение вязкости при перемещении йогурта из резервуара к охладителю исключается за счет правильного монтажа установки (см. разделы 3.3.8–3.3.12); д) конструкция установки упрощается за счет возможности размещения охладителей в различных положениях (вертикально или горизонтально).

При прохождении йогурта через пластинчатые или трубчатые охладители неизбежно некоторое нарушение структуры сгустка, но в работах [129, 154] был сделан вывод, что наименьшая потеря вязкости происходит в трубчатом охладителе. В конце технологического процесса может понадобиться продувка для сведения к минимуму потерь йогурта перед стадией безразборной мойки (CIP).

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

3.3.8 Насосы

В молочной промышленности используются различные типы насосов, причем их выбор зависит от назначения. Для простоты технологическая линия может быть разделена на следующие участки:

- приемка молока и его подготовка;
- получение сгустка и обработка;
- смешивание фруктов с йогуртом и фасовка.

Физические характеристики и консистенция материалов на каждом участке различаются, и при этом важно, чтобы тип насоса соответствовал выполняемой им функции. Особенно это важно после формирования сгустка, поскольку любое слишком интенсивное механическое воздействие может в конечном итоге повлиять на вязкость продукта. В больших установках по производству йогурта молочную основу перекачивают через длинные трубопроводы с многочисленными клапанами (задвижками), через теплообменники, фильтры и другое оборудование, что может привести к большим перепадам давления. Поэтому насосы монтируются в разных частях установок, и чтобы избежать проблем, важно правильно выбрать типы насосов и места установки. По [34, 36] следует обратить внимание на следующие аспекты:

- установка насоса;
- линия всасывания и нагнетания;
- тип и размер насоса должны выбираться с учетом скорости потока, вида перекачиваемого продукта, вязкости, плотности, температуры, давления в системе и/или материала, из которого изготовлен насос.

3.3.8.1 Центробежный насос

Основные части насоса — это электродвигатель, вращающаяся крыльчатка в кожухе и камера нагнетания. Жидкость поступает в камеру крыльчатки, где приобретает центробежное ускорение, достаточное для выхода наружу вдоль кромок крыльчатки. В результате жидкость поступает в камеру нагнетания и отводится через отверстие в кожухе насоса. Создаваемое давление всегда равно сопротивлению потока (гидравлическому сопротивлению) в технологической линии, а производительность насоса, то есть передача энергии от двигателя к жидкости через крыльчатку определяется по следующей формуле:

$$\text{Эффективность центробежного насоса} = \frac{\text{Кинетическая энергия} + \text{Энергия давления, приложенная к жидкости на выходе}}{\text{Энергия, отдаваемая двигателем}}.$$

Обратите внимание, что потери энергии в виде тепла не учитываются.

Все центробежные насосы в принципе одинаковы, однако конструкция крыльчатки может быть различной. Необходимо также учитывать некоторые другие факторы:

- давление на выходе насоса;
- скорость потока или скорость жидкости;

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

- степень кавитации (являющейся результатом переноса жидкости с одной стороны насоса на другую, что создает вакуум; новая жидкость поступает в насос за счет всасывания);
- на потери давления в насосе может влиять вязкость продукта, причем потери увеличиваются при перемещении вязких продуктов (вследствие увеличения трения);
- если в технологической линии имеют место потери давления, скорость жидкости изменяется с помощью регулирующих клапанов/задвижек, контроля скорости или путем изменения диаметра крыльчатки.

Центробежное действие этих насосов может создавать в перекачиваемой жидкости значительные усилия сдвига, и поэтому в производстве йогурта их применяют на участке приемки и подготовки исходного молока и для перекачивания воды (горячей или холодной) через теплообменники.

3.3.8.2 Плунжерный (поршневой) насос

Плунжерный насос может быть описан как плунжер (поршень), совершающий возвратно-поступательное движение в цилиндре. Выходной и входной клапаны регулируют поток жидкости так, что она течет в нужном направлении. Обычно плунжерные насосы используются в молочных производствах в качестве дозирующих. Как разновидность плунжерного насоса может также рассматриваться гомогенизатор. Этот тип насоса используется для достижения высоких давлений при обработке молочной основы (см. главу 2 и раздел 3.3.4).

3.3.8.3 Объемные насосы

Объемные насосы делятся на три различные группы: роторные, возвратно-поступательные и прочие. Принцип действия объемных насосов заключается в том, что при каждом обороте (у насосов роторного типа) или каждом возвратно-поступательном движении определенное количество жидкости или продукта перекачивается независимо от напора (Н) [34]. При перекачивании маловязких продуктов (например, молока) при подъеме давления может, однако, происходить некоторое скольжение или внутренняя утечка, что уменьшает поток за оборот или такт (в насосе роторного или возвратно-поступательного типа соответственно). Степень скольжения уменьшается с увеличением вязкости (как в случае с йогуртом).

Регулирование потока на выходе объемного насоса резко увеличивает давление. Поэтому важно, чтобы после насоса не было закрытых клапанов/задвижек и чтобы насос был снабжен предохранительным клапаном (встроенным или байпасным). При использовании насосов таких типов поток обычно регулируется путем изменения скорости ротора или настройки такта возвратно-поступательного насоса. При перекачке продуктов с высокой вязкостью (например, йогурта) следует рассмотреть следующие меры безопасности. Во-первых, насос должен быть расположен как можно ближе к питающему резервуару продукта и, во-вторых, диаметр труб должен быть достаточно большим (об этом см. ниже). Такие предосторожности обеспечивают небольшие перепады давления, а в противном случае (при больших перепадах давления) возможно возникновение кавитации. Эти условия необходимо соблюдать так-

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Рис. 3.40. Течение йогурта через кулачковый ротор объемного насоса
По [161]. Воспроизведено с разрешения *Diary Industries International*.

же на выходе насоса, где при использовании длинных труб малого диаметра может возникнуть высокое давление.

Насос, классифицируемый как возвратно-поступательный объемный насос (вытесняющий), представляет собой поршневой (плунжерный) насос низкого давления. Хотя такие насосы не используются непосредственно для перемещения йогуртового сгустка, его модификации применяются в фасовочных агрегатах. Таким образом, хотя этот вид насоса и может оказывать слабое сдвигающее действие, повреждение сгустка сводится к минимуму благодаря малому времени контакта йогурта с насосом. низкой температуре наполнения (не более 20 °С) и отсутствию противодавления.

Коловратные насосы. Эти объемные роторные насосы наиболее широко применяются в производстве йогурта, потому что продукт движется через полость насоса между двумя роторами, каждый из которых имеет два, три или более кулачков («лепестков»). Конструкция кулачков позволяет им перекачивать йогурт с нежными кусочками фруктов и т. п. Движение йогурта через такой насос показано на рис. 3.40.

При вращении роторов на входе насоса создается вакуум, благодаря которому йогурт поступает в насос. Затем йогурт течет по периферии корпуса насоса к выходу, где йогурт сжимается и создается сила, выталкивающая его из насоса (см. рис. 3.40). Обычно роторы вращаются независимо с помощью распределительной шестерни, расположенной в задней части насоса: Роторы не касаются друг друга и корпуса насоса, хотя зазоры между всеми частями насоса очень малы [34].

Согласно [161] объемные насосы по сравнению с поршневыми (возвратно-поступательными) обладают рядом преимуществ, а именно:

- более дешевая трансмиссия;
- возможность работать на более высоких скоростях (эти насосы дешевле и меньше, чем поршневые (плунжерные) насосы со сравнимыми коэффициентами подачи), однако поскольку скорость перекачивания влияет на вязкость йогурта, применение высокоскростных насосов не рекомендуется;
- малая пульсация потока;
- насос является самовсасывающим;
- пригодность для применения при больших напорах;
- высокие коэффициенты подачи;

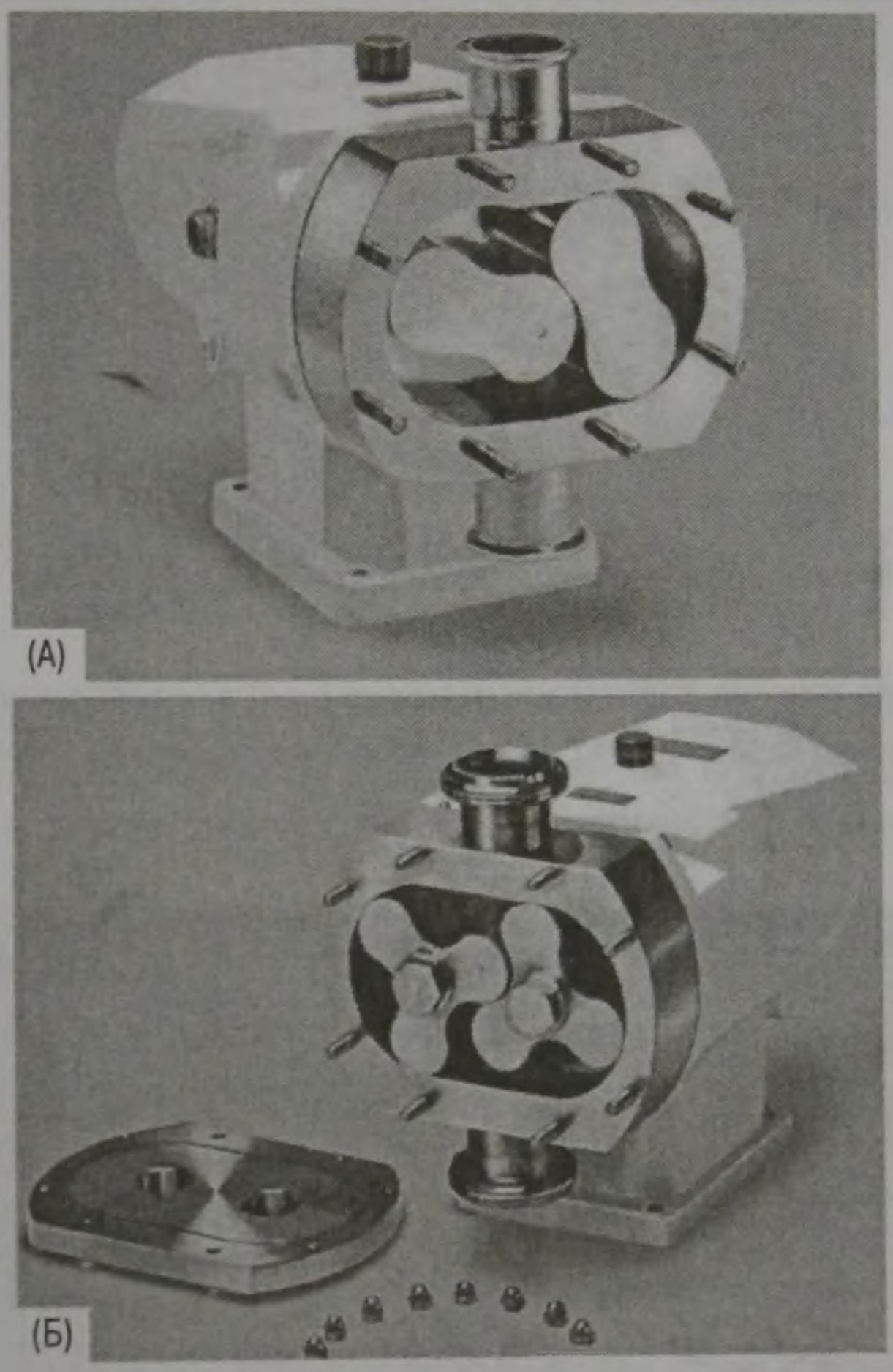


Рис. 3.41. Двухкулачковый (А) и трехкулачковый (Б) роторные объемные насосы
Воспроизведено с разрешения *Alfa Laval Pumps*, Истборн, Великобритания

- пригодность для перекачивания вязких продуктов (например, йогурта) или смесей твердых веществ и жидкостей (взвешенные твердые частицы не должны быть острыми или абразивными);
- незначительное уменьшение коэффициента подачи с увеличением противодавления.

На рис. 3.41 показаны двух- и трехкулачковый объемные насосы.

С утверждением, что двухкулачковый насос обеспечивает более плавное перекачивание и малый сдвиг, можно поспорить. Конструкция с верхней подачей продукта и выходом снизу обеспечивает полное осушение между порциями, так что в насосе практически не остается продукта, который может вызывать загрязнение. В прошлом в качестве недостатка роторных насосов указывали склонность их уплотнений к протеканию. В работе [70] указывается, что уплотнения между стороной нагнетания и стороной всасывания не столь эффективны, как в поршневых насосах, а уплотнения между вращающимися шестернями и планшайбой подвержены протеканию, однако регулярный контроль уплотнений может свести эти проблемы к минимуму. Со вре-

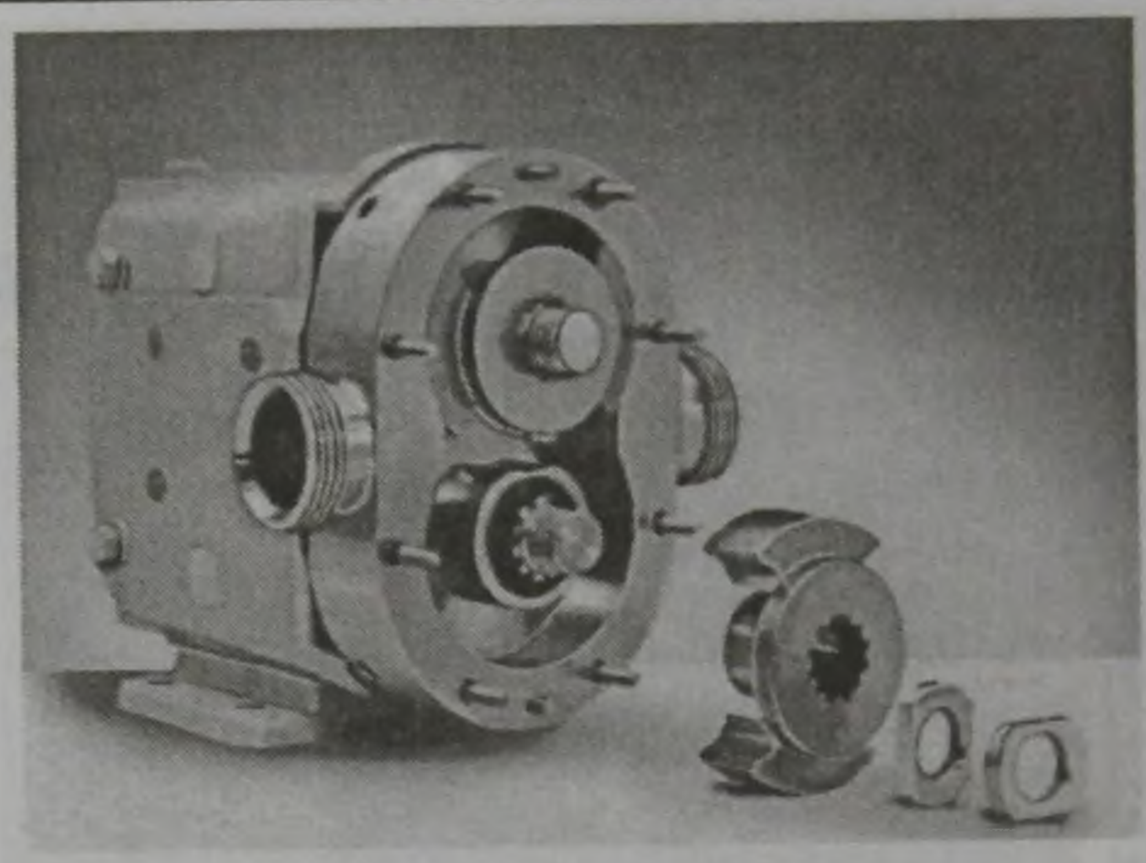


Рис. 3.42. Ротор с двумя лопастями, применяемый в роторном объемном насосе
Воспроизведено с разрешения *Alpha Technical Services*, Лондон, Великобритания

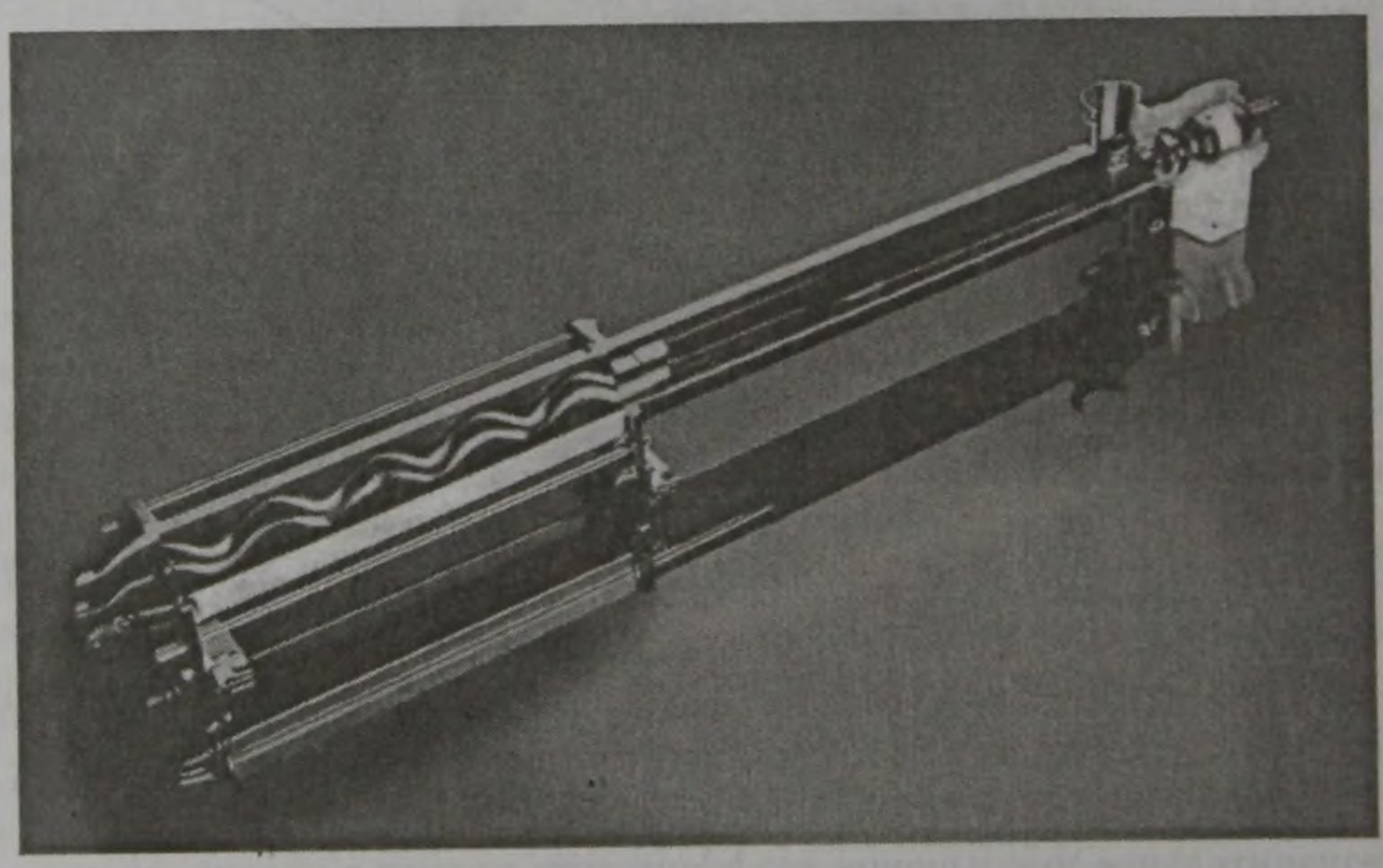


Рис. 3.43. Винтовой роторный насос диапазона Mono S
Воспроизведено с разрешения *Mono Pumps Dresser*, г. Манчестер, Великобритания

менем конструкция таких насосов улучшилась и стала отвечать специфическим требованиям отрасли. Дополнительные сведения можно получить из работ [10, 11, 12, 109, 170] (позже в работе [142] рассматривались вопросы использования титана (для отдельных деталей или внутренней отделки (футеровки) в определенных частях насосов, применяемых в молочной промышленности).

Лопастный роторный насос. В других конструкциях объемных насосов используется ротор с одной или двумя лопастями. Примером такого насоса может служить насос *Waukesh Universal Series*, изображенный на рис. 3.42.

Рис. 3.44. Схема работы насоса с гибким колесом

Однолопастной ротор обеспечивает минимальное разрушение и лучшее заполнение жидкостями с включенными частицами, например, йогуртами с фруктами, фруктовыми пресервами, начинкой для пирогов и творогом с крупными частицами сгустка (см. также [11, 13, 16]).

Винтовой насос. Другой тип объемного насоса, известный как эксцентриковый, винтовой или одновинтовой, широко применяется для перекачивания фруктового йогурта. Он состоит из одного винтового ротора, вращающегося внутри упругого статора. Йогурт с фруктами перемещается по непрерывному спиральному пути, не изменяя своего объема, и таким образом обращение со сгустком йогурта происходит очень осторожно, так что кусочки фруктов остаются неповрежденными (рис. 3.43).

Насос этого типа должен быть заполнен йогуртом до запуска, однако основная цель первоначального заполнения — не прокачка, а обеспечение необходимого смазывания статора до того, как насос будет заполняться сам. Поэтому такой насос нельзя запускать в сухом виде, так как это повредит статор.

Некоторые винтовые насосы (например, *Mono Dresser*) снабжены гибким валом *Flexishaft*, который связывает ведущий вал с винтовым ротором. В других насосах привод вала обратимый, так, что он может двигаться в любом направлении (как, например, у насоса PCM Муано (*Moineau*)).

3.3.8.4 Насос с гибким колесом

Действие такого насоса основано на том, что лопатка колеса насоса, проходя через выступающую кромку, создает вакуум, так что при запуске воздух из заливного патрубка удаляется, и йогурт всасывается в насос, а затем прокачивается через него и отводится на выходе с постоянной скоростью потока (рис. 3.44).

Когда гибкие лопасти колеса вступают в контакт с кромкой, они сгибаются, и сила сжатия непрерывно выталкивает продукт. Такое колесо может быть изготовлено из различных материалов (например, неопрена), широко применяемых в молочной промышленности для непрерывной работы при температуре до 65 °C и при 95 °C (для системы CIP). Наиболее распространенный насос этого типа изготовляется фирмой *ITT Jabsco* — компанией, выпускающей широкий диапазон насосов, применяемых в производстве йогурта (рис. 3.45). Эта же фирма выпускает насосы с ротором в форме серпа.

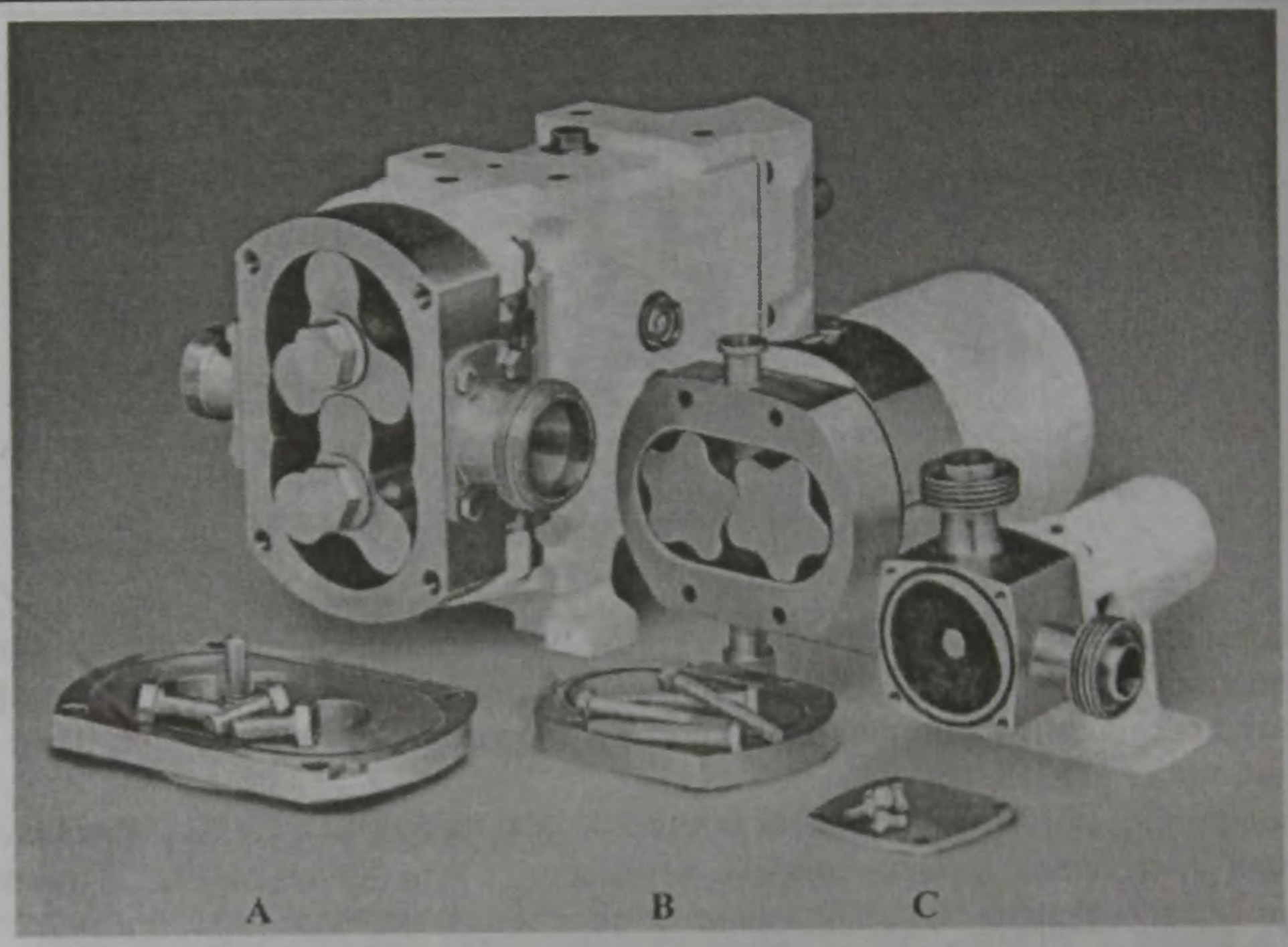


Рис. 3.45. Различные виды роторных насосов *Jabsco*

A — трехлопастной, 24-я серия; B — 5-лопастной ротор, 55-я серия, включающая насосы с серповидными лопастями (на рисунке не показаны); C — гибкое колесо, 28-я серия

Воспроизведено с разрешения *ITT Jabsco*, г. Ходдесдон, Великобритания

3.3.8.5 Мембранный (диафрагменный) насос

Пневматические мембранные насосы используются в производстве йогурта (включая кусочки фруктов) для транспортировки продукта без повреждений. Типичный образец такого насоса приведен на рис. 3.46 (*L*-серия). Насос изготовлен из отполированной до зеркального блеска нержавеющей стали и предназначен для мойки и дезинфекции. Механический мембранный насос больше пригоден в качестве дозировочного насоса, так как в пневматическом насосе на выходе имеются пульсации давления, и мощность меняется с изменением давления продукта, поскольку давление воздуха поддерживается постоянным [34].

В принципе пневматический мембранный насос является объемным насосом двухкратного действия с двумя насосными камерами (рис. 3.46).

Требуемый для работы устройства сжатый воздух поступает поочередно через распределительный клапан за мембранами; мембрана отделяет йогурт от воздуха. Когда мембрана возвращается, в насосе создается вакуум, и продукт поступает в камеру. Одновременно с этим объем противоположной камеры уменьшается, и йогурт выпускается через верхний шаровой клапан (см. рис. 3.46). Общий шток поршня (плунжера) (см. большие стрелки на рис. 3.46) соединяет две мембраны вместе. Поскольку давление в секции сжатого воздуха и в насосных камерах одинаково в течение каждого такта, сами мембраны не подвергаются действию большого перепада давлений и служат в течение длительного времени.

Рис. 3.46. Пневматический мембранный насос *DEPP* (серия *L*)
Воспроизведено с разрешения *Alfa Laval Pumps*, г. Истбурн, Великобритания

3.3.8.6 Перистальтический насос

Насос этого типа состоит из трех частей — гибкой пластмассовой трубы, изогнутого канала, в котором находится эта труба, и двигателя, приводящего в движение ролики, которые, в свою очередь, пережимают трубу, проталкивая по ней жидкость. Действие ролика создает также мощное всасывание или вакуум в трубе, и в результате жидкость втягивается на место среды, продвинутой по трубе. Скорость потока определяется скоростью ролика и внутренним диаметром гибкой пластмассовой трубы. По [34] объем между роликами равен половине объема, перемещаемого за оборот. Таким образом, продукт поступает на выход при обороте, и в то же время такое же количество всасывается на стороне впуска насоса.

Этот тип насоса также называют шланговым насосом, и, хотя он может быть использован для транспортировки продукта, в производстве йогурта он чаще применяется в ходе производства густого (с ненарушенным сгустком) ароматизированного йогурта и/или питьевого (жидкого) йогурта для точного измерения в потоке содержания в перерабатываемом молоке красителей и/или жидких (ароматизирующих) экстрактов. Поскольку этот тип насоса является самовсасывающим, он пригоден также для опорожнения резервуаров.

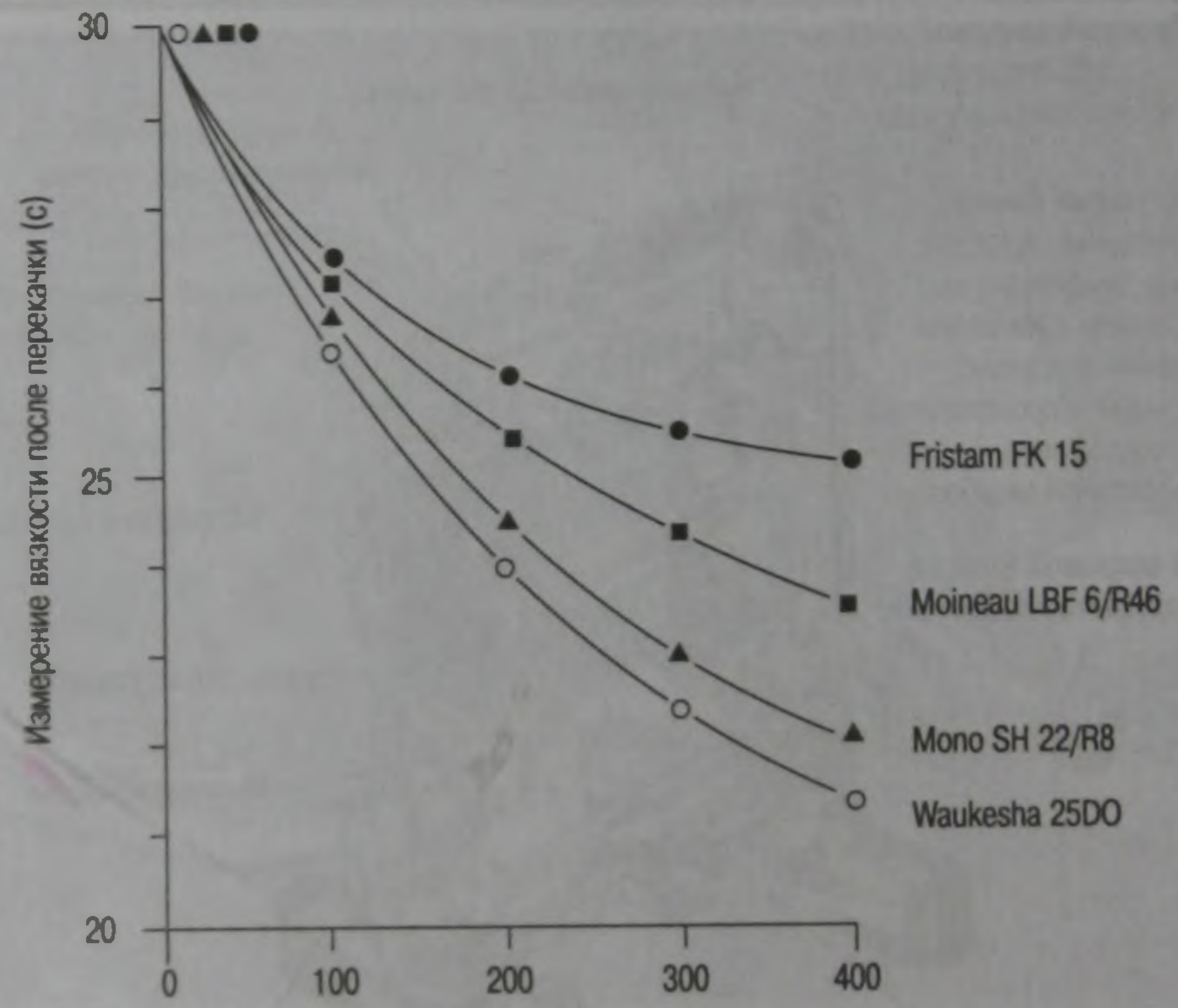


Рис. 3.47. Влияние перекачивания на вязкость йогурта

Измерения вязкости проводились с помощью воронки Постгумуса (см. [59]) и противодавление было равно 0 МПа.

По [155].

В линии производства йогурта можно использовать различные типы насосов, причем для правильного выбора насоса, предназначенного для выполнения определенной функции, необходимо учитывать ряд взаимосвязанных факторов, а именно:

- длину и диаметр труб, соединяемых с насосом на сторонах всасывания и нагнетания;
- количество и типы установленных фитингов (колен, тройников и клапанов);
- типы используемых измерительных/смешивающих устройств;
- данные фирмы-изготовителя по пластинчатым/трубчатым охладителям, предназначенным для охлаждения сгустка;
- ограничения, накладываемые технологической линией, например, наличие встроенных мешалок, фильтров или структуризаторов (подробнее об этом см. ниже);
- параметры продукта, которые могут включать: а) содержание в молоке/йогурте СВ; б) влияние на продукт эффекта сдвига; в) конечная вязкость йогурта; г) способность продукта выдерживать перекачивание под высоким давлением; д) вид продукта, например уровень кислотности, присутствие твердых частиц (кусочков фруктов) и е) тип потока жидкости в системе (например, для йогурта — ламинарный поток, $R < 2000$);
- общие потери давления в системе.

К сожалению, в литературе имеется недостаточно данных по возможным повреждениям, которые могут возникнуть при перекачивании сгустка, однако влияние перекачивания на вязкость йогурта (рис. 3.47) описано в классическом исследовании [155] и сделан вывод о том, что важны:

- скорость насоса;
- форма и тип колеса насоса;
- противодавление в линии обработки.

Из рис. 3.47 видно, что минимальные снижения вязкости имеют место, когда скорость насоса поддерживалась на уровне 100 об/мин; при этом потери вязкости варьируют от 8,3 до 11,7% в зависимости от типа применяемого насоса. При постепенном увеличении скорости насоса от 100 до 400 об/мин происходит повреждение структуры сгустка, так что при необходимости увеличения производительности рекомендуется выбирать насос с большим объемом перекачивания за один такт, а не увеличивать скорость насоса.

Возникновение противодавления в любой установке для йогурта зависит от многих факторов – например, типа и количества фитингов, конструкций трубопроводов и/или теплообменников, и чем больше противодавление в системе, тем ниже вязкость йогурта после перекачивания. Этот эффект показан в табл. 3.3.

Тем не менее на этапе безразборной мойки оборудования (CIP) необходима высокая скорость потока, и поэтому насосы, используемые между резервуарами для сквашивания и фасовочными агрегатами, должны иметь переменную скорость.

В работе [119] показано, что для обеспечения оптимального качества продукта важны правильный выбор и конструкция пластинчатых или трубчатых охладителей.

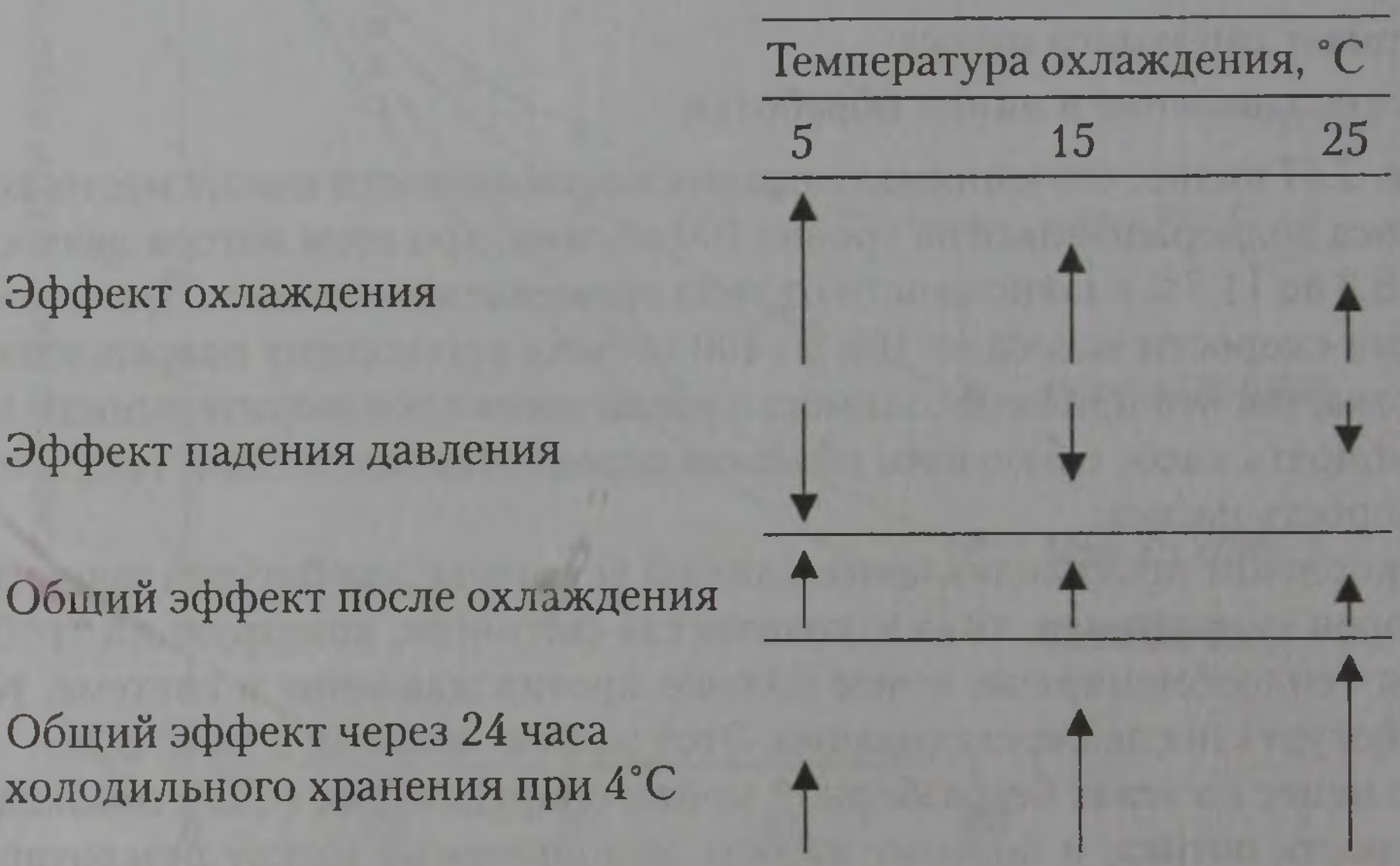
Эти охлаждающие устройства должны быть сконструированы в расчете на низкую скорость продукта, так как это дает небольшое сдвигающее усилие и малое падение давления. Это может свести к минимуму вызываемые насосом механические повреждения, поскольку общее давление в системе при этом ниже. Например, использование ледяной воды как охлаждающего агента не рекомендуется, потому что при этом в каких-то местах может быть достигнута низкая температура продукта, что

Таблица 3.3. **Уменьшение вязкости йогурта в зависимости от противодавления**

Давление, МПа	Скорость насоса, об/мин	Вязкость		
		Исходная, с	После перекачивания, с	Падение вязкости, %
0,0	100	60	51,0	15,0
0,1	100	60	47,5	20,8
0,2	100	60	45,0	25,0

Тип насоса – *Waukesha 25 DO*. Измерения вязкости проводились с помощью воронки Постгумуса (см. [59]). Данные по [155].

увеличивает вязкость и, в конечном счете, замедляет или совсем блокирует поток. Поэтому йогурт частично охлаждают, смешивают с фруктами и, наконец, фасуют. Температура охлаждения влияет на конечную вязкость продукта следующим образом:



Несмотря на все меры предосторожности, механическая транспортировка сгустка в конечном счете снижает его вязкость, в связи с этим рекомендуется:

- обогащение молока для йогурта для повышения СМО;
- добавление стабилизаторов (в некоторых странах это запрещено);
- использование экзополисахаридных (ЭПС) культур заквасок;
- исключение перемешивания сгустка в резервуарах для сквашивания;
- частичное охлаждение йогурта перед смешиванием с фруктами и фасовкой.

3.3.9 Различные фитинги

Различное оборудование линии по производству йогурта соединяется трубопроводами, фитингами (коленчатыми патрубками, тройниками, трубными муфтами и т. д.), клапанами и (иногда) фильтрами. Прохождение йогурта через эти многочисленные части установки может вызывать нарушения структуры сгустка. Где и как возникают эти нарушения, описано ниже.

3.3.9.1 Трубопроводы

При медленном перекачивании йогурта поток через трубопроводы можно считать ламинарным. Тем не менее на поток могут влиять и другие факторы, а именно:

- длина и диаметр трубопровода;
- шероховатость (степень обработки) внутренней поверхности трубопровода;
- колебания скорости жидкости.

Мы поставляем в Россию

КОМПРЕССОРЫ

более 90 лет

Воздушные компрессоры для пищевой промышленности

Системы подготовки сжатого воздуха

Воздушные компрессоры и системы подготовки воздуха производства шведского концерна Atlas Copco хорошо известны на предприятиях России благодаря своей исключительной надежности, минимальному электропотреблению и простоте эксплуатации. Основываясь на более чем 100-летнем опыте разработки, производства и продаж, Atlas Copco предлагает российским предприятиям:

- поставку компрессорного оборудования, включая проектные и монтажные работы, согласование с надзорными организациями;
- гарантийное и сервисное обслуживание;
- продажу запасных частей и расходных материалов со склада в Москве;
- консультации по оптимизации компрессорной системы предприятия;
- энергосберегающие технологии.

Оборудование Atlas Copco уже используется на большинстве предприятий России, производящих йогурты и другие кисломолочные продукты.

ЗАО "Атлас Копко"
127015, Россия, Москва, ул. Вятская, д. 27, стр. 14
тел.: (095) 933-55-50, факс: (095) 933-55-60

www.atlascopco.ru

Atlas Copco

«Сыроделие и маслоделие»
Отраслевой научно-производственный журнал
Издается с 1998 г.
Периодичность - 6 номеров в год.
Индекс в каталоге «Роспечать» 47348

Реклама в наших изданиях - это прямой путь к потребителям Вашей продукции

«Все о молоке, сыре и мороженом»
Еженедельная газета
Издается с 1998 г.
Периодичность - 12 номеров в год.
Индекс в каталоге «Роспечать» 32261.

Вместе с журналом Вы получаете достоверную информацию о состоянии продовольственного рынка различных регионов России и зарубежья, новейших технологиях, современном оборудовании, новых видах продукции

«Молочная промышленность»
Старейший научно-производственный журнал отрасли
Его первый номер под названием «Молочное хозяйство» вышел в 1902 г.

Адрес редакции: 107966, Москва, Садовая-Спасская, 18.
Телефоны/факсы: (095) 207-20-50, 975-16-14, телефон: (095) 207-11-76.
http://www.d2d.ru.
E-mail: moloprom@mtu-net.ru.

Таблица 3.4. **Влияние транспортировки йогурта по трубопроводам на его вязкость**

	Йогурт I (исходная вязкость) 30 с			Йогурт II (исходная вязкость) 40 с		
Длина трубы, м	**10**	**20**	**30**	**10**	**20**	**30**
	Снижение вязкости, с					
Диаметр трубы, см						
3,81	10	14	17	17	22	24
5,08	6	9	12	11	16	20
6,35	3	5	8	6	10	14
7,62	1	4	6	2	8	11

Скорость потока – 3600 л/ч. Измерения вязкости проводились с помощью воронки Постгумуса (см. [59]. По [156].

Влияние длины и диаметра трубы на вязкость йогурта описано в работах [155, 156], и некоторые из полученных данных представлены в табл. 3.4.

Эти данные позволяют сделать следующие выводы: а) если скорость и диаметр трубы постоянны, снижение вязкости йогурта пропорционально длине трубы и б) если скорость и длина трубы постоянны, то чем больше диаметр трубы, тем меньше нарушение структуры сгустка.

Поэтому между резервуарами сквашивания и фасовочными автоматами рекомендуется устанавливать трубы большого диаметра, при этом соединения должны быть как можно короче.

3.3.9.2 Фитинги

Фитинги, клапаны и другие препятствия в технологической линии могут нарушать течение потока йогурта, и, как следствие, влиять на вязкость продукта. В работе [156] проведена оценка влияния различных фитингов и отмечено снижение вязкости йогурта на 0,2–20 с (исходная вязкость продукта составляла 30 с при измерении с помощью воронки Постгумуса), что эквивалентно ухудшению структуры йогурта на 0,7–67% соответственно. Наиболее сильно нарушалась структура сгустка там, где из-за фитингов уменьшался диаметр трубопровода. Если такие фитинги не использовались, снижение вязкости было минимальным.

3.3.9.3 Сита, фильтры или структуризаторы

Одним из дефектов, возникающих иногда при производстве йогурта с нарушенным сгустком, является появление неразрушаемых (плотных) частиц, называемых комками (зернами, гранулами и т. п.), то есть неоднородность консистенции, так называемая комковатость продукта. Природа и/или происхождение этих комков не до

конца ясны (см. [144]). Этот дефект может быть устранен за счет точного поддержания температуры сквашивания молока (42 °С) без механического вмешательства во время коагуляции (свертывания). Другой подход заключается в разрушении комков путем прокачивания сгустка через сетку из нержавеющей стали. Это препятствие в трубопроводе влияет на вязкость йогурта, однако достоинством такого подхода является формирование однородного сгустка без комков [117]; к сожалению, в этой работе не приводятся данные по снижению вязкости.

Одно из подобных устройств, называемое структуризатором, показано на рис. 3.48.

На производстве для разрушения комков теплый сгусток прокачивают через фильтр. В патенте [55] описано, как сгусток йогурта прокачивают через фильтр для удержания частиц > 1 мм в диаметре, затем пропускают через перфорированную пластину (фильтр) и охлаждают до 5–10 °С в пластинчатом теплообменнике, после чего продукт готов для фасовки. Подобный тип устройства с перфорацией или сита описан в работе [51]. Следует учитывать, что прокачивание через такой фильтр холод-

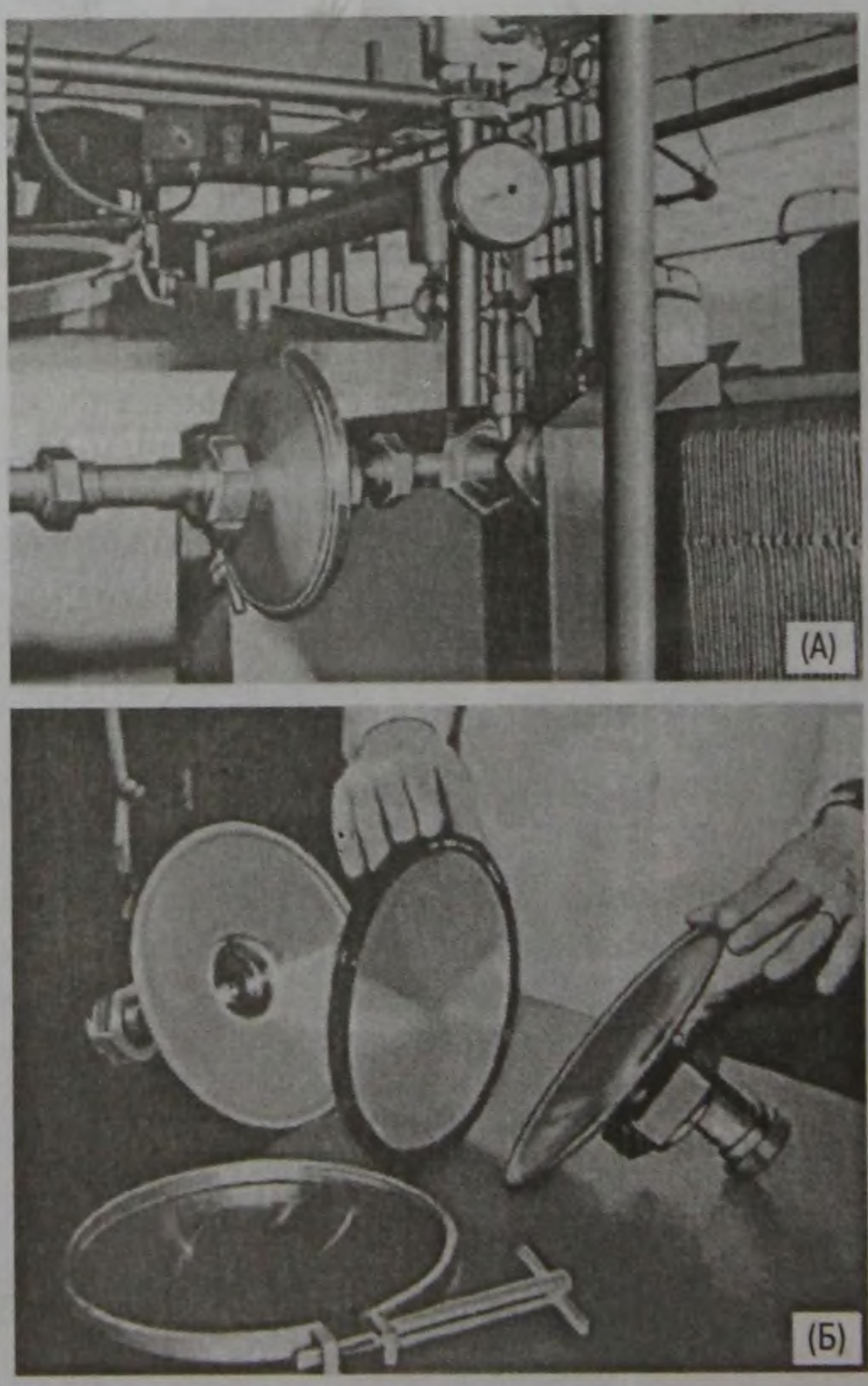


Рис. 3.48. (А) — «Структуризатор» *Tetra Pak* в технологической установке для производства йогурта; (Б) — то же устройство в разобранном виде

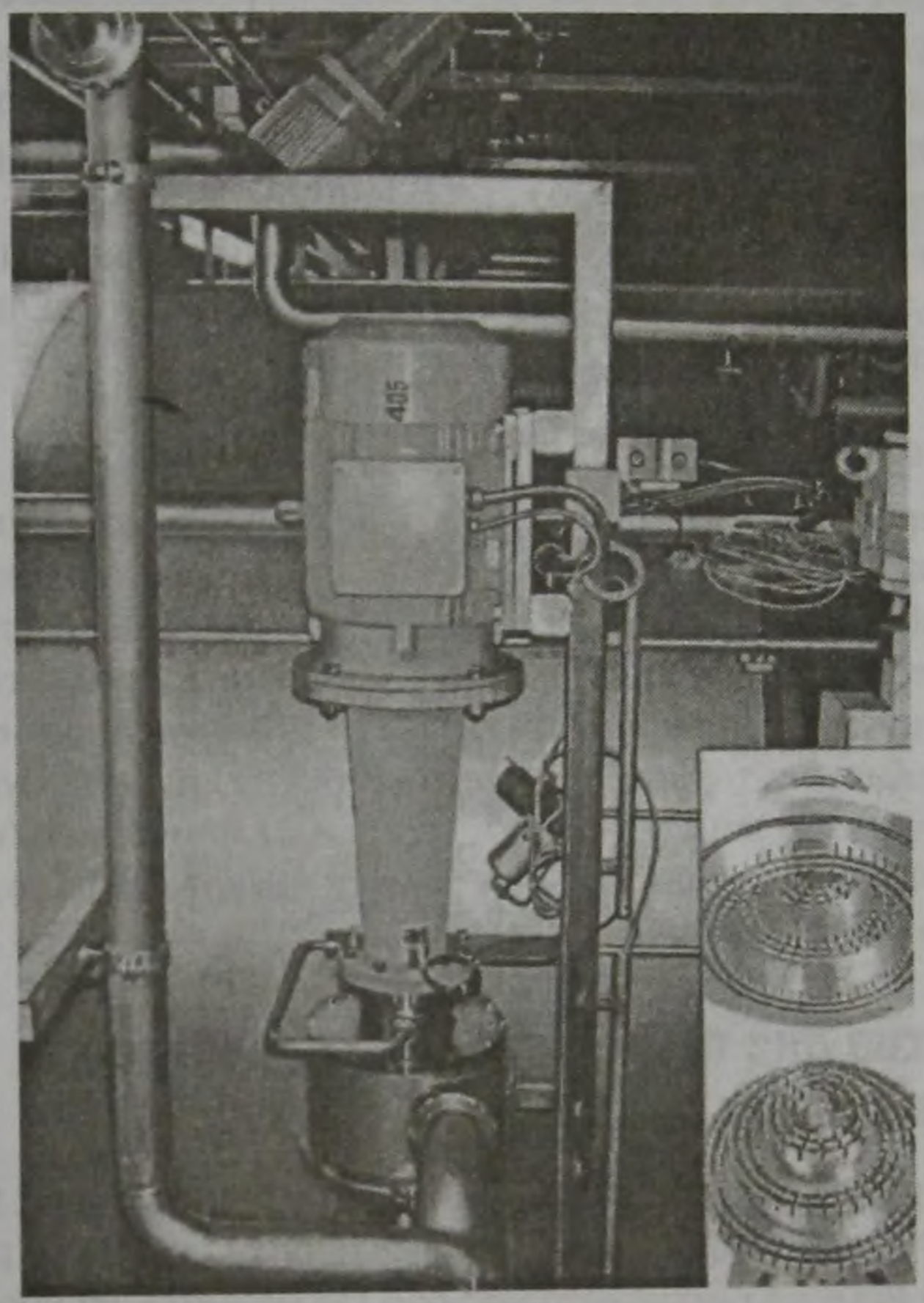


Рис. 3.49. Общий вид аппарата *Ytron®-Z «Yoghurt –Stretching»™* («растягивание йогурта») в установке по выработке йогурта

Примечание: на врезке справа внизу показана лабиринтная конструкция ротора-статора
Воспроизведено с согласия *YTRON Process Technology*, г. Бернау-ам-Шимзее, Германия

ного йогурта существенно влияет на вязкость продукта, поскольку для создания необходимого потока требуется высокое давление.

3.3.9.4 Аппарат Ytron®-Z

Аппарат (рис. 3.49) был разработан в Германии.

В этом аппарате сгусток йогурта для достижения его однородности подвергается очень кратковременному и интенсивному (ударному) проталкиванию (сдвигу). Вязкость йогурта улучшается благодаря механическому воздействию *Ytron®-Z*, вызывающему растягивание белковых молекул. Таким образом, выражение «*Yoghurt–Stretching*»™ («растягивание йогурта») связано с фирмой *Ytron®*, причем подобный эффект обладает следующими достоинствами:

- стабильность геля улучшается, и продукт по консистенции напоминает творожок или «кварг»;
- полное исключение синерезиса и образования комков, однородность продукта;
- содержание белка в молочной основе может быть снижено на 0,2 г/100 г.

Эффект «растягивания йогурта» достигается в аппарате, состоящем из ротора и статора, который сконструирован из зубчатых ограждений с постепенно увеличивающейся шириной щелей (см. врезку на рис. 3.49). Оптимальный результат обеспечивается соответствующим выбором скорости ротора, размерами ширины щелей в конструкции ротор-статор и количеством установленных блоков Ytron®-Z. Прохождение йогурта через лабиринт ротор-статор обеспечивает устойчивое воздействие на реологические свойства продукта (см. также [18, 24]).

3.3.9.5 Вискозиметр, работающий «он-лайн» (в потоке)

Непрерывные измерения вязкости при производстве кисломолочных продуктов могут быть использованы для контроля реологических свойств продукта. В работе [128] описан датчик с вибрирующим стержнем для определения вязкости в биореакторе при производстве ксантановой камеди и кисломолочных продуктов. Сигналы датчика при возрастании вязкости продукта снижаются нелинейно — если такие датчики установить в различных точках технологической линии, они будут фиксировать изменения реологических свойств продукта при перекачивании и/или в других операциях, которые могут вести к снижению вязкости йогурта, однако дополнительных данных по этому вопросу опубликовано не было.

3.3.10 Устройства для транспортировки фруктов и смешивания их с йогуртом

Охлажденный (например, до 20 °С) или холодный (например, при 10 °С) йогурт перед дальнейшей обработкой (то есть перед добавлением фруктов и расфасовкой) поступает в резервуар промежуточного хранения, где остается на короткое время или на ночь. При использовании таких резервуаров необходимо учитывать следующее:

- температура йогурта может поддерживаться в них постоянной, поскольку они теплоизолированы;
- в случае сбоя на другом участке предприятия по производству йогурта эти резервуары могут служить в качестве буферных емкостей;
- ночное хранение йогурта в промежуточных резервуарах может создать достаточный резерв продукта для начала фасовки с самого утра (чтобы машины не простаивали до поступления свежеприготовленного йогурта).

На этом участке технологической линии необходимо оборудование для транспортировки фруктов и смешивания их с йогуртом, и ниже описаны некоторые возможные установки.

3.3.10.1 Оборудование для транспортировки фруктов

Как отмечалось выше (см. главу 2), подготовленные фрукты, используемые в производстве йогурта, обычно бывают расфасованы в металлические банки, полипропиленовые контейнеры (барабаны или ведра), эластичные пакеты или резервуары из нержавеющей стали.

Широко распространена упаковка фруктов в жестяные банки, особенно на малых и средних предприятиях. Крупные предприятия получают фрукты в металлических

Рис. 3.50. Консервооткрыватель для жестяных банок
Воспроизведено с согласия *D. C. Norris & Company (Engineering) Ltd*, г. Сэнди, Великобритания

банках, только если потребность в них низка, а популярные ароматизаторы (вкусовые добавки) производятся либо на самом молокозаводе, либо поставляются в нерасфасованном виде в бочках из нержавеющей стали. Для растаривания жестяных банок применяются различные типы консервооткрывателей — ручных (рис. 3.50), полуавтоматических или полностью автоматических.

В ручном консервооткрывателе для разрезания жести и удаления крышки используется электромотор или сжатый воздух. На рис. 3.50 показан пневматический консервооткрыватель модели 150 с полностью закрытым ножом для безопасной работы и двойной цепью аварийной блокировки для работы двумя руками. Такое устройство полностью и без стружки удаляет металлическую крышку за 2 с, его легко чистить.

На основе консервооткрывателя модели 150 может быть построена полуавтоматическая линия для открывания консервных банок. Оборудование такой линии должно включать:

- загрузочный стол;
- роликовый механизм подачи (конвейер);
- устройства мойки и пневматической сушки банок;
- стойку консервооткрывателя;
- секцию выгрузки с поддоном для стока жидкости из продукта или без поддона;

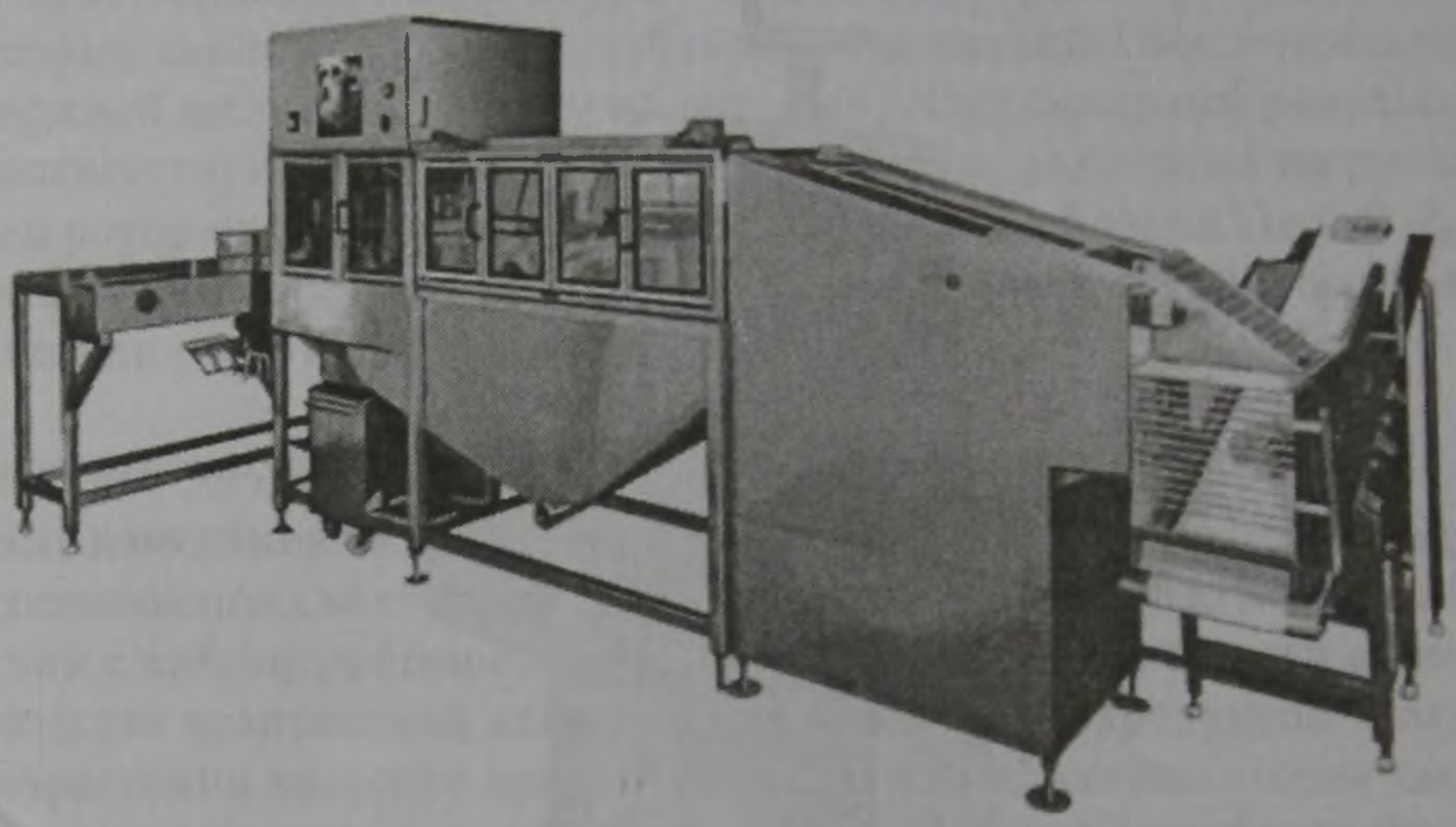


Рис. 3.51. Общий вид автоматической системы для открывания консервных банок
Воспроизведено с согласия *D. C. Norris & Company (Engineering) Ltd.*, г. Сэнди, Великобритания

- устройство ополаскивания банок;
- насос для подачи продукта;
- тележки для продукта, пустых банок и крышек;
- магнитные ловушки.

Полуавтоматический консервооткрыватель позволяет достичь производительности 1000 банок в час, а полностью автоматизированный — до 2500 банок в час (рис. 3.51). Полностью автоматизированная модель обладает всеми характеристиками, перечисленными выше, включая автоматическое переворачивание и опорожнение банок, регулируемую водораспылительную форсунку для промывки банок изнутри после извлечения фруктов и устройство для автоматического сплющивания банок. Эта модель изготавливается из нержавеющей стали, предназначенной для работы в агрессивной среде; устройство полностью защищено от попадания воды для облегчения мойки и пригодно для безразборной мойки (CIP).

Фрукты в пластиковых контейнерах могут быть растарены и добавлены вручную, но если ингредиенты поступают в резервуар из нержавеющей стали, обычно их дозируют прямо в йогурт непосредственно перед расфасовкой. В некоторых линиях обработки йогурта фрукты помещают на наклонный стол из нержавеющей стали и перед смешиванием их с йогуртом проверяют на отсутствие каких-либо растительных остатков (стеблей и/или листьев). В качестве дополнительной меры предосторожности фрукты могут также подвергаться контролю на металлические примеси с помощью магнитных сепараторов. При использовании такой системы перед смешиванием фруктов с йогуртом необходимо принимать меры предосторожности для сведения к минимуму возможности их загрязнения.

3.3.10.2 Оборудование для смешивания фруктов с йогуртом

На крупных предприятиях по производству йогурта фрукты смешивают с продуктом периодически или непрерывно. Смешивание вручную может быть использова-

но при получении ароматизированного йогурта в небольших объемах [146]. Примеры оборудования для смешивания фруктов/йогурта приведены ниже.

Смешивание вручную. Данный метод смешивания фруктов с йогуртом показан на рис. 3.7, *5*. Параллельно используются два резервуара, в каждом из которых требуемое количество фруктов добавляется к определенному объему йогурта, медленно перемешиваемого с помощью мешалки, а готовая смесь перекачивается в фасовочные машины. Когда один резервуар опорожняется, второй подготавливается так, что процесс может стать практически непрерывным.

Периодическое смешивание. Этот подход подобен в принципе описанному выше, за исключением того, что объем смеси больше и, следовательно, фрукты и йогурт дозируют в резервуар, смешивают, а затем перекачивают в фасовочный автомат. В этом случае процесс становится практически непрерывным с помощью установки двух параллельных резервуаров.

Непрерывное смешивание. Устройство смешивания (миксер) фруктов и йогурта непрерывного типа включает три различных блока: во-первых, дозатор для подачи в линию йогурта необходимого количества фруктов, во-вторых, дозатор для отмеривания необходимого количества йогурта и, в-третьих, смесительную камеру, обеспечивающую равномерное распределение фруктов в йогурте. На рынке имеются различные виды подобных непрерывных смесителей (см. также [134, 169]). Основные требования к подобным устройствам сводятся к следующему:

- качественное смешивание фруктов и йогурта;
- минимальное повреждение структуры сгустка;
- точность дозатора фруктов должна позволять смешивать с йогуртом различные фрукты в необходимой пропорции;
- простая разборка для очистки или пригодность для мойки CIP;
- все поверхности, вступающие в контакт с продуктом, изготовлены из высококачественной нержавеющей стали.

Ниже описаны некоторые виды непрерывных смесителей фруктов и йогурта, удовлетворяющие этим требованиям.

Смесители, стационарно располагаемые в технологической линии. Молочную промышленность обеспечивают различными конструкциями смесителей этого типа многие фирмы. Типичный образец такого смесителя представлен на рис. 3.52 и состоит из трубы, изготовленной из нержавеющей стали с несколькими приваренны-

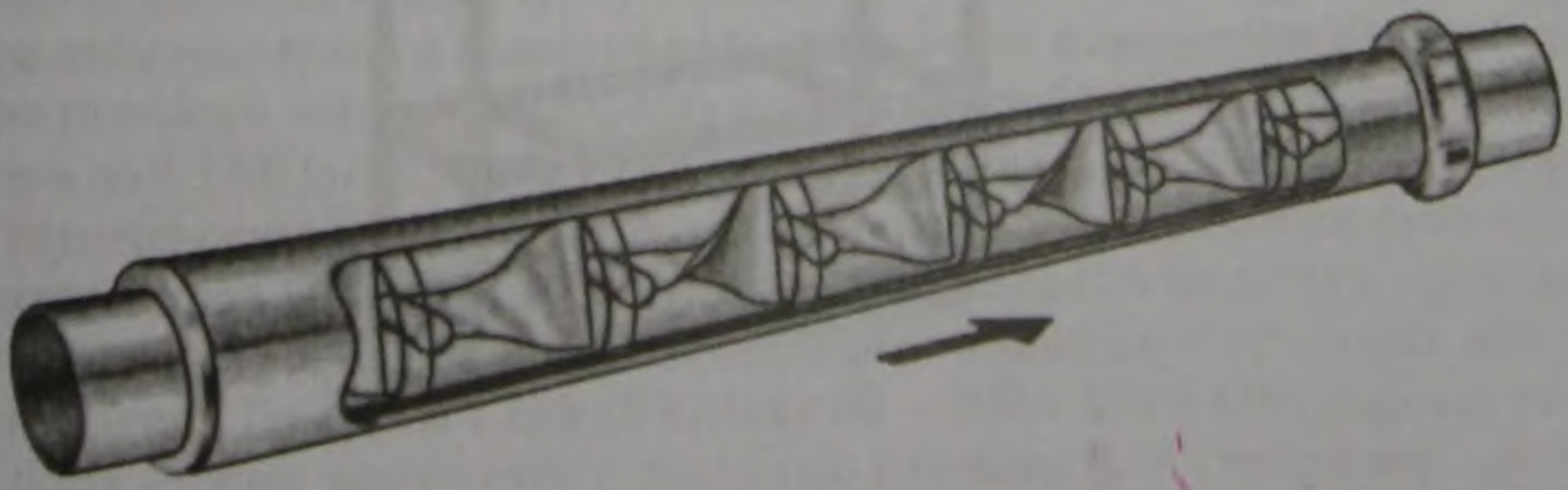


Рис. 3.52. Пример поточного смесителя, встроенного в трубопровод
Воспроизведено с согласия *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г Лунд, Швеция.

ми изнутри винтовыми лопастями. На практике стационарный смеситель по возможности встраивают в продуктовый трубопровод (см. рис. 3.36 (*11*)), где фрукты дозируются из резервуара в поток йогурта. Равномерное распределение фруктов в сгустке обеспечивается движением йогурта/фруктов через изогнутые лопасти смесителя. Характеристики подобных устройств: а) скорость потока – до 10 000 л/ч; б) диаметр трубы до 6,35 см; в) длина смесителя – 75–115 см и г) количество лопастей – до 10. Хотя санитарная обработка таких устройств может осуществляться с помощью системы безразборной мойки CIP, обычно рекомендуется перед началом программы CIP разбирать и ополаскивать их.

Портативный блок подачи фруктов (*Clarendon*), снабженный стационарным смесителем, работающим в потоке, приведен на рис. 3.53. Такой блок может работать при подаче до 250 л/ч, и его лопастной насос с гибкими лопастями точно дозирует фрукты в йогурт. Для точного регулирования объема дозируемых фруктов в шкафу управления может быть установлено устройство резки; при этом потоком на выходе можно легко управлять с помощью рифленой ручки на передней панели шкафа управления. Дополнительно может устанавливаться головка с шестью соплами (подобная применяемой при изготовлении мороженого), которая позволяет эффективно вводить в йогурт фрукты и ароматизаторы.

Габариты этого компактного блока – 75 × 35 × 100 (высота) см. В более крупных установках типа *AutoBlend*®, поставляемых компанией *Bran Luebbe*, точно и непре-

Рис. 3.53. Внешний вид насоса *Clarendon* для подачи фруктов со встроенным смесителем
Воспроизведено с согласия *Clarendon Food & Dairy Equipment*, г. Лернинг Спа, Великобритания.

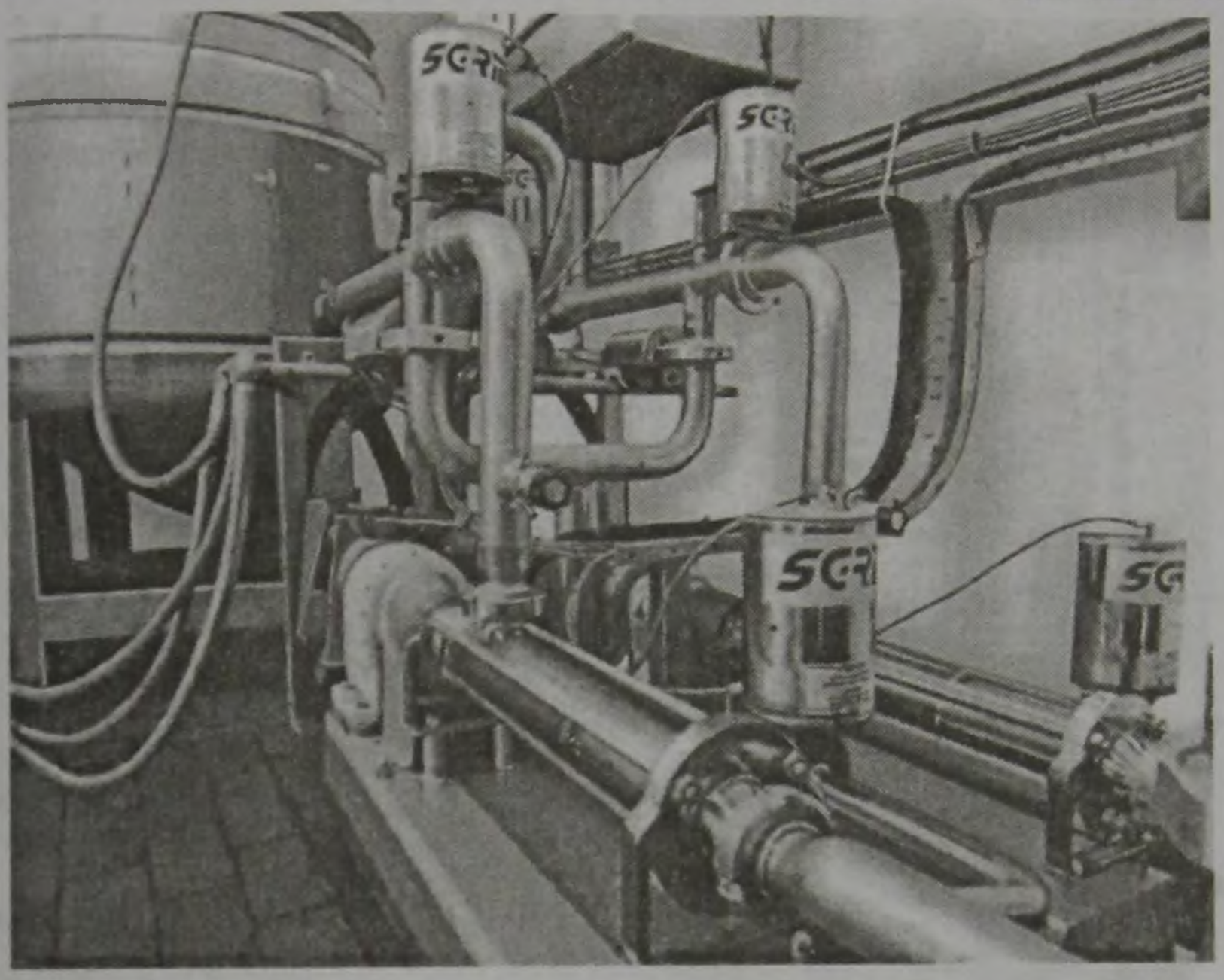


Рис. 3.54. Использование винтового насоса для дозирования фруктов из резервуара в линию по производству йогурта

Воспроизведено с разрешения *Allweiller Pumps*, г. Пул, Великобритания.

рывно дозируются фрукты и йогурт, которые превращаются в однородную смесь с помощью стационарного, встроенного в линию смесителя.

Как указывалось ранее (см. раздел 3.3.8), для дозирования широко используются винтовые насосы, например, фирмы *Allweiller*. На рис. 3.54 показано перекачивание подготовленных фруктов из резервуара в линию производства йогурта (см. также [27]).

Gasti DOGAmix 60. Этот блок (фирмы *Benz & Hilgers GmbH*, Германия) состоит из двух питающих насосов, которые подают сквашенную молочную основу и фрукты в смесительную камеру (рис. 3.55). Максимальная производительность насоса для сгустка составляет 60 л/мин, а производительность насоса для фруктов регулируется для обеспечения необходимого соотношения фруктов и йогурта в смеси (от 1 : 5 до 1 : 20); точность дозирования составляет ±0,5%. Сквашенная молочная основа и фрукты подаются через общую трубу в смесительную камеру, снабженную мешалкой. Смесь при этом гомогенна и подается непосредственно в загрузочное устройство (воронку) фасовочного автомата. Скорость подачи смеси йогурта и фруктов при противодавлении до 0,3 МПа составляет 75 л/мин. Бактериальное загрязнение (обсеменение) йогуртовой основы или фруктов при смешивании исключается изолированием движущихся частей DOGAmix (то есть штанг плунжерных насосов и привода динамической мешалки) от окружающей атмосферы с помощью стерильных воздушных камер (колпаков). Габариты *Gasti DOGAmix 60* – 100 × 115 × 110 (высота) см.

Этот блок можно промывать с помощью станции CIP (например, раствором 1–2 г/100 мл каустической соды при 80 °С или 1–2 мл /100 мл азотной кислоты при 80 °С) и стерилизовать паром при 140 °С; последнее может быть удобно для исклю-

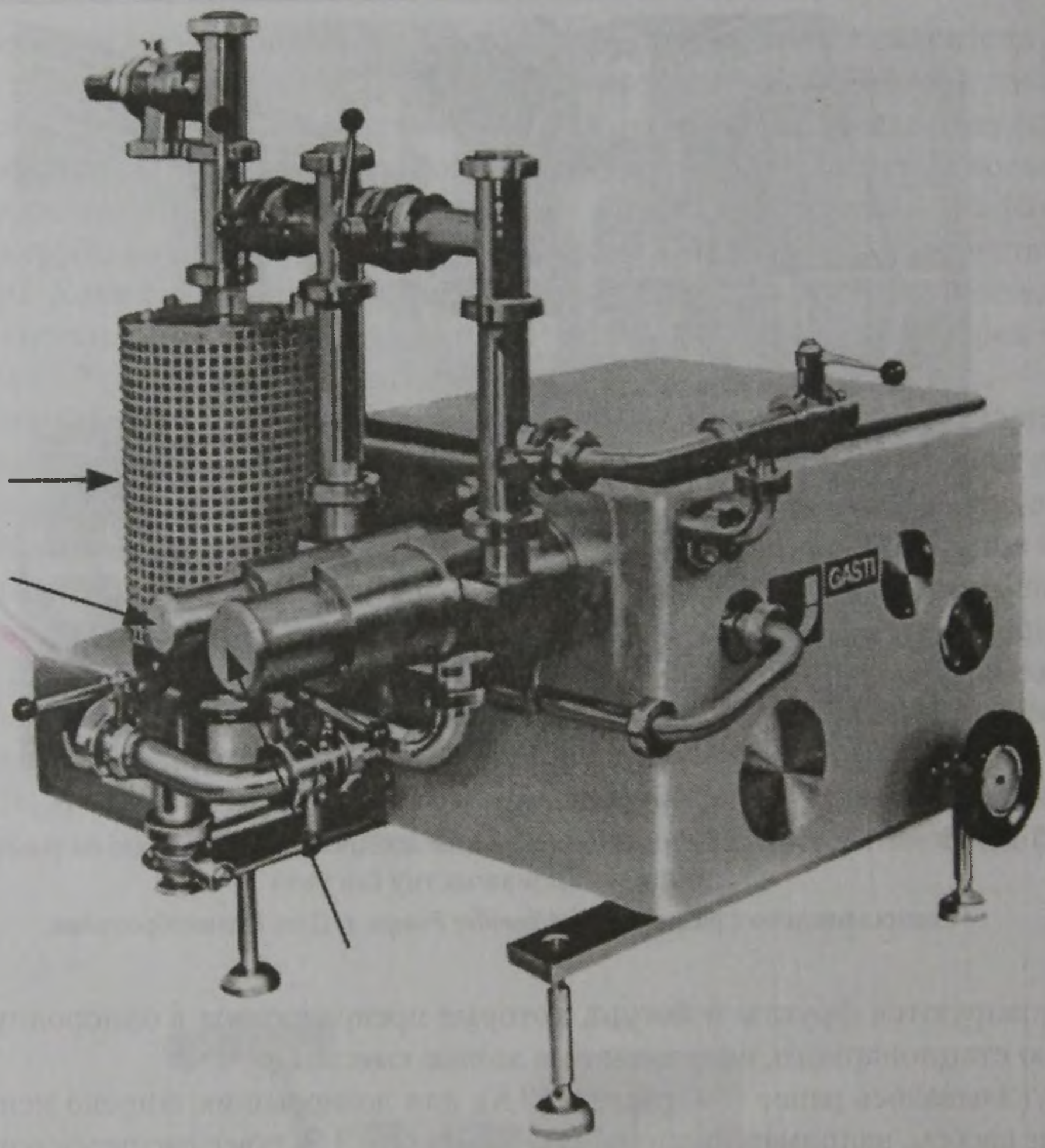


Рис. 3.55. Вид аппарата *Casti DOCAmix 60*

1 – насос для йогурта; *2* – насос для фруктов; *3* – смесительная камера с мешалкой.
Воспроизведено с разрешения *Jagenberg (London) Ltd*, г Парли, Великобритания.

чения накопления в тех или иных местах дрожжей. Стерилизация воздуха достигается следующим образом:

- сжатый воздух проходит через фильтр с водяным затвором и автоматическим удалением конденсата, а затем через клапан регулирования давления;
- после этого воздух пропускают для удаления нефтяных паров и запахов через второй высокопроизводительный фильтр, включающий: а) слой ткани из боросиликатного волокна и б) фильтр из активированного угля;
- наконец, воздух пропускают через стерильный фильтр как в п. а) толщиной 0,1–1 мкм; этот фильтр стерилизуется паром (давление 0,3 МПа) при температуре до 140 °С.

Смеситель Burtech с динамической петлей. Этот встроенный в линию смеситель выпускается немецкой компанией *Burtech Burgent Technology GmbH*, известной так-

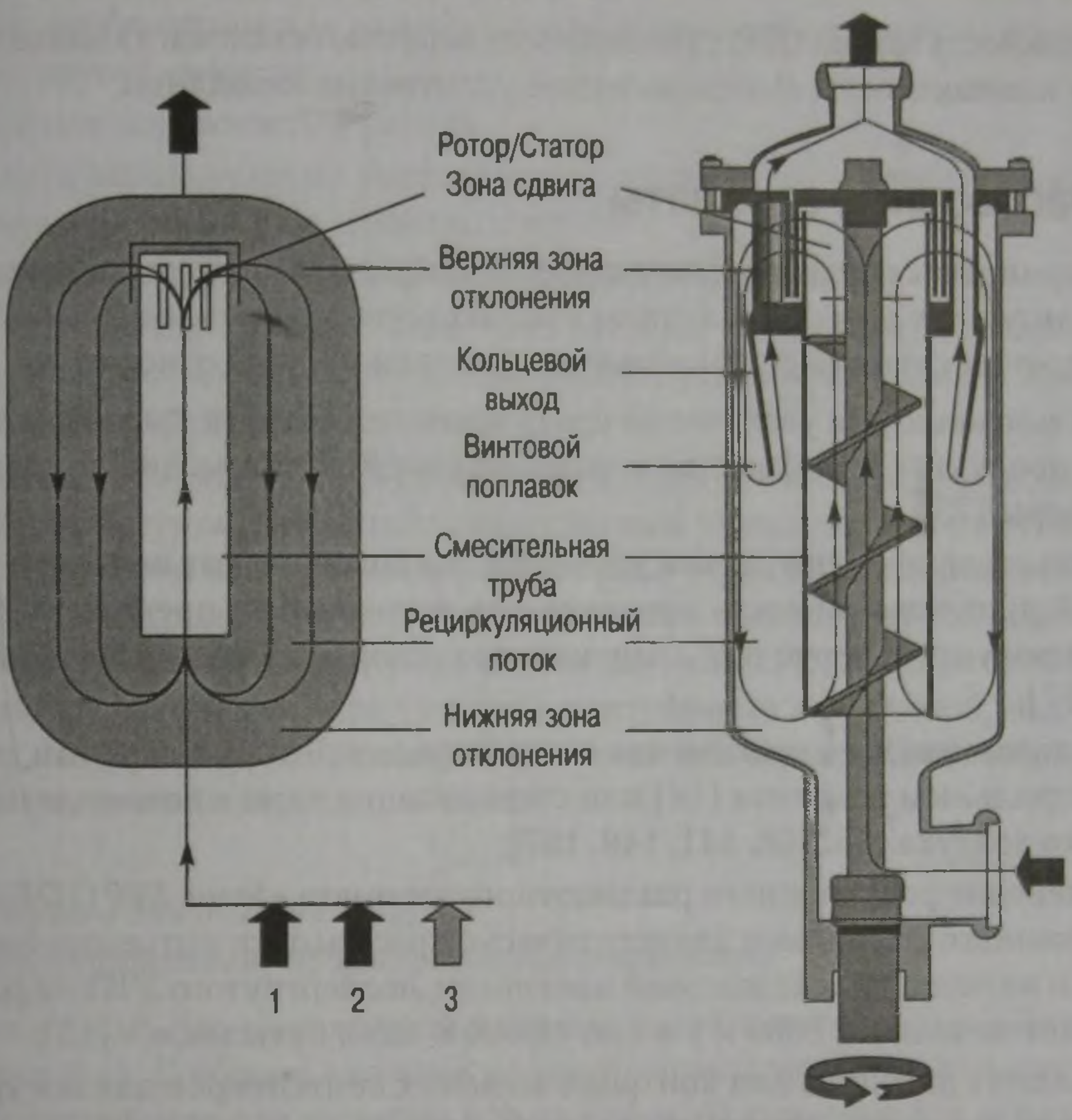


Рис. 3.56. Поперечное сечение смесителя Burtech с динамической петлей
Воспроизведено с разрешения *Burdosa Technology*, Уэмбли, Великобритания.

же как *Burdosa Technology*. Такие смесители (например, *Supramix SLR* или *Unimix SLM*) широко применяются в молочной и пищевой промышленности. *Supramix SLR* предназначен для смешивания с большими силами сдвига, а *Unimix SLM* — для использования в тех случаях, когда для исключения повреждения продукта при смешивании требуются малые силы сдвига.

Поперечное сечение смесителя *Burtech* с динамической петлей показано на рис. 3.56. Принцип его работы заключается в следующем:

- непрерывный поток продукта, состоящего из различных компонентов, подаваемый на вход смесителя, пропускают непосредственно через смесительную камеру, где постоянно движутся йогурт и кусочки фруктов;
- рециркуляция достигается с помощью центральной смешивающей трубы (см. рис. 3.56), в которой находится вращающийся винтовой поплавок, дающий энергию, необходимую для смешивания частиц.

К характеристикам мешалки этого типа относятся: а) герметичность и гигиеничность блока; б) высокая производительность при малом объеме смесительной каме-

ры; в) возможность мойки CIP; г) надежность запуска/останова; д) малое энергопотребление и компактность; е) механическое уплотнение заподлицо.

3.3.11 Фасовочные автоматы

Основы и принципы розлива и фасовки, включая разные виды упаковочных материалов, используемых в промышленном производстве йогурта, подробно описаны в главе 2. К другим существенным аспектам фасовки йогурта относятся:

- использование для увеличения срока хранения йогурта, сыра и других молочных продуктов при фасовке контролируемой и/или модифицированной атмосферы [75];
- использование преимуществ упаковки, защищающей от подделок и повышающей привлекательность продукта для потребителя, препятствующей потерям продукта и порче при хранении, транспортировке и розничной торговле [73, 77];
- использование для наполнения индивидуальной тары йогуртом помещений со стерильным воздухом [14] или стерилизация тары с помощью пара или горячего воздуха [45, 108, 141, 149, 167];
- применение ротационного разливочного автомата «*Serac R2017OE/72A*», оборудованного 24 соплами для асептической расфасовки питьевого йогурта в бутылки из полиэтилена высокой плотности, подвергнутого УВТ-обработке, позволяет наполнять 8000 × 1 л или 11 000 × 0,5 л бутылок в ч [13];
- разработка датчиков для контроля внешних контейнеров для йогурта, позволяющих выявлять, например, дефекты качества печати струйным принтером [166].

В настоящее время у производителей йогурта появился интерес к использованию упаковочных материалов, разлагаемых микроорганизмами (так называемые «экологически чистые стаканчики» («*Eco cups*»), которые за два месяца полностью превращаются в компост [160]. В отрасли наблюдается также тенденция к замене ламинатов из алюминиевой фольги, используемых для герметизации пластиковых стаканчиков пластмассами и для упрощения обнаружения в наполненной таре металлических включений.

На рынке имеется большое число высокопроизводительных фасовочных машин для йогурта, и хотя при выборе того или иного оборудования одним из основных факторов могут стать требуемые затраты капитала, нельзя не учитывать некоторые существенные технические характеристики подобного оборудования, например:

- предлагаемый способ заполнения и укупорки;
- тип применяемой индивидуальной тары;
- возможность ведения фасовки в контролируемой атмосфере;
- желаемая степень автоматизации;
- необходимость соблюдения гигиенических требований (например, все соприкасающиеся с продуктом поверхности должны быть изготовлены из нержавеющей стали и доступны для стерилизации/санитарной обработки);

- время, необходимое для замены одного ароматизатора другим и для перехода к таре другой емкости;
- гибкость и надежность агрегата;
- точность заполнения по массе/объему и исключение подтеков между заполнением отдельных стаканчиков/контейнеров;
- потребляемая мощность и обслуживающий персонал;
- другие характеристики — такие, как наличие возможности датировки, метод подачи стаканчиков, меры защиты (например, исключение дозирования при отсутствии тары).

Не имеет смысла подробно рассматривать здесь все возможные виды разливочных машин для йогурта, но можно с уверенностью утверждать, что почти везде применяются объемные или поршневые (плунжерные) насосы и дозирование осуществляется по объему. Кроме того, большинство разливочных агрегатов снабжены средствами для маркировки (например, «годен до» и дата) и/или устройствами для этикетирования (например, для больших контейнеров с крышкой, надеваемой на горловину с зацеплением за венчик). Некоторые примеры разливочных машин для йогурта мы рассмотрим ниже.

3.3.11.1 Машины для розлива йогурта в предварительно сформированные стаканчики

DOGAtherm 81 CIP. Две модели этой машины выпускаются фирмой *Benz & Hilgers GmbH* (Германия). К общим для этих моделей характеристикам относятся: а) автоматическое устройство для загрузки стаканчиков; б) конвейер для розлива с двумя линиями и восемью головками для розлива; в) укупорка стаканчиков методом термосварки; г) максимальная производительность от 10 до 15 тыс стаканчиков в ч; д) пригодность для мойки в системе CIP.

Агрегат оборудован воздушным колпаком над машиной так, что розлив происходит в контролируемой атмосфере, благодаря чему увеличивается срок хранения продукта. Кроме того, для стерилизации пластиковых стаканчиков и крышек используется ультрафиолетовое излучение, а основной дозатор (с двумя головками для розлива) позволяет дозировать два продукта одновременно. Перед помещением крышки из алюминиевой фольги на заполненный стаканчик для термосварки крышку маркируют, причем можно использовать две зоны маркировки [15].

При небольших объемах выпуска может быть использована модель *FLEXOtherm*. Обе модели могут быть снабжены устройством предварительного розлива для двухслойного заполнения стаканчиков или заполнения двух отсеков тары. Также можно применять крышку многократного использования, надеваемую на горловину с зацеплением за венчик.

Remy 54 volumeter. Этот агрегат может расфасовывать йогурт в 500-граммовые пластиковые контейнеры с термосвариваемыми крышками из фольги. Пластмассовые стаканчики поступают из закрытого магазина, а позиции розлива и укупорки могут быть размещены в камере с ламинарным потоком стерильного воздуха, что снижает загрязнение йогурта. Производительность этого агрегата в зависимости от

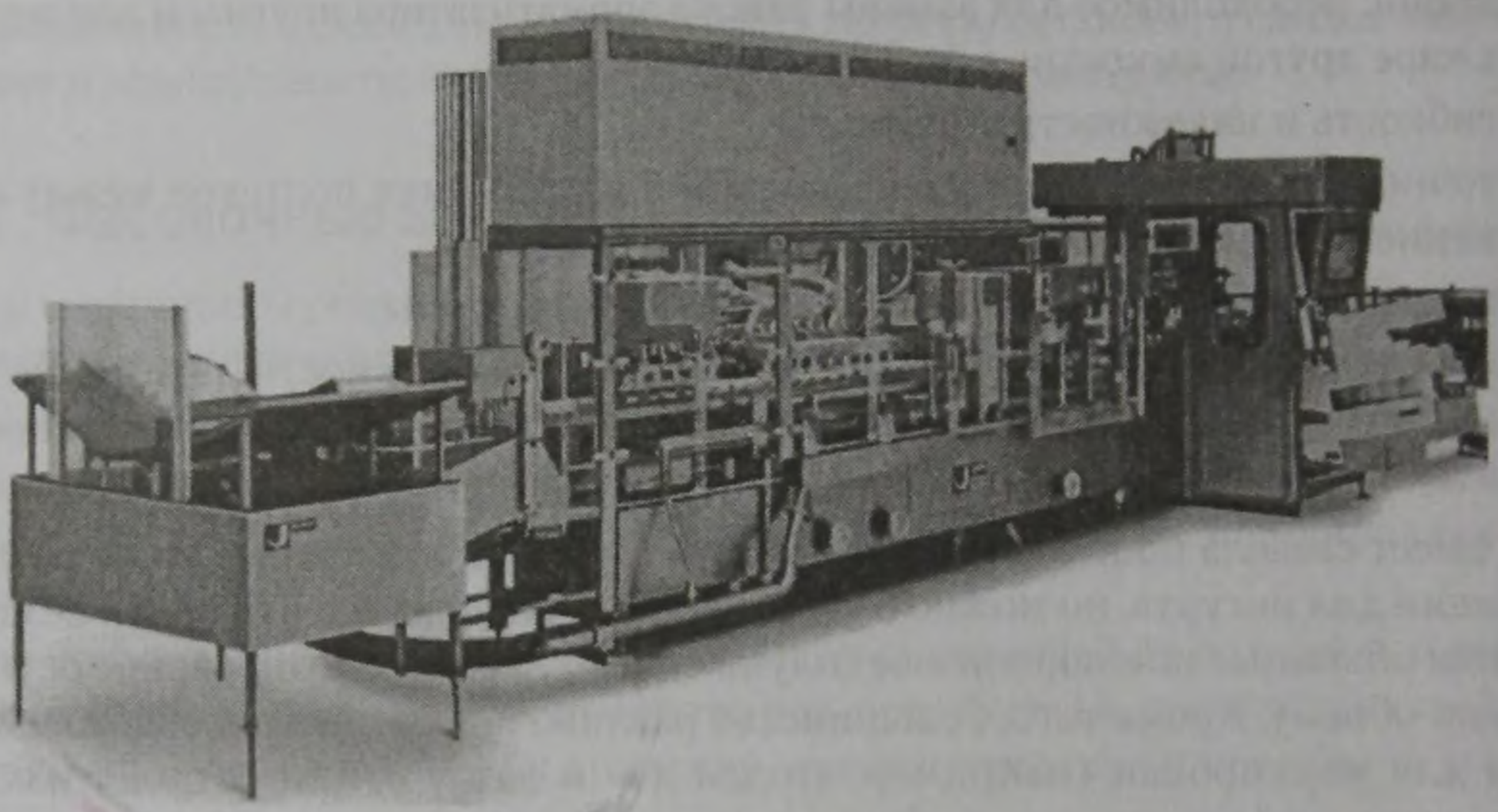


Рис. 3.57. Машина для наполнения стаканчиков *COMBIseptic*
Воспроизведено с разрешения *Jagenberg (London) Ltd.*, г. Перли, Великобритания.

количества линий составляет от 8400 до 16 800 контейнеров в ч; имеется также автоматическое устройство упаковки лотков (поддонов).

COMBIseptic CS 41, 61 & 81. Эти конвейерные машины для розлива (фирмы *Benz & Hilgers GmbH*, Германия) помещены в камеру со стерильным воздухом под избыточным давлением и снабжены герметизирующими дверцами для защиты от паров H_2O_2 или шума (рис. 3.57). Полная линия включает устройство подачи стаканчиков, устройство для подачи/выгрузки лотков, встроенное или отдельное устройство упаковки лотков, устройство укладки на поддон и отдельный пресс для крышек из фольги. Стерилизация упаковочного материала осуществляется с помощью H_2O_2 и/или ультрафиолетовых ламп. Для систем с лампами поставляются кварцевые экраны для максимальной защиты продукта и оператора; этот блок имеет воздушное охлаждение и снабжен защитным ограждением.

Производительность моделей *COMBIseptic* составляет 9, 12 и 15 тыс. стаканчиков в ч соответственно. Тем же изготовителем поставляются модели *CONTItherm*, которые снабжены теми же средствами обеспечения стерильности, что и COMBIseptic, но их производительность составляет от 12 до 19,2 тыс. стаканчиков в ч (модель 82) и от 15 до 25 тыс. стаканчиков в ч (модель 123).

Waldner Dosomat 20. Это полностью автоматическая линия для наполнения стаканчиков производительностью до 60 тыс. упаковок в ч. Машина *Dosomat 20* (фирмы *Hermann Waldner GmbH*, Германия) оборудована устройством автоматической подачи стаканчиков; заполненные стаканчики устанавливаются в лотки или картонные коробки. Машина имеет достаточную длину, чтобы зона наполнения стаканчиков, производственная зона и зона заключительной упаковки были отделены одна от другой, обеспечивая тем самым идеальное расположение с точки зрения соблюдения гигиенических требований.

Для стерилизации стаканчиков используется H_2O_2, однако *в Dosomat 20* вместо распыления H_2O_2 в поток воздуха перекись водорода выпаривается с помощью специального испарителя. Затем выпаренная перекись водорода смешивается с потоком горячего воздуха, который направляется в стаканчики через специальные сопла. Эта система обеспечивает хорошее смачивание поверхностей стаканчиков без образования капель. Другим ее достоинством является то, что поскольку используется оптимальная температура реакции, нет необходимости в излишнем объеме горячего воздуха. Затем стаканчики высушиваются горячим воздухом на трех других позициях, а воздух с H_2O_2, пройдя над катализатором, выпускается наружу.

Все следующие позиции для заполнения и укупорки стаканчиков находятся в герметично изолированной среде, где для сведения к минимуму повторного загрязнения стаканчиков или продукта непрерывно прокачивается стерильный воздух. Дозирующее устройство — это поршень, приводимый в движение выпускными клапанами. Стерильное соединение перед герметично изолированным дозатором с помощью клапанов также исключает его повторное загрязнение даже после длительной работы машины. Для стерилизации крышек из алюминиевой фольги используется ультрафиолетовое облучение; для стерилизации может также использоваться инфракрасное облучение или H_2O_2.

Remy 900 volumeter. Этот тип машины для розлива йогурта поставляется в трех модификациях: чистая с ламинарным потоком, особой чистоты и асептическая. В целом, этот агрегат обеспечивает высокий уровень соблюдения гигиенических требований, в частности:

- имеется автоматический блок загрузки и подачи стаканчиков;
- в варианте для обеспечения особой чистоты стаканчики опыляют H_2O_2, сушат стерильным горячим воздухом, а заполнение йогуртом происходит в ламинарном потоке стерильного воздуха; в асептическом варианте устройство для наполнения снабжено стерильным водяным барьером, и стаканчики и крышки из фольги стерилизуются и подготавливаются к наполнению в стерильной водонепроницаемой трубе;
- крышки присоединяются к стаканчикам с помощью термосварки, после чего заполненные стаканчики подаются в автоматическое устройство упаковки лотков.

Производительность этой машины составляет от 8 до 54 тыс. стаканчиков в ч в зависимости от количества линий розлива. Максимальные диаметры фланцев — 81, 85, 120 и 150 мм. Подобные агрегаты могут быть также использованы для расфасовки йогурта в стеклянные банки.

ILPRA® Fill Seal System. Широкий диапазон машин для заполнения стаканчиков выпускается итальянской фирмой ILPRA SpA из г. Корсо Павиа. Производительность малых машин — 1,5– 6,5 тыс. стаканчиков в ч, больших (модели 10 000 и 20 000) — 11 и 24 тыс. стаканчиков в ч соответственно (рис. 3.58).

Объем дозировки у этих машин составляет от 50 до 500 мл, причем обе могут поставляться в различных вариантах: а) базовом, в котором стаканчики и алюминиевая фольга перед розливом не стерилизуются; б) с очисткой паром, включая систему стерилизации упаковочных материалов; машина находится в закрытом блоке с ла-

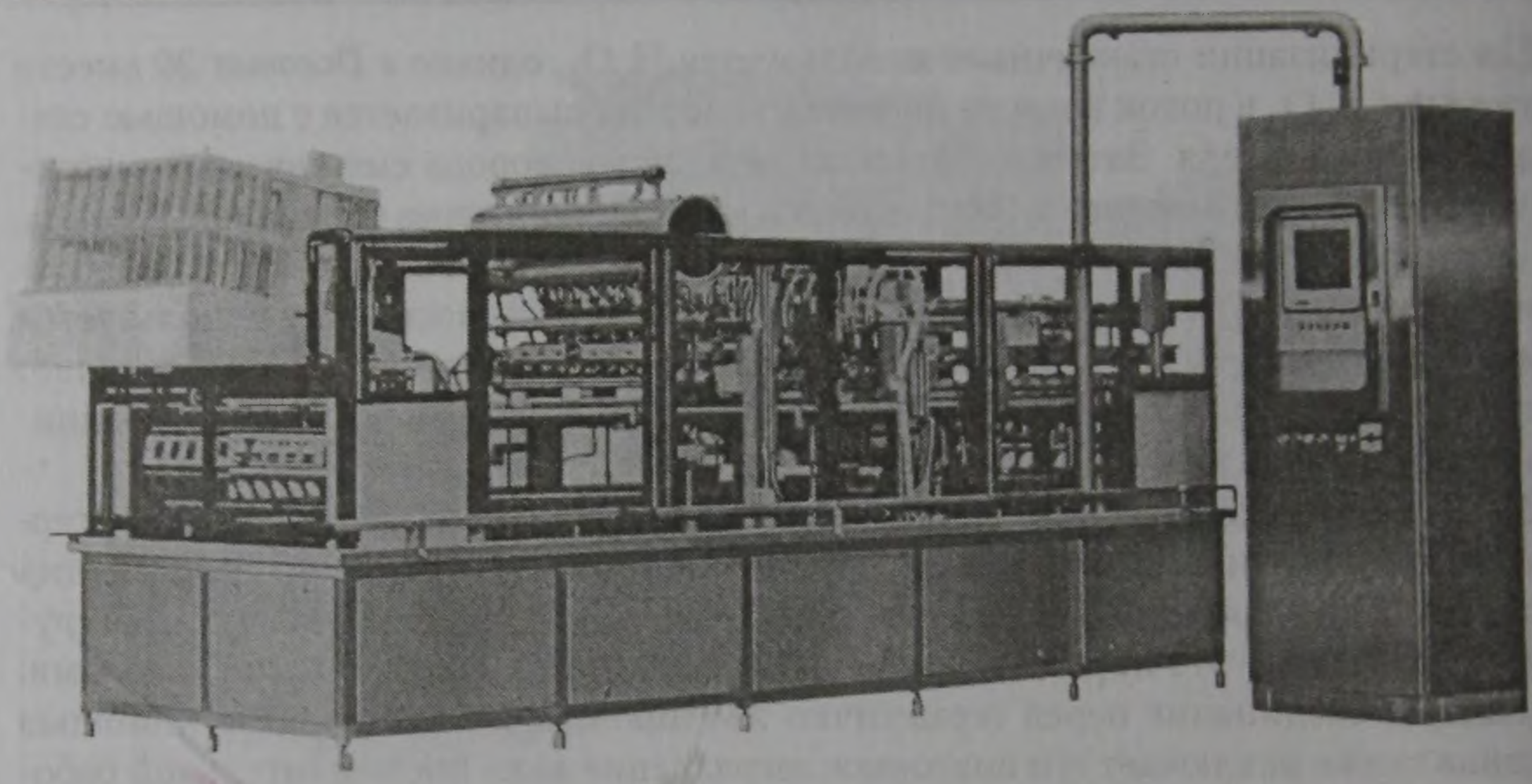


Рис. 3.58. Базовая модель *ILPRA™ fill seal* 20 000
Воспроизведено с разрешения *ILPRA SpA*, г. Корсо Павия, Италия.

минарным потоком воздуха; в) асептическом, аналогично б), но в этом случае стаканчики и фольга стерилизуются перекисью водорода (H_2O_2).

Эти фасовочные агрегаты (например, модели 10 000 и 20 000) имеют четыре или десять фасовочных линий соответственно, включают держатель стаканчиков, устройство для автоматической раскомплектовки, головку для объемного дозирования продукта, пригодную для безразборной мойки CIP, и устройство термосварки. Разливочные машины снабжены детектором (например, исключение дозирования при отсутствии тары), имеют устройство для маркировки и устройство для извлечения стаканчиков. Возможна поставка устройств установки крышек, надеваемых на горловину с зацеплением за венчик, подачи фольги из рулона для нескольких (например. 12, 16, 20 или 24) соединенных между собой стаканчиков (типа «мульти-кап»), помещаемых в картонные коробки, на пластмассовые лотки или в ящики.

Серия *Hittpac AKH-051* представлена разнообразными роторными машинами для розлива йогурта в отдельные контейнеры, в том числе двухсекционные и типа «мульти-кап» (из 2, 4 или 6 стаканчиков) [130]. Машины серии *Hiltpac AKH-051* (фирмы *Lapp-Textima AG*, Швейцария) могут производить от 3 до 15,4 и/или 25 тыс. стаканчиков в ч, используя до 12 отдельных гнезд за цикл, а для «*Petite Suisse*», используя модель *SU 8/8*. Для сведения к минимуму подтеков между порциями устройство для объемного дозирования снабжено распылителем или мембранным соплом для принудительной отсечки потока йогурта. Машины поставляются в асептическом или «особо чистом» вариантах, с использованием таких способов санитарно-гигиенической обработки, как ультрафиолетовое облучение или обработка H_2O_2 с горячим стерильным воздухом (рис. 3.59).

Разливочная машина *Trepko*. Эти высокоскоростные разливочные машины с 4, 6 или 8 линиями производительностью от 10 до 20 тыс. стаканчиков в ч (рис. 3.60) изготавливаются в Дании.

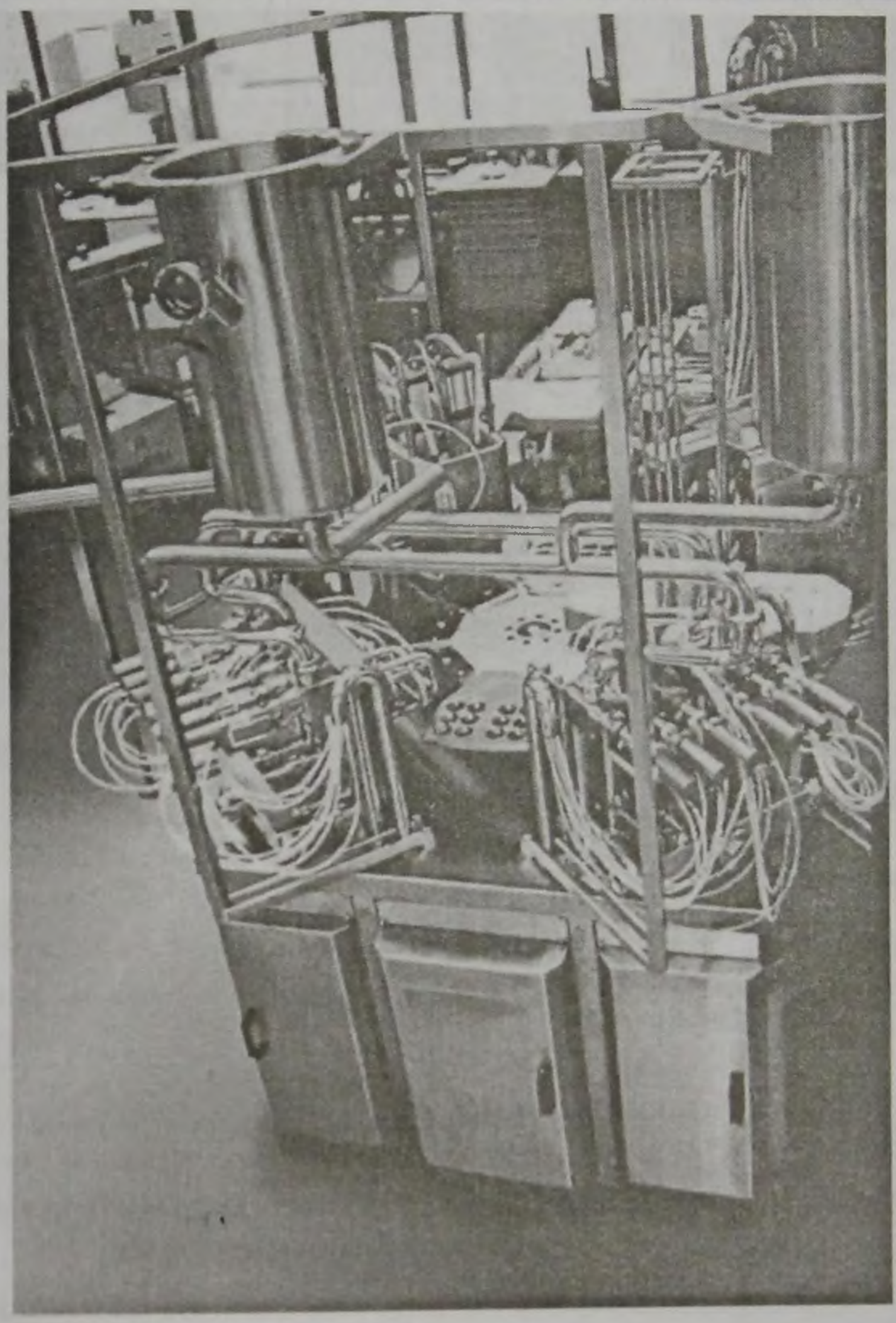


Рис. 3.59. Роторная машина серии *Hittpac AKH-051* для наполнения стаканчиков
Обратите внимание на два гнезда на 6 стаканчиков для йогурта (групповая тара).
Воспроизведено с разрешения *Corporation Packaging*, г. Фарнхэм, Великобритания

Наиболее простые модели служат для заполнения пластмассовых контейнеров, которые подвергаются термосварке с алюминиевой фольгой, но большинство моделей могут быть снабжены средствами для УФ-облучения упаковочных материалов (например, стаканчиков и фольги). Производственная зона снабжена отсеком с ламинарным потоком стерильного воздуха (см. рис. 3.60). Некоторые модели для розлива в стаканчики снабжены средствами для:

- работы с пластмассовыми крышками, надеваемыми на горловину с зацеплением за венчик;
- термосварки с алюминиевой фольгой, или
- того и другого.

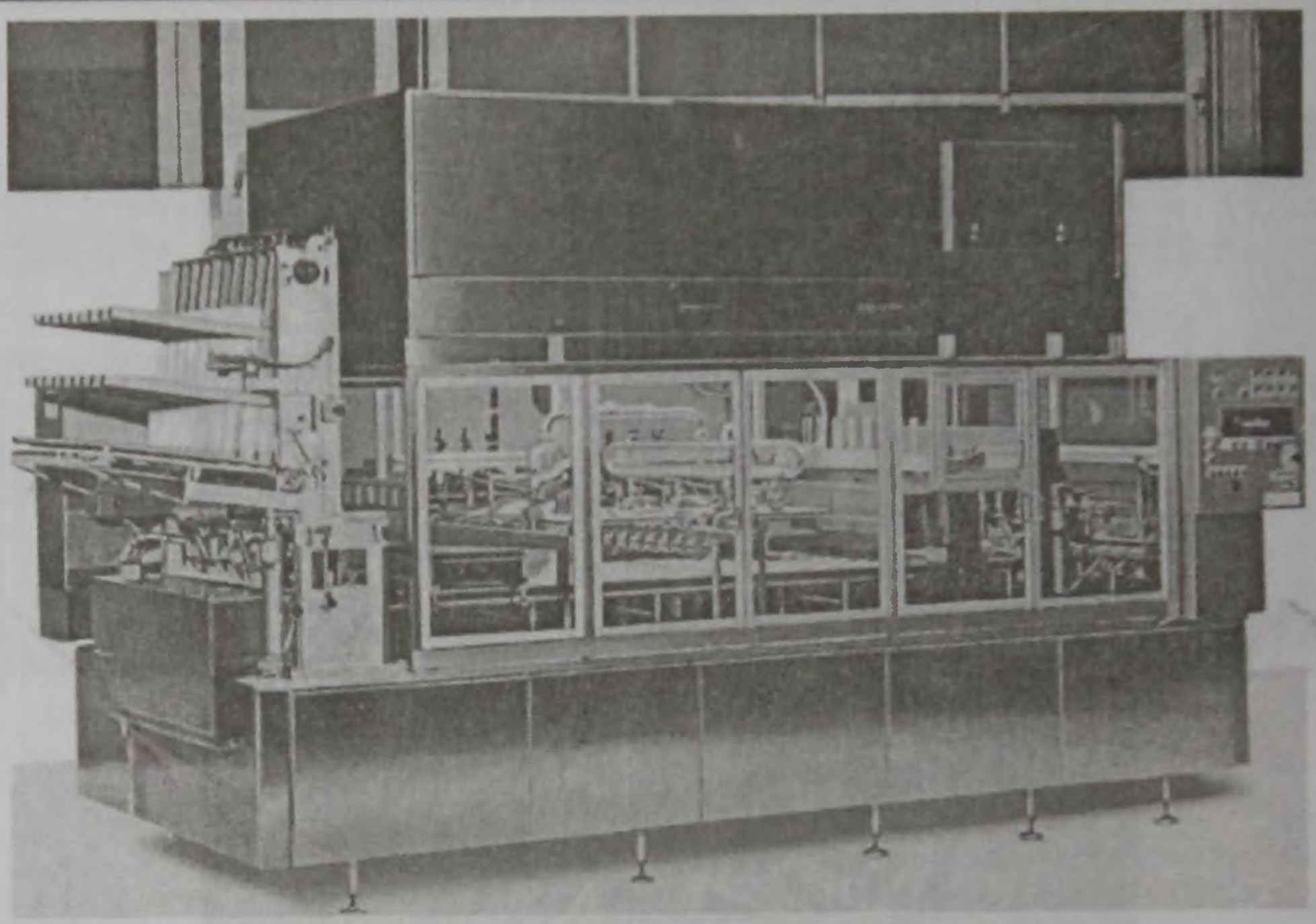


Рис. 3.60. Разливочная машина *Trepko* с восемью линиями
Воспроизведено с разрешения *Trepko Fyldemaskiner A/S*, Тааструп, Дания.

Магазин для подачи стаканчиков содержит запас, позволяющий работать до 5 мин (в зависимости от размера стаканчика). В работе [68] описана машина *Trepko* на 4 линии, которая может быть настроена на четыре различных размера стаканчиков.

К другим характеристикам машин фирмы *Trepko* относятся:

- защитный отсек, соответствующий требованиям ЕЭС по безопасности операторов;
- некоторые модели пригодны для наполнения контейнеров с двумя отсеками;
- могут поставляться датчики для обнаружения дефектной сварки алюминиевой фольги;
- могут поставляться специальные наполняющие сопла с мембранными клапанами, пригодные для розлива жидкого (питьевого) йогурта;
- конструкция машин позволяет осуществлять мойку CIP.

Компанией *Trepko* также поставляются небольшие агрегаты для наполнения стаканчиков с производительностью от 2 до 5 тыс. упаковок в ч.

Серия DOGAseptic. Эти полностью асептические машины для наполнения стаканчиков (*Benz & Hilgers GmbH*, Германия) выпускаются различного размера для удовлетворения спроса потребителей. Общие характеристики этих машин приведены в табл. 3.5.

На рис. 3.61 приведен внешний вид машины, в которой пластмассовый контейнер (перед розливом) и крышка из алюминиевой фольги (перед термосваркой) сте-

Таблица 3.5. **Характеристики машин серии *DOGAseptic* для розлива йогурта**

Модель DOGAseptic	Количество линий наполнения	Производительность (стаканчиков/ч)	Максимальный размер стаканчиков, мм	
			Диаметр	Высота
42	1 × 4	9600	115	130
61	1 × 6	14400	95	130
62	1 × 6	14400	75	105
81	1 × 8	19200	75	105
81/2	1 × 8	36500	75	105
82	1 × 8	20000	95	130
101	1 × 10	25200	75	120

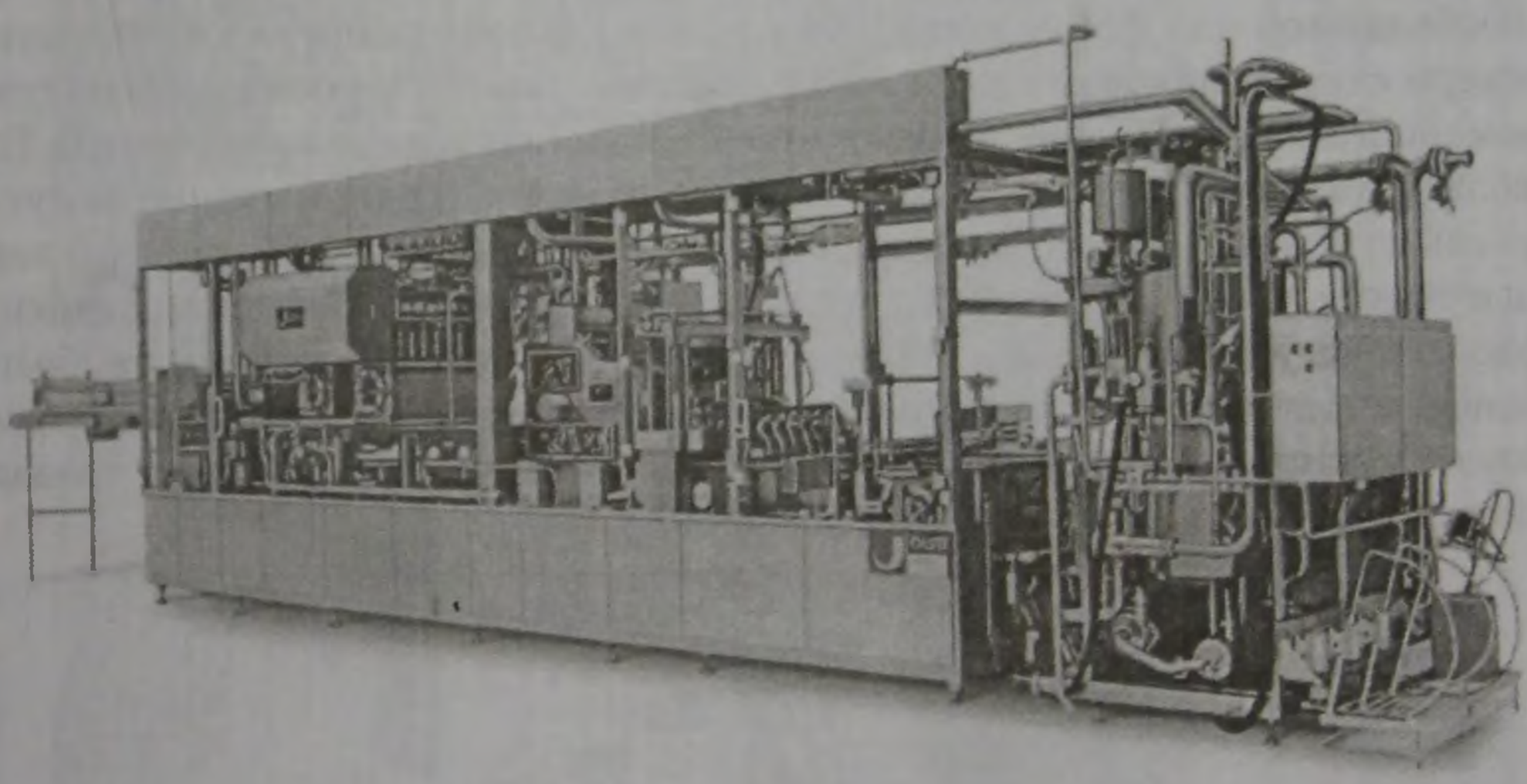


Рис. 3.61. Полностью асептическая модель *DOGAseptic 61*
Воспроизведено с разрешения *Jagenberg (London) Ltd.*, г. Перли, Великобритания

рилизуются H_2O_2. Стерилизованный упаковочный материал обрабатывается затем горячим воздухом, в результате чего перекись водорода испаряется и выводится в атмосферу; наполнение контейнеров происходит в герметизированном отсеке со стерильным воздухом. Машина полностью приспособлена для мойки CIP (скорость циркуляции 30 $м^3$/ч при давлении 0,3 МПа), разливочная головка может быть простерилизована паром при 143 °С. Машина снабжена также датчиком для обнаружения утечек с целью обеспечения надлежащей укупорки контейнеров.

Та же фирма поставляет также «особо чистые» и асептические модели под названием *SERVOtherm*, производительность которых составляет от 38 до 57 тыс. стаканчиков в ч. Эти машины могут наполнять и герметизировать суженные стаканчики

всех видов и форм, изготовленных из полистирола, полипропилена, бумаги с покрытием, алюминия с покрытием и/или других упаковочных материалов.

3.3.11.2 Формовочно-фасовочно-укупорочные машины

Упаковочный материал доставляется на молочные предприятия в виде больших рулонов пластика, который в процессе термоформования превращается в контейнеры необходимых форм и размеров. Готовые контейнеры заполняются йогуртом, а затем герметизируются термосваркой. Ряд машин такого типа представлен ниже.

Модели Hassia THL, THM и TAS. Термопластичный материал типа полистирола, поливинилхлорида или полипропилена (и/или многослойный материал (например, полистирол/полиэтилен) подается из рулона в отсек предварительного нагрева агрегата (фирмы *Hassia Verpackungsmaschinen GmbH*, Германия). В этом отсеке используются пластины контактного нагрева с встроенными обмотками для равномерного теплораспределения; однако для полипропиленового упаковочного материала отсек предварительного нагрева должен быть модифицирован для получения температуры, необходимой для формования стаканчиков. Затем механические формующие плунжеры с сервоприводом предварительно растягивают пластмассу для получения равномерного распределения полимера по стенкам стаканчика и основанию. Глубина ввода формующих плунжеров регулируется, поэтому на одной машине могут быть получены стаканчики различной глубины. На следующем этапе контейнеры переносятся к разливочной головке машины для наполнения йогуртом и термосварки. Для расфасовки йогурта рекомендуется система розлива с поворотным или мембранным клапаном, а для упаковок йогурта с различными (от 2 до 6) ароматизаторами используется система с измерением потока). Некоторые характеристики производительности моделей *Hassia THM* приведены ниже:

Модель	Стаканчиков в ч
17/28	12000
18/42	21600
28/48	32400
33/80	57600

К другим характеристикам машин для розлива фирмы *Hassia* относятся:

- различные конструкции открывания стаканчиков (например, незаваренная зона, угловая насечка, поднятый или углубленный неприкрепленный укупорочный язычок);
- в качестве материала крышки может использоваться термосвариваемый лакированный материал или покрытая алюминием фольга, полистирол толщиной 80–130 мкм, полиэтилен или многослойный материал, например, крафт-бумага (45 г/м^2) или ПЭТФ (12 мкм), или металлизированный лакированный материал (3 г/м^2);
- этикетировочные системы для стаканчиков, получаемых на формовочно-фасовочно-укупорочных машинах, позволяют покрывать одну, две, три стороны или всю боковую поверхность стаканчика;

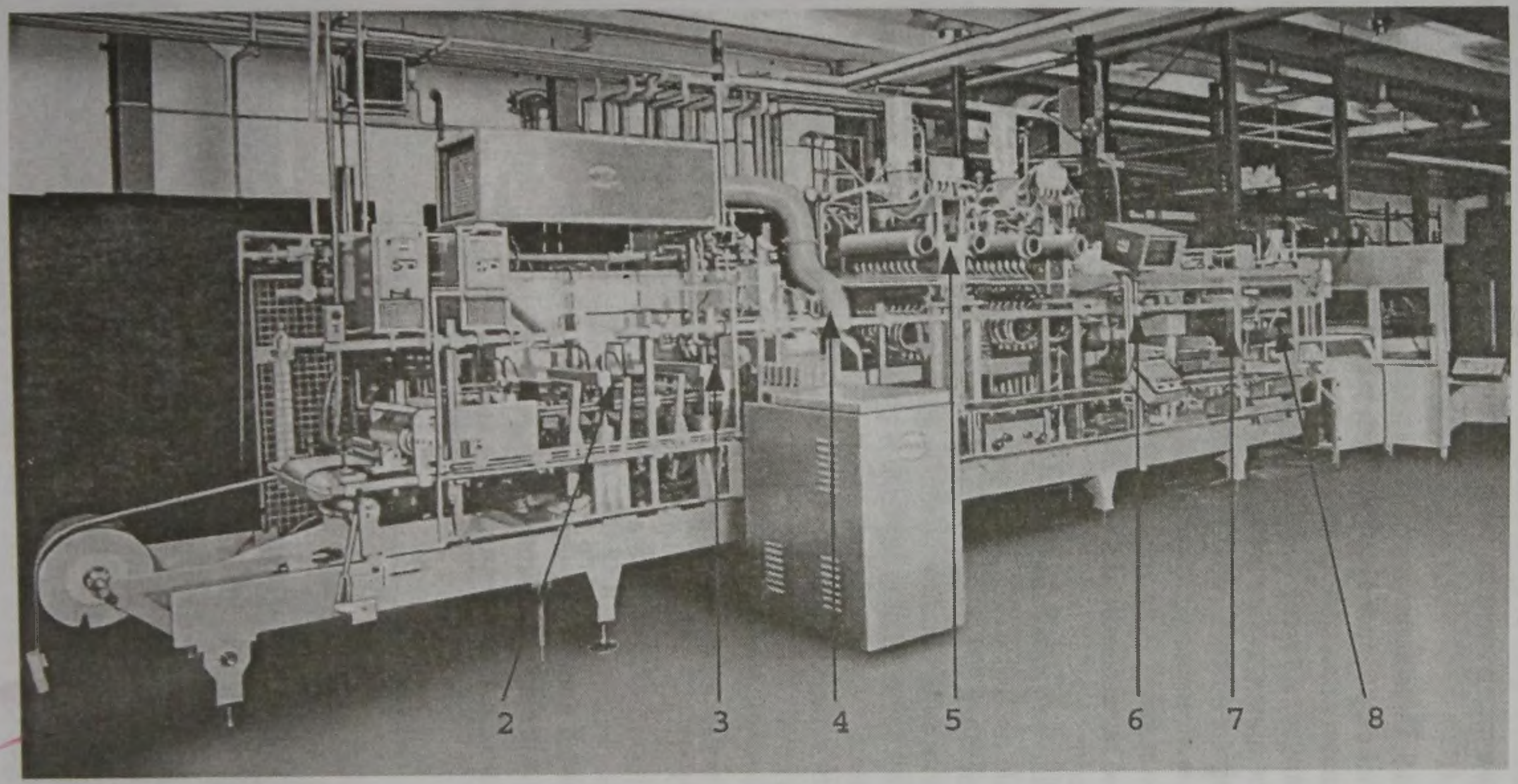


Рис. 3.62. Система *Hassia TAS 28/48* (стерилизация паром/асептическая)

1 — рулон пластика; *2* — зона предварительного нагрева; *3* — блок термоформования; *4* — стерилизация стаканчиков; *5* — дозатор продукта; *6* — подача пара для стерилизации материала крышек; *7* — герметизация стаканчиков; *8* — перфоратор стаканчиков.

Примечания: а) применяется насыщенный пар (пригодный для обработки пищевых продуктов) под давлением 0,8 МПа; б) базовые материалы — полистирол или поливинилхлорид толщиной до 700 мкм или многослойный материал (например, полистирол/поливинилиденхлорид/полистирол или полистирол/EVAL/полистирол) ;в) материал крышек — лакированная алюминиевая фольга (30–40 мкм толщиной) или алюминиевый ламинат (ПЭТ/алюминий).

Воспроизведено с разрешения *Hassia Verpackungsmaschinen GmbH*, земля Гессен, Германия.

- для продуктов с увеличенным сроком хранения чистую среду для расфасовки создают с помощью УФ-облучения, герметичных труб со стерильным воздухом или отсеков с ламинарным течением воздуха; в асептических машинах используют пар (рис. 3.62).

Illig FS 37 и FS51 AS. Термопластичный материал (например, полипропилен и/или полистирол) подается с рулона в отсек нагрева разливочной машины, и из теплого листа после растягивания на шаблоне формуются соединенные вместе контейнеры; сжатый воздух в[illegible]ливает пластик в шаблон и формируется стаканчик. Сформованные контейнеры и материал, также поступающий с рулона, проходят через стерильную ванну H_2O_2, а затем в отсек горячего воздуха. Для обеспечения максимальной стерильности эти операции выполняются в герметически закрытой трубе (туннеле) (гарантируется стерильность — на уровне одного микроорганизма на 10 000 контейнеров), а содержание остаточной H_2O_2 — менее 0,1 мкг/г при концентрации пара перекиси около 1 мкг/г.

Машины серии *Illig FS* (*Adolf Illig Maschinenbau GmbH*, Германия) выпускаются производительностью от 2 до 40 тыс. стаканчиков/ч (рис. 3.63).

В таких расфасовочных агрегатах используется специальное асептическое устройство для наполнения *DK 300* для обеспечения расфасовки йогурта в абсолютно свободной от бактерий среде. Наполняющее устройство устанавливается автономно в расфасовочной линии.

После наполнения стаканчиков йогуртом контейнеры герметизируются термосваркой и этикетируются. Например, в случае групповой тары 1 × 2 или 2 × 2 этикетки контейнеров помещаются спереди и сзади этой тары. Затем контейнеры размещают рядами для переноса в коробки.

Erca-Formseal (EF). Широкий диапазон формовочно-фасовочно-укупорочных машин, выпускаемых французской компанией *ERCA S. A.* из группы *Jagenberg*, представлен машинами, поставляемыми в различных вариантах: а) базовом (расфасовка в условиях окружающей среды и отсек с ламинарным потоком воздуха); б) «особо чистом» (аналогично а)) с инфракрасным облучением крышек, УФ-облучением или применением H_2O для обеззараживания материалов и/или стерилизации) и в) пол-

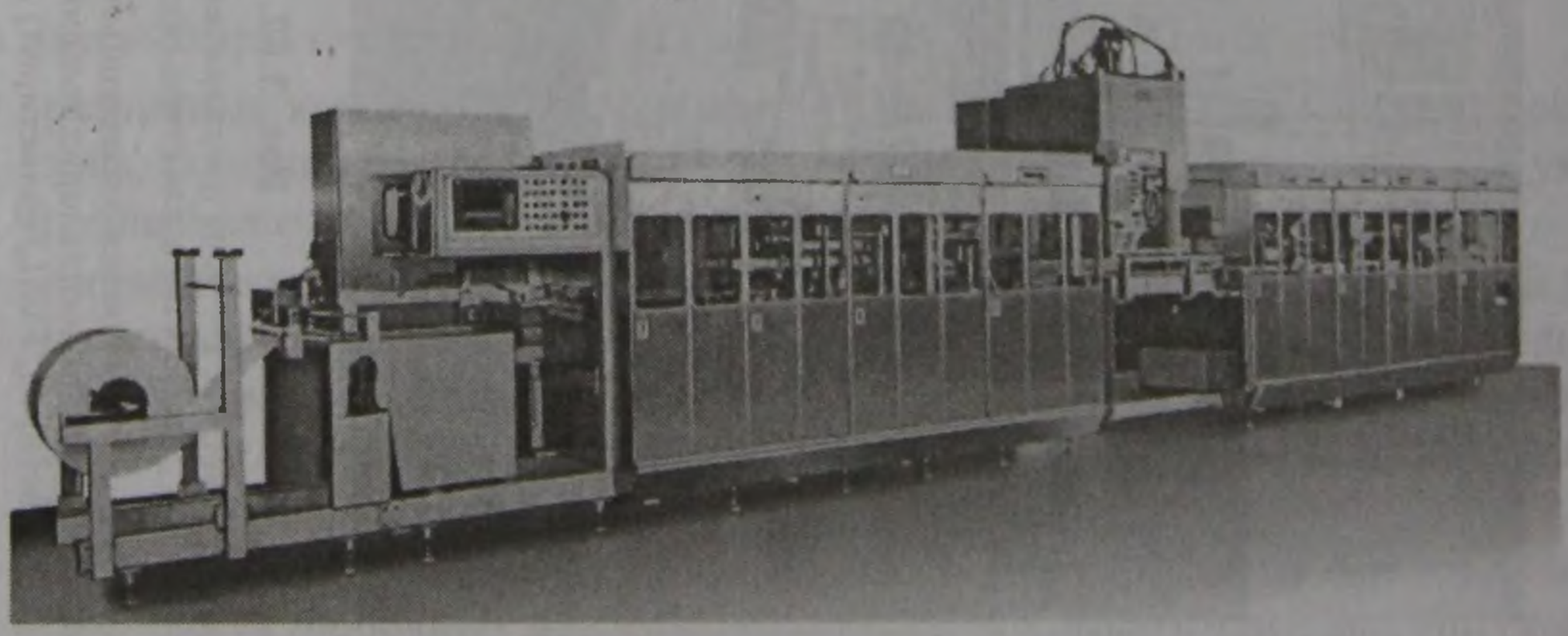


Рис. 3.63. Асептические разливочные машины *Illig FS 51*

Воспроизведено с разрешения *Adolf Illig Maschinenbau GmbH*, г. Хайльбронн, Германия.

ностью асептическом со средствами, аналогичными б) и применением системы *Neutral Aseptic System®* (*NAS®*), предусматривающей средства для предварительной стерилизации материалов с помощью химических веществ, пара или УФ-облучения. Некоторые характеристики моделей *EF* приведены ниже:

Модель	Производительность (стаканчики по 125 мл в ч)	Количество линий
300	9000	2 × 3
320	13500	2 × 4
480	20000	2 × 6
	36000	4 × 6
600	28000	2 × 8
	48000	4 × 8
825	40000	2 × 12

К другим характеристикам машин EF относятся: а) отсутствие средств этикетирования (они имеются только у модели 300); в качестве варианта стаканчик может быть частично или полностью обернут этикеткой; б) могут использоваться разнообразные материалы для крышек; в) наличие встроенного упаковщика лотков, крышек, надеваемых на горловину с зацеплением за венчик, и устройства для быстрой резки [7, 127].

Bosch. Немецкая фирма *Robert Bosch GmbH* выпускает широкий диапазон формовочно-фасовочно-укупорочных машин. Эти машины используют особо чистые и асептические технологии; некоторые модели имеют высокую производительность, достигающую 100 тыс. стаканчиков/ч. Термоформуемые пластмассы, применяемые для формирования йогуртовых стаканчиков, могут быть однослойными (из полистирола) или многослойными, состоящими из полистирола/поливинилиденхлорида/полиэтилена, полистирола/поливинилиденхлорида/полистирола или полистирола/EVOH/полиэтилена. Материал крышки — ламинат алюминиевой фольги толщиной 40 мкм, мягкий, ровный, глянцевый, расширяемый при нагреве, с лаковым покрытием 8 г/м^2.

Некоторые возможные характеристики машин фирмы *Bosch* приведены ниже:

	Модель	Тип[a]	Производительность (стаканчиков/час)	Количество линий
TFC	7017	Б или ОЧ	24000	–[б]
	7027	Б или ОЧ	36000	–
	7033	Б или ОЧ	48000	–
TFA	242	А	42000	4 × 5
	2520	А	42000	4 × 5
	4940	А	100000	48 стаканчиков за цикл
Servac	78	А	48000	Может изменяться

[a] Б – базовая (открытая с ламинарным потоком); ОЧ – особо чистая (закрытая со средствами стерилизации); А – асептическое наполнение (закрытая в зонах стерилизации упаковочного материала с помощью H_2O_2 и стерилизации паром); [б] – нет данных.

3.3.11.3 Машины для расфасовки йогурта в пакеты/бумажные контейнеры

Покрытые слоем полиэтилена пакеты широко применяются в молочной промышленности для упаковки натурального молока. Они могут также использоваться для расфасовки йогурта — для исключения снижения вязкости йогурта необходима лишь незначительная модификация разливочной головки. Как уже отмечалось в главе 2, контейнеры формируют из рулона (формовка-фасовка-укупорка) или собирают из пакетных заготовок (преформ). Некоторые машины для наполнения пакетов описаны ниже.

Tetra Rex (TR/7 HH & ESL). Эти машины производятся шведской фирмой *Tetra Pak*. Контейнер (емкостью от 150 до 1130 мл) формируется из картонной заготовки. Последовательность операций сборки пакета и его наполнения (например, йогуртом) показана подробно на рис. 3.64.

Некоторые модели имеют производительность 13 тыс. пакетов в ч; на большие пакеты может устанавливаться пластиковая вставка с закрываемым пластиковым сливом. Подобную картонную коробку с крышеобразным верхом и со сливом *Cap-Pac®* поставляют американские фирмы *Nimco* и *ELL* (*Evergreen™*).

Elopak/Pure-Pak. В настоящее время эти наполняющие машины для картонных коробок с крышеобразным верхом («домиком») выпускаются в Норвегии (см. [173]); некоторые модели, например, *LFH-25* — асептического типа [26], могут быть снабжены устройством установки навинчивающихся колпачков.

Наполняющий агрегат *Pure-Pak P-S50* может работать с широким диапазоном пакетов (от 250 до 1000 мл). Последовательность операций может быть описана следующим образом:

- заготовки со дна магазина подаются на набор оправок, установленных на барабане;
- на оправках формируется и заваривается основание пакета; это осуществляется в четыре стадии: предварительное складывание, нагревание, складывание и заваривание;
- пакеты с готовым основанием снимаются с оправок и помещаются в гнезда конвейерной цепи; конвейер выполнен с двойной подачей, то есть различные операции (складывание, наполнение и герметизация) выполняются одновременно на двух пакетах;
- два пакета наполняются одновременно «снизу вверх» с помощью наполняющего устройства, специально разработанного для продуктов с высокой вязкостью; оно обеспечивает аккуратное обращение с продуктом и снижает потери вязкости до минимума;
- верх пакетов нагревают;
- верх складывается и соединяется под давлением с помощью сварочных клещей, охлаждаемых водой;
- наполненные и герметизированные пакеты выгружаются из машины на конвейер и передаются на погрузку в транспортные контейнеры.

Tetra Brik. Примером формовочно-фасовочно-укупорочной машины, использующей рулоны ламинированного картона, может служить система *Tetra Brik*, поставляемая в базовом (*TB*) или асептическом (*TBA*) вариантах (фирма *Tetra Pak*, г. Лунд,

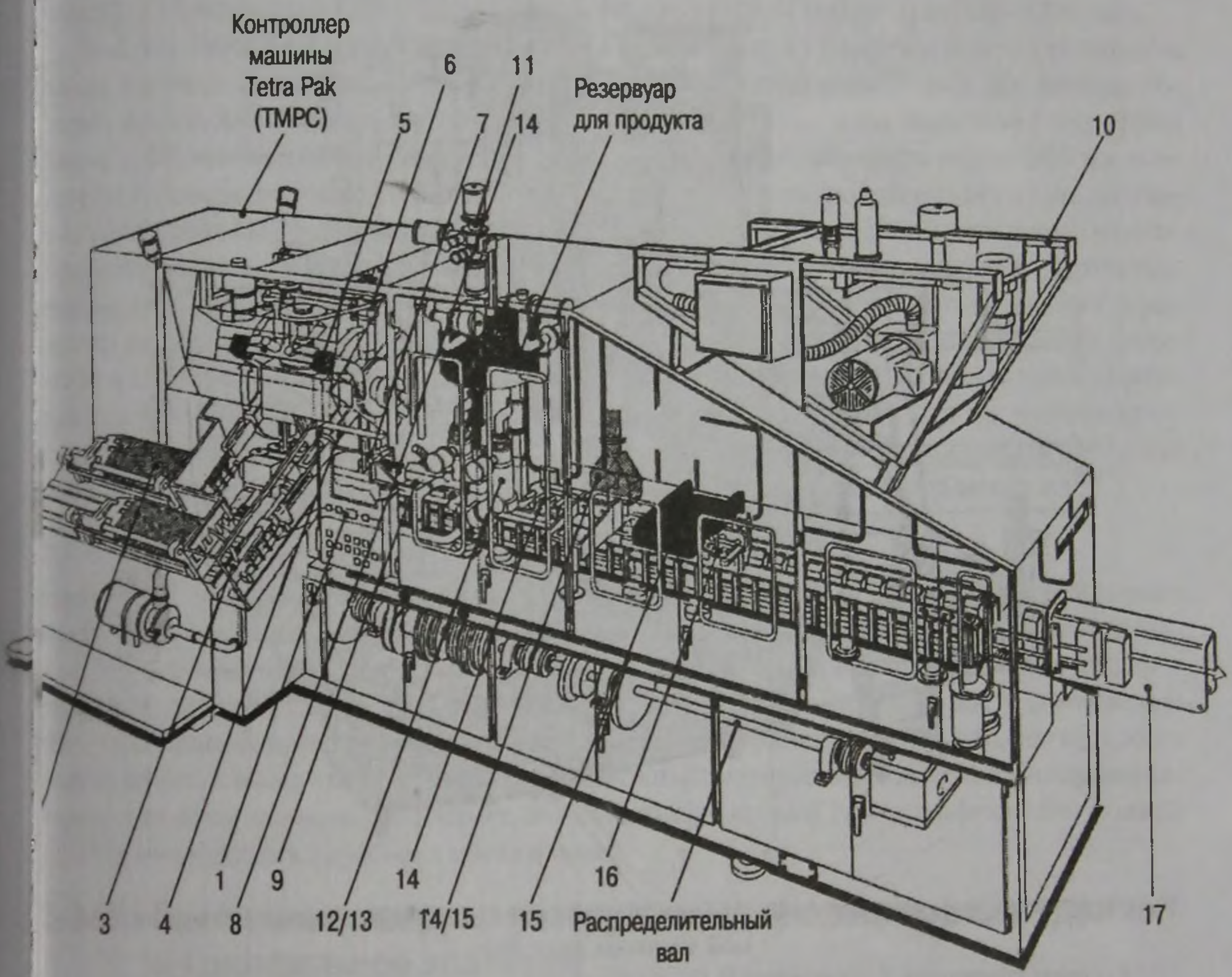


Рис. 3.64. Схема расфасовки йогурта на машине *Tetra Rex*

1 – панель оператора; *2* – коробки подаются из двух горизонтально расположенных магазинов; *3* – пакеты собираются с помощью присосок и толкателей; *4* – пакеты подаются на два терморегулируемых колеса-оправки; дно каждого пакета предварительно сложено; *5* – клапаны сложенного предварительно дна нагреваются воздухом от электропечей; *6* – зажим завершает сварку дна; *7* – разгрузчик пакетов снимает пакеты со сваренным дном с оправок и помещает их на конвейер; *8* – пакет изнутри орошается перекисью водорода с концентрацией 0,1 г/100 мл; *9* – пакеты проходят через отсек бактерицидного УФ-облучения, *10* – система стерильного воздуха (*CCB – SAS*) для предотвращения попадания внутрь наружного воздуха обеспечивает избыточное давление стерильного воздуха в зоне наполнения продуктом и в резервуаре с продуктом; *11* – группа асептических клапанов продукта (АКП) делает возможной мойку CIP без разрывов производственной линии; *12* – пакеты проходят под резервуаром с продуктом, где в среде стерильного воздуха работают дозирующие насосы и наполняющие сопла; *13* – пакеты на короткое время приостанавливаются и наполняются с помощью наполнения «снизу вверх»; *14* – пакеты перемещаются в зону герметизации, где нагреватель заваривания верха нагревает предварительно сложенный верх пакетов воздухом от электропечей; *15* – герметизация верха пакета завершается под давлением охлаждаемых водой сварочных клещей; *16* – после герметизации на пакеты ставится печать с датой; *17* – пакеты помещаются на разгрузочный конвейер.

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (U.K.) Ltd.*, г. Аксбридж, Великобритания

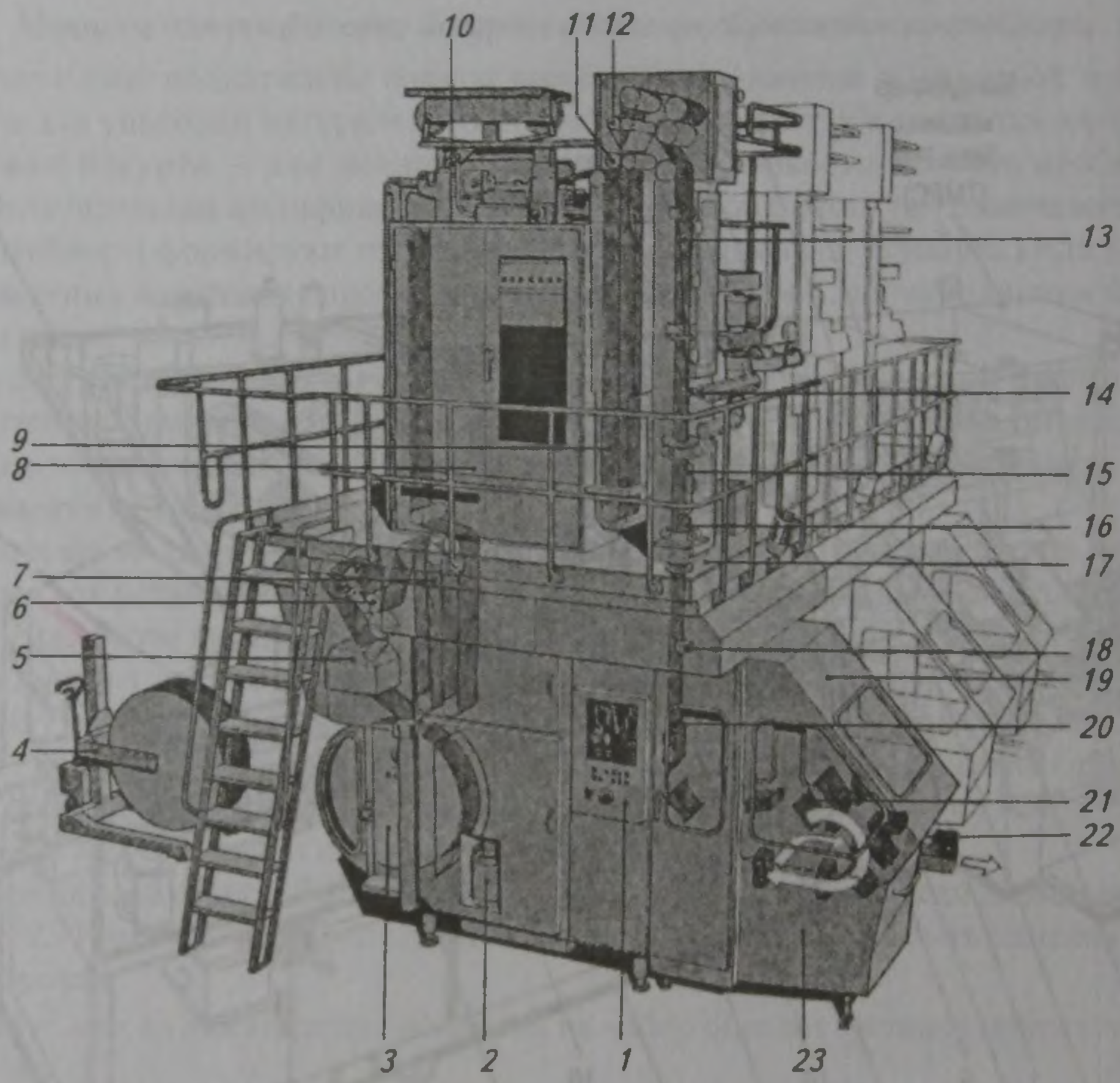


Рис. 3.65. Работа формовочно-фасовочно-укупорочной машины на примере наполнительной машины *Tetra Pak*

1 – пульт управления; *2* – контейнер H_2O_2, закрытая система; *3* – рулон упаковочного материала; *4* – специальная тележка с гидравлическим подъемником для работы с упаковочным материалом; *5* – автоматическое оборудование для соединения упаковочного материала; *6* – датировщик; *7* – петли упаковочного материала для обеспечения плавной подачи без рывков, а также для обеспечения непрерывности процесса при присоединении нового упаковочного материала (сращивании); *8* – место расположения основной части электрооборудования машины; *9* – упаковочный материал стерилизуется в глубокой ванне перекиси водорода; *10* – устройства нанесения пластиковой полоски на один край упаковочного материала. Для получения герметичного и надежного соединения при продольном завариваниии эта полоска приваривается к противоположной стороне; *11* – валки, удаляющие с упаковочного материала перекись водорода; *12* – сопла горячего стерильного воздуха для сушки упаковочного материала; *13* – в этой зоне упаковочный материал начинает формоваться в трубу; *14* – наполнительная труба; *15* – устройство для получения продольного шва, соединяющего две кромки упаковочного материала; *16* – устройство «прерывания», которое завершает продольный шов, когда машина вновь начинает работу после какого-либо короткого перерыва в производстве; *17* – конструкция ТВА/9 допускает соединение нескольких машин для создания компактных производственных установок на общей платформе; *18* – фотоэлементы, управляющие автоматической системой коррекции; *19* – кожух, который может подниматься и опускаться, закрывая автоматическую систему внешней очистки и устройство окончательной фальцовки, где верхние и нижние клапаны сгибаются и привариваются к пакету; *20* – пакеты завариваются в погруженном в жидкость положении с помощью индукционного нагрева; тепло поступает от клещей, которые формуют и обрезают пакеты; *21* – в конечном фальцовочном устройстве верхние и нижние клапаны привариваются к пакету по двум линиям; *22* – выгрузка готовых пакетов; 23 – ванна, автоматически наполняемая водой с моющим средством для очистки машины снаружи.

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (U.K.) Ltd.*, г. Аксбридж, Великобритания

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

Швеция) (рис. 3.65). Производительность агрегата *TAB/21* может достигать 8 тыс. пакетов/ч (емкостью 125–330 мл) или 7 тыс. пакетов/ч (емкостью 355–1136 мл).

Пакеты *Tetra Brik* открывают разными способами: а) разрезанием; б) разрывом вдоль насечки (например, в форме волны или поднятой пластины); оба метода создают носик для налива, но перфорация поднятой пластины позволяет без труда вновь загерметизировать открытый пакет; в) у пакетов объемом менее 500 мл возможно применение соломинки для питья или (у пакетов любой емкости) вытягивающегося язычка; г) с помощью системы *ReCap*® (пластмассовой крышкой многократного использования). Крышки для системы *ReCap*® поставляются в картонных коробках и загружаются в магазины, вмещающие две коробки (этого хватает примерно на два часа работы). Крышки *ReCap*® затем из коробок автоматически подаются в виде разрезаемых за две операции листов и устанавливаются и транспортируются вакуумным цепным механизмом к аппликатору в виде колеса, наносящему тонкий слой термоклея. Крышка *ReCap*® устанавливается точно на предварительно изготовленное отверстие для язычка и удерживается там до затвердения клея.

3.3.11.4 Машины для розлива йогурта в регулируемой газовой среде

Некоторые упаковочные машины допускают заполнение упаковки для фруктового йогурта газом до герметизации или имеют для этого специальные устройства. Целью заполнения газом является замена кислорода в свободном пространстве над продуктом в пакете углекислым газом или азотом для ограничения роста дрожжей и плесеней. Такой прием позволяет увеличить срок хранения продукта, но при этом важно иметь в виду, что, во-первых, упаковочный материал должен быть непроницаемым для этих газов, и, во-вторых, заполнение упаковки газом эффективно только против облигатных аэробных организмов.

3.3.12 Различные погрузо-разгрузочные операции, охлаждение и холодильное хранение

Температура фруктового ароматизированного йогурта с нарушенным сгустком после упаковки в пластиковую тару может составлять около 20 °С. На крупных предприятиях транспортировка йогурта в холодильную камеру может определяться проектом или планировкой предприятия и степенью автоматизации погрузо-разгрузочных работ и транспортировки. Автоматизированная система может работать следующим образом:

- стаканчики с йогуртом помещаются в картонные лотки;
- лотки укладываются на поддоны (см. [16, 39, 71]);
- йогурт на поддоне охлаждается, а поддон затем упаковывается в пластик для обеспечения безопасной работы с ним в холодильной камере, при экспедировании и в розничной торговле.

На рис. 3.66 показана работа с упакованным йогуртом в компании *Molkerei Alois Müller GmbH & Co. (UK Production)*, г. Маркет Дрейтон, Великобритания. Важно охлаждать йогурт быстро, чтобы он сохранил свою консистенцию после холодильного хранения, и примером такого подхода может служить охлаждающий туннель, выпускаемый фирмой *KTW Anlagenbau GmbH*, г. Штутгарт, Германия. По [25] десять

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

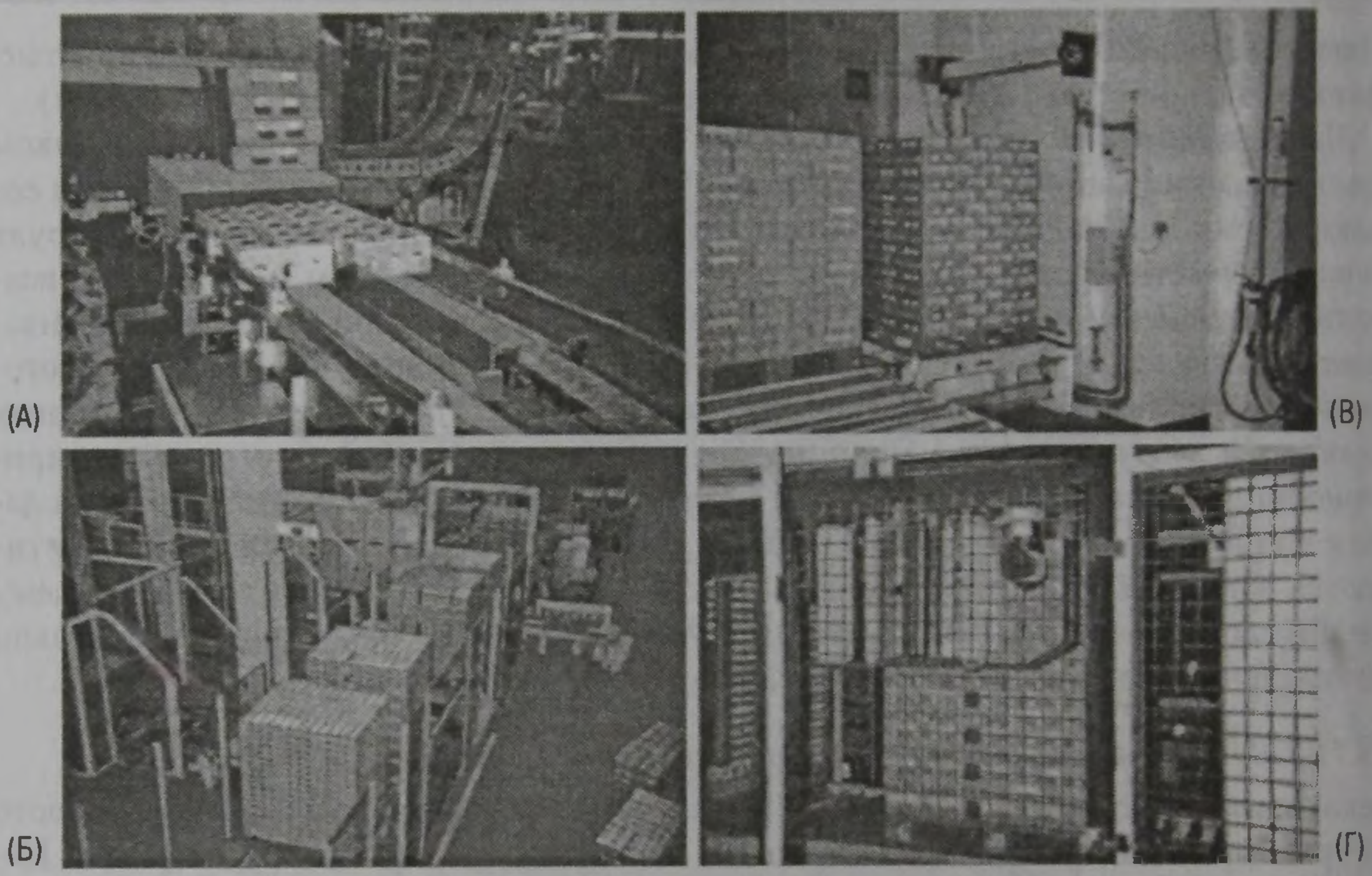


Рис. 3.66. Автоматизированные погрузо-разгрузочные операции с расфасованным йогуртом на заводе *Müller* в Великобритании

А – погрузка стаканчиков с йогуртом в картонные коробки; Б – штабелирование картонных коробок; В – быстрое охлаждение в туннеле; Г – упаковка поддона с йогуртом в пластик.

Воспроизведено с разрешения *Molkerei Alois Müller GmbH & Co. (U. K. Production)*, г. Маркет Драйтон, Великобритания.

поддонов густого йогурта при 44 °С могут быть в течение часа охлаждены до 7 °С (±2 °С). Затем йогурт на поддонах заворачивают в пластиковую пленку и отправляют в холодильную камеру, где для установки поддонов используется система роботизированной погрузки.

3.4 Механизация производства йогурта и проектирование предприятия

С увеличением масштабов производства йогурта механизация погрузо-разгрузочных работ становится неизбежной. Окончательный выбор оборудования из всего разнообразия выпускаемого определяется в основном принятым методом переработки молока. В табл. 3.6 приведены те единицы оборудования, которые могут потребоваться для производства йогурта из молока, обогащенного сухим обезжиренным молоком, или из нормализованного молока, сконцентрированного выпариванием. Как видно из табл. 3.6, для переработки молока требуется самое различное оборудование; сходная ситуация и при обработке сгустка, но здесь принципиально важно то,

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

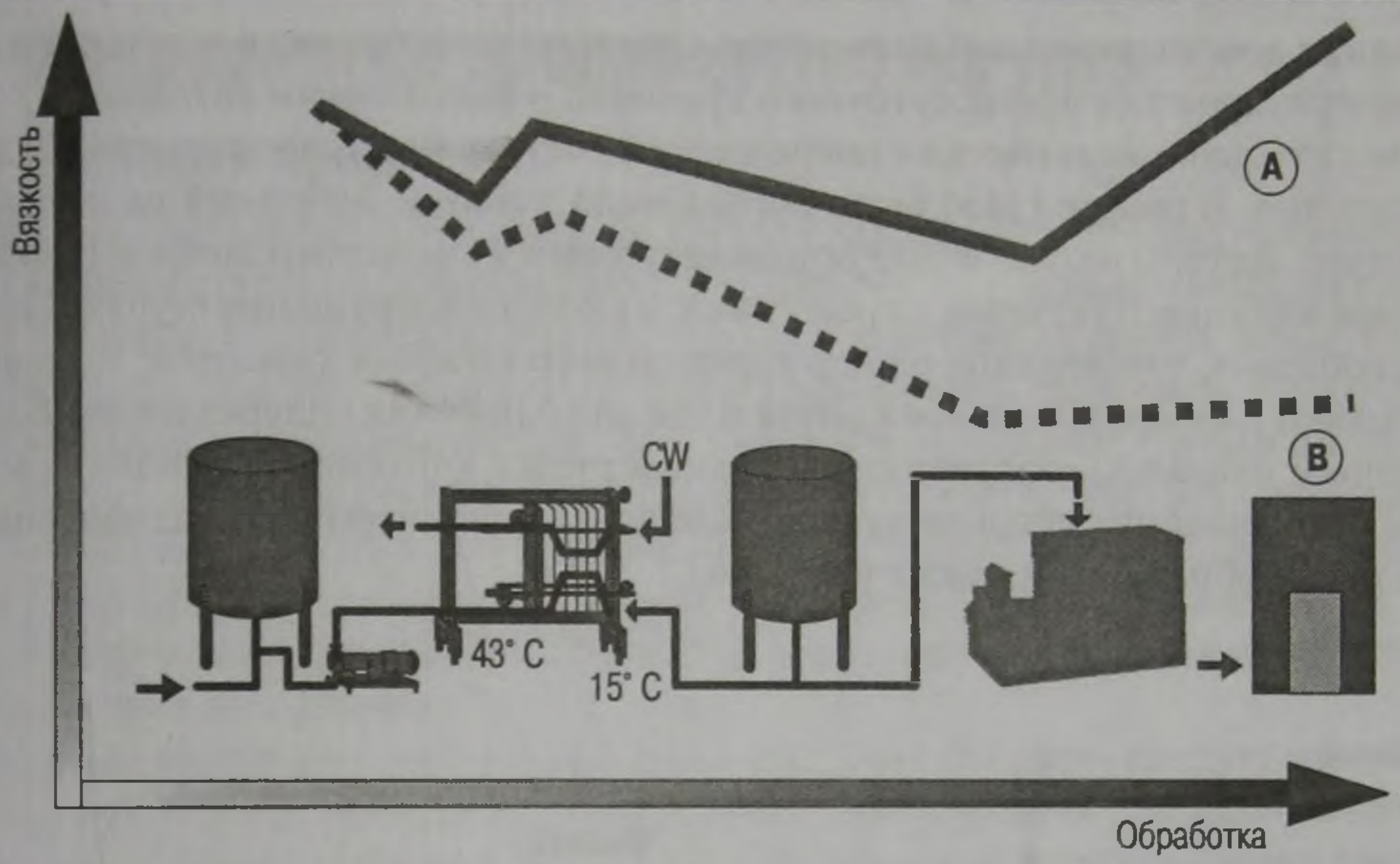


Рис. 3.67. Изменение вязкости йогурта в зависимости от механической обработки

А – оптимальная организация технологического процесса , В – неудовлетворительная организация технологического процесса.

По [34].

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/R*, г. Лунд, Швеция.

что механические операции могут привести к нарушению его структуры. В публикации Международной молочной федерации [87] приводится подробное описание факторов, влияющих на реологию кисломолочных продуктов и молочных десертов (см. также [57, 78]. Влияние механических воздействий на вязкость готового йогурта показано на рис. 3.67 [34]; следует заметить, что, если со сгустком обращаться аккуратно (щадящие режимы перемешивания), в холодильной камере вязкость йогурта восстанавливается, в противном случае эта способность утрачивается.

Другой важной характеристикой является общая организация технологического процесса на предприятии, хотя возможны и различия (особенно внутри существующих зданий); это означает, что компоновка каждого предприятия должна рассматриваться индивидуально (см. [116]). Оборудование, применяемое для производства йогурта, должно располагаться близко друг от друга — например, расстояния между резервуарами сквашивания, охладителем и промежуточным резервуаром (резервуарами) для хранения должны быть как можно меньше.

В некоторых случаях оборудование приходится устанавливать в существующих зданиях (что может оказаться ограничивающим фактором), но с учетом данных выше рекомендаций снижение вязкости йогурта может быть сведено к минимуму. В идеальной ситуации (когда строительство предприятия и монтаж установки выполняются одновременно) компоновка установки для производства йогурта может быть такой, как показано на рис. 3.68.

Обратите внимание, что движение йогурта от резервуаров сквашивания к охладителю и резервуарам для промежуточного хранения практически прямолинейно и

ОСТРОВ
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Тел.: (095) 726-53-53, 582-60-11 Факс: (095) 726-53-66 www.ostrov.ru

расстояния довольно малы. Аналогичная ситуация имеет место и при подаче йогурта от резервуаров для промежуточного хранения к фасовочным автоматам.

Относительно механических повреждений йогурта при транспортировке данных недостаточно. В работе [143] было исследовано влияние вибраций на расфасованный йогурт. Авторы описали следующие категории: а) незначительное или четко выраженное влияние; б) сгусток с трещинами; в) полное разрушение сгустка. Те же авторы сообщают, что верхние слои вибрирующего штабеля (высотой 10 упаковок) испытывают наибольшие повреждения и что для снижения синерезиса наиболее эффективным оказалось оборачивание транспортных контейнеров полиэтиленом – пакеты с признаками синерезиса обнаруживались менее чем в 1% контейнеров, обернутых таким образом (см. также рис. 3.66).

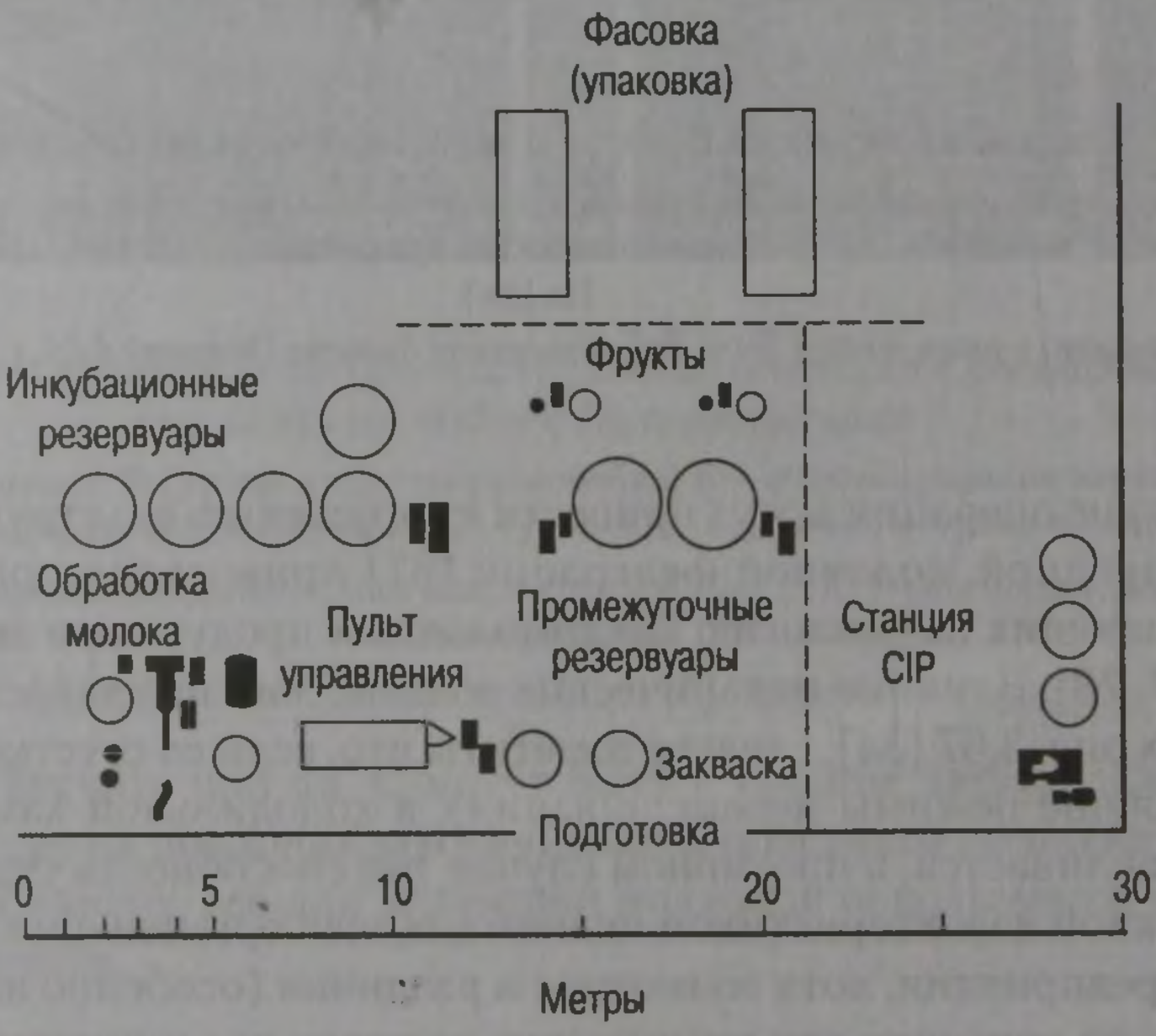


Рис. 3.68. Компоновка установки для производства йогурта производительностью 3000–4000 л/ч

Требования к площади для некоторых установок для производства йогурта компании *Tetra Pak* основаны на приведенной выше компоновке (за исключением участков для блока безразборной мойки (CIP) и фасовочного оборудования):

Производительность установки (л/ч)	Площадь пола ($м^2$)
1000	1610=160
2000	1811 = 198 (200)
3000	2012 = 240
6000	2512 = 300
10000	2613 = 338 (340)

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г. Лунд, Швеция.

3.5 Непрерывное производство йогурта

3.5.1 История вопроса

На практике выражение «непрерывное производство» йогурта с нарушенным или с ненарушенным сгустком воспринимается буквально как непрерывный поток сквашенного молока, который при соответствующей планировке завода может быть получен с использованием высокой степени автоматизации. Например, если резервуары для сквашивания (ферментации) эксплуатируются с определенным интервалом, результатом будет практически непрерывное производство йогурта с нарушенным и/или ненарушенным сгустком. Однако этот постоянный поток йогурта не следует называть «непрерывным» производством, поскольку продукт производится в виде синхронизированных партий и почти всегда наблюдается некоторая изменчивость в качестве конечного продукта.

Теоретически термин «непрерывное производство йогурта» следует применять к процессу, в котором сырье (молоко) постоянно и непрерывно преобразуется в сгусток (йогурт). Одним из первых процессов, описанных для непрерывного производства густого йогурта, был метод, предложенный в работе [168]. В такой системе заквашенное молоко разливалось в стеклянные бутылки, а штабеля ящиков с бутылками помещали на люльки, подвешенные снизу к конвейерной системе. Расстояние между соседними люльками составляло 60 см. Производительность при такой организации процесса зависит от скорости конвейера и составляет около 14 или 18,5 тыс. бутылок йогурта при скорости 1,2 и 1,54 м/мин соответственно. Люльки проходят термостатную камеру зигзагом по 5 уровням по высоте и через некоторое время (в зависимости от скорости образования кислоты и температуры выдержки) люльки проходят через камеру охлаждения (остывочную) (с температурой воздуха −5 °C), где йогурт охлаждается до 20 °C; окончательное охлаждение происходит в холодильной камере. В работе [67] описан подобный процесс, применяемый в Бельгии, где специальные тележки (153 лотка с наполненными заквашенным молоком стаканчиками, на каждой) перемещаются с помощью ленточного конвейера через туннель, где происходит сквашивание молока. При достижении pH 4,5 йогурт направляется в соседний туннель, где он охлаждается от 38 до 15 °C; окончательное охлаждение происходит в холодильной камере. Охлаждающий туннель разделен на четыре части, и температура циркулирующего холодного воздуха последовательно понижается, с 8–10 °C до 4–5 °C. Обзор других непрерывных систем приведен в работе [138] (см. также [64]).

Непрерывный процесс производства йогурта с нарушенным сгустком значительно более сложен, чем описанный выше. В работе [62] был предложен полунепрерывный процесс производства йогурта с ненарушенным сгустком. Позднее этот метод (двухступенчатая ферментация) был усовершенствован до полностью непрерывного процесса получения йогурта с нарушенным сгустком. Первоначально этот метод состоял из следующих этапов:

- подготовка молочной основы, то есть ее обогащение, тепловая обработка и охлаждение;
- заквашивание молока при 46–48 °C неохлажденной(42 °C) закваской для йогурта;

Таблица 3.6. **Характеристики линии производства йогурта — производительность 2000 л/ч**

	Требуемое количество	Установка I	Требуемое количество	Установка II
Метод обогащения		**Добавление сухого обезжиренного молока**		**Концентрирование выпариванием**
Подготовка молока	1	Центробежный насос для перекачивания молока через воронку смешивания с СОМ и резервуары для хранения		
	1	Воронка для замешивания порошка		
	2	Вертикальные резервуары для хранения нормализованного/обогащенного молока		
	1	Центробежный насос для перекачивания хранящегося молока в уравнительный бачок	1	Как для установки I
	1	Уравнительный бачок	1	Как для установки I
	1	Центробежный насос для перекачивания обогащенного/нормализованного молока к пластинчатому теплообменнику	1	Как для установки I
Обработка молока	1	Пластинчатый теплообменник производительностью 2000 л/ч для тепловой обработки молока и охлаждения его до температуры заквашивания	1	Как для установки I
	1	Труба для выдержки молока при тепловой обработке в течение не менее 3 мин	1	Как для установки I
	1	Гомогенизатор (производительность 2000 л/ч) для гомогенизации молока при температуре > 60 °С	1	Как для установки I
	1	Установка горячей воды для обеспечения тепловой энергии, необходимой для нагрева молока	1	Как для установки I
			1	Вакуумная камера для концентрирования нормализованного молока
			1	Центробежный насос для перекачивания молока из выпаривателя в гомогенизатор и для рециркуляции молока к пластинчатому теплообменнику до достижения концентрации
			1	Вакуумный насос для перекачивания конденсата из выпаривателя в регенерационный отсек пластинчатого теплообменника
			1	Вакуумный насос для прокачивания концентрированного молока через пластинчатый теплообменник

Приготовление закваски / производство йогурта	1	Емкость для приготовления материнской и лабораторной закваски.
	2	Резервуар для получения производственной закваски
	1	Объемный насос для перекачивания производственной закваски в резервуар для сквашивания молока
	1	Дозатор для непрерывного заквашивания молока в потоке производственной закваской при производстве перемешанного или густого йогурта
	4–5	Вертикальные резервуары для сквашивания, емкостью 2000 л каждый; и/или инкубационные отсеки/туннель для получения густого йогурта, количество зависит от принятого метода
	1	Объемный насос для перекачивания сгустка к пластинчатому охладителю
	1	Пластинчатый теплообменник (производительность 4000 л/ч) для охлаждения йогурта
	1	Установка холодной воды для охлаждения йогурта
	1	Центробежный насос для рециркуляции воды, используемый как байпасный для перекачки рециркуляционной воды на сторону холодной воды
Смешивание фруктов/упаковка	2	Вертикальные промежуточные резервуары емкостью 3000 л (в зависимости от графика производства)
	2	Объемные насосы (дозирующего типа) для перекачивания йогурта и фруктовых ароматизаторов в смесительное устройство
	1	Устройство для смешивания фруктов и йогурта
	1–2	Машина(ы) розлива йогурта общей производительностью до 2000 л/ч
Система безразборной мойки CIP	1	Пульт управления
	3	Резервуары для моющих растворов
	4	Водокольцевые насосы, используемые как возвратные насосы для мойки
	1	Пластинчатый теплообменник для нагрева моющих растворов
	1	Центробежный насос для подачи моющего раствора
	1	Фильтр для удаления больших частиц из системы безразборной мойки (CIP)
	1	Регулятор пара
Разное	1	Главный пульт управления
	—	Количество клапанов, фитингов и труб, необходимых для каждого отсека, указано выше

Данные по технической документации фирмы *Tetra Pak A/B*.

- сквашивание (инкубация) до достижения кислотности 0,23–0,27 г/100 мл молочной кислоты;
- поддержание непрерывного процесса подсквашивания путем постоянного добавления подготовленного молока при 46–48 °С и одновременном выпуске равного объема; таким образом, объем молока и кислотность (0,23–0,27 г/100 мл молочной кислоты) всегда остаются постоянными;
- охлаждение подсквашенного молока до 32–33 °С, наполнение контейнеров и сквашивание до необходимой кислотности;
- охлаждение йогурта до 5–6 °С, хранение и экспедирование.

3.5.2 Процесс согласно рекомендациям *NIZO*

В начале 1970-х гг. исследовательская группа Нидерландского института исследований в области молочной промышленности (*NIZO*) разработала непрерывный процесс изготовления йогурта, основанный на такой же двухступенчатой ферментации: стадии подсквашивания с последующей стадией формирования сгустка. (Схема этого процесса и рекомендованные условия для работы лабораторной и опытной установки подробно описаны в работах [2, 49, 50] (см. также [46, 97, 98]).) Результаты и рекомендации приведены ниже.

- Закваска для йогурта вырабатывает ЭПС и способствует получению вязкого йогурта; соотношение кокков и палочек в закваске 1:4.
- Температура выдержки в резервуаре для подсквашивания составляет 45 °С; это создает оптимальные условия роста микроорганизмов йогурта и pH молока за 15–20 мин уменьшается до 5,7. При этом pH отношение содержания кокков к палочкам — около 19 : 1, но в конечном продукте оно меняется до 1 : 4. Отношение 19 : 1 необходимо для обеспечения постоянства pH (pH-стат), поскольку подсквашенное молоко постоянно разбавляется, а изменение удельной скорости роста видов влияет на качество йогурта.
- Явление синерезиса, то есть отделение сыворотки от сгустка йогурта, непосредственно связано со степенью механического воздействия, которому подвергается сетка белковых мицелл, но оно может также быть вызвано небрежной обработкой молока, плохим контролем pH и температуры при сквашивании. Воздействие на белковые мицеллы в непрерывном процессе может происходить на следующих этапах: а) при подсквашивании до окончания формирования белковой сетки любое механическое воздействие на сгусток при pH ниже 5,7 может вызвать повреждение сгустка; б) при формировании сгустка образуется белковая сетка, и синерезис может возникнуть при механическом воздействии на гель; в) если после формирования стабильной белковой сетки сгусток перемешивать при pH выше 4,6, то может произойти отделение сыворотки.

Таким образом, синерезис может произойти во второй стадии процесса по *NIZO*, поскольку перемешивание сгустка в непрерывном процессе неизбежно и поэтому возникновение проблем зависит от температуры термостатирования и уровня кислотности. Например, если в течение всего процесса поддерживается температура 45 °С, то следует исключить механические воздействия на сгусток при pH между 5,6 и 4,6 (то есть в критической зоне), а при несколь-

ко пониженной температуре, например, при 37 °С, критическая зона находится между pH 5,6 и 4,8. Поэтому подсквашенное молоко охлаждают до 37 °С перед передачей его в ферментер, так как при более высоком уровне pH (5,7) сгусток можно подвергать механическому воздействию без возникновения синерезиса.

- При более высоких значениях pH скорость разбавления (например, скорость добавления молочной основы в резервуар для подсквашивания) может быть увеличена. Это наблюдение основано на существовании линейной зависимости между концентрацией молочной кислоты и скоростями роста отдельных видов микроорганизмов закваски в контролируемых условиях. Поэтому рекомендуется добавлять в резервуар для подсквашивания (преферментер) свежее молоко со скоростью, при которой поддерживается pH = 5,7, обеспечивая тем самым необходимый баланс между *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и последующее отсутствие синерезиса (см. также [97, 99, 105–107, 110].
- Ферментер с поршневым режимом двухфазного потока предназначен для решения следующих задач: а) исключение механических воздействий на коагулированное молоко в ферментере при перемещении подсквашенного молока; поэтому ферментер снабжен специальным центробежным распределителем [3]; б) предотвращение налипания коагулированного молока на стенки ферментера; для этого резервуар покрыт политетрафторэтиленом (тефлоном, фторопластом) или лецитином; в) исключение разрушения сгустка при перемешивании и удалении коагулированного молока, для чего ферментер снабжен специально сконструированной перемешивающей пластиной [2].
- Продолжительность нахождения подсквашенного молока в резервуаре для формирования сгустка составляет при 37°С 2,5 ч.
- Этот процесс получил свое развитие в оборудовании, способном производить 250 л/ч, но рекомендуемая производительность установки для изготовления йогурта в больших объемах составляет около 4000 л/ч (см. также [103]; рис. 3.69). Хотя промышленное оборудование с такой производительностью и доступно для производителей йогурта, но, по-видимому, промышленность еще не готова им воспользоваться; в будущем, однако, непрерывное производство йогурта может стать вполне возможным.

К предполагаемым преимуществам непрерывного производства йогурта относятся: экономия производственных площадей, уменьшение размера оборудования, снижение потерь йогурта в резервуарах для сквашивания и трубопроводах, снижение размеров участков охлаждения и розлива, большая гибкость при выборе объемов производства, отсутствие необходимости в наличии всего объема молока на момент начала процесса, постоянство качества и свойств продукта, лучший контроль за нарастанием кислотности и меньшее давление при операциях охлаждения и упаковки.

3.5.3 Новейшие разработки

В последние годы исследования в области непрерывного производства йогурта касались в основном кинетики роста микроорганизмов подпитываемой культуры (одного производственного цикла) [125], а также оптимизации и управления подпитыва-

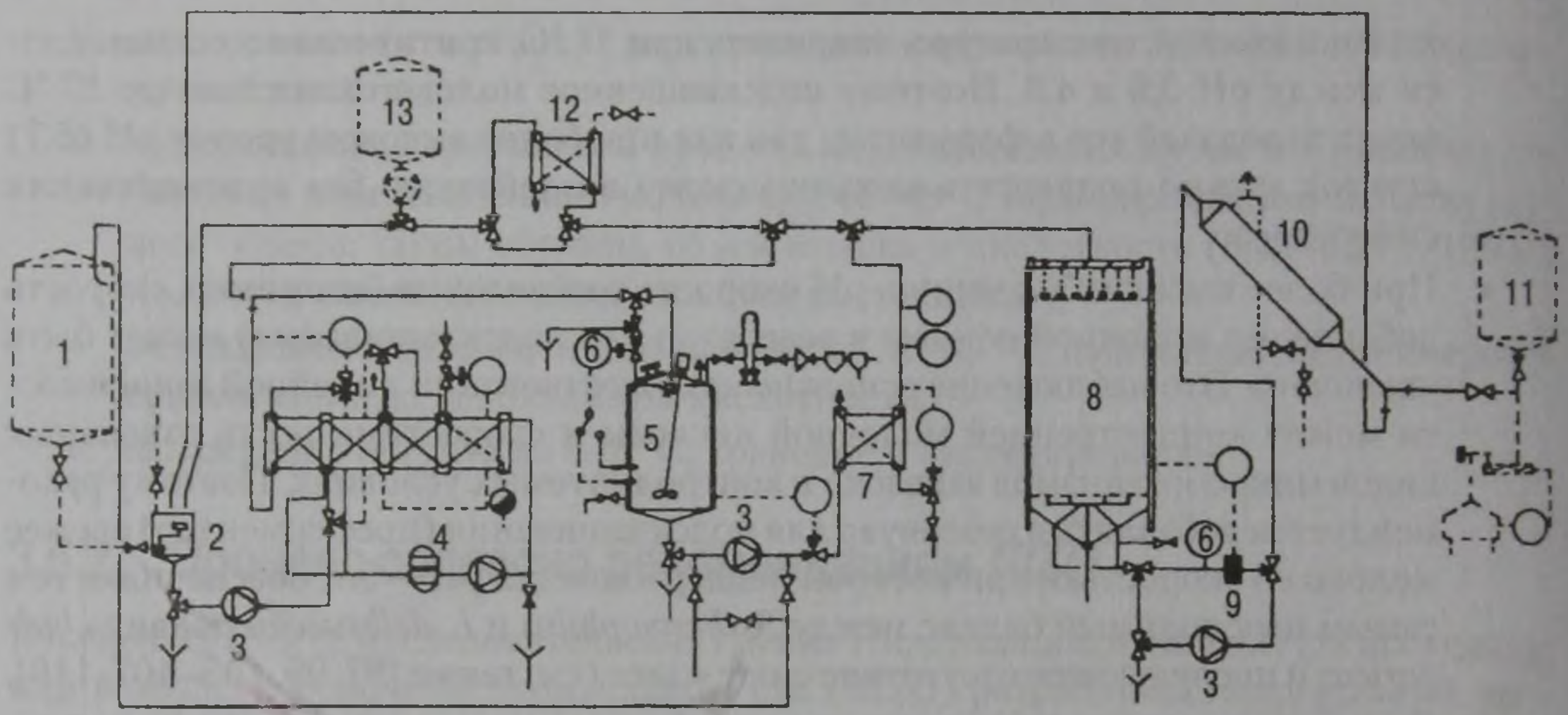


Рис. 3.69. Схема линии *Stork-Amsterdam* для непрерывного получения йогурта с нарушенным сгустком

1 — резервуар для хранения молока; *2* — уравнительный бачок; *3* — центробежный насос; *4* — пластинчатый теплообменник; *5* — резервуар непрерывной ферментации (pH стат-ферментор); *6* — pH-метр; *7* — резервуар для охлаждения; *8* — резервуар для коагуляции (pH ферментер с вытеснением); *9* — объемный (поршневой) насос; *10* — резервуар для охлаждения; *11* — буферный резервуар; *12* — аварийный резервуар для охлаждения; *13* — аварийный буферный резервуар.

Воспроизведено с разрешения *Stork-Amsterdam International*, Великобритания

емыми биореакторами [152]. В обоих случаях основной целью является подсквашивание молока в реакторе для ускорения производства йогурта. В работе [133] микроорганизмы йогурта фиксировались на бусинах из альгината кальция, и скорости роста клеток (КОЕ/ч) для стрептококков и лактобабацилл составляли $1{,}8 \times 10^{11}$ и $1{,}6 \times 10^{11}$ соответственно (см. [131]). Такой процесс обеспечивал стабильное соотношение поступающих в подсквашенное молоко *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, а когда такое молоко использовали для производства йогурта, продолжительность сквашивания уменьшалось на 15–20% [132].

В работах [121, 122] описано подсквашивание молока в течение 51 часа с использованием одной и той же закваски без ухудшения качества продукта. Были сделаны следующие выводы: а) подсквашенное молоко из одного резервуара может быть использовано для заквашивания, по меньшей мере, от 20 до 30 больших резервуаров для ферментации; б) использование большого количества подсквашенного молока (~15%) снижает продолжительность процесса производства йогурта на 50%; в) такая система более гибка по сравнению с непрерывным подсквашиванием (см. [49, 50]) вследствие отсутствия постоянного потока на выходе; г) при повышении количества используемого подсквашенного молока производительность существующей установки может быть удвоена при сравнительно малых капиталовложениях; д) для максимального использования преимуществ этого метода изготовление йогурта следует вести круглосуточно.

Непрерывный процесс получения йогурта описан в работах [139, 140]. На основе уравнений моделирования и лабораторных экспериментов было показано, что высо-

кие постоянные скорости потока и относительно низкий градиент сдвига в трубчатом ферментере способствуют стабильному и непрерывному получению йогурта, а в работе [74] было предложено пять различных моделей непрерывного производства йогурта; в двух первых моделях скорость потока была большой (8,3 л/с), и этот метод требовал использования более мощных насосов по сравнению с другими моделями, в которых скорость потока была очень низкой (0,07 л/с).

Способы непрерывного получения йогурта с использованием двухступенчатых процессов, включавшие предварительное и основное культивирование (сквашивание) в трубчатых реакторах, были описаны в работах [150, 158]. При этом для непрерывного контроля коагуляции казеина как средства контроля процесса использовались рефрактометрия, оптические датчики и ATR-спектроскопия.

В конце 1980-х гг. фирмой *Terlet* было разработано оборудование для непрерывной коагуляции (сквашивания) молока [30]. Предварительно сквашенное молоко поступало в контейнеры (емкостью 120 л каждый), подвешенные к лентам конвейера, размещенным в вертикальной башне. Контейнеры перемещали внутри башни с постоянной скоростью при 45 °С в течение времени, необходимого для коагуляции. Затем йогурт выпускали в охладитель.

3.6 Системы автоматического управления технологическим процессом

В прошлом почти все операции в производстве йогурта, включая мойку, выполнялись вручную, но поскольку установки для изготовления йогурта стали крупнее и сложнее (см. рис. 3.70), руководство предприятия и операторы установок при контроле и управлении производством могут встретиться с большими затруднениями — в особенности, если производство разделено на ряд производственных участков и/или предприятие производит йогурт для различных потребителей из различных ингредиентов.

Связь между различными производственными участками может быть затруднена, в связи с чем для обеспечения безопасности и управляемости процесса необходимы вспомогательные средства. Ими могут служить системы контроля, наблюдения и управления, дополненные какой-либо управленческой информационной системой (УИС) (см. раздел 3.6.8). Такие системы обычно являются нестандартными, создаются специально для определенного производства на основе готовых компонентов, и позволяют операторам вести процесс, а администрации — управлять им. Периодически Международная молочная федерация публикует бюллетени [80, 81, 83, 85] по автоматизации в молочной промышленности. Мы рекомендуем за более полной информацией обратиться к этим публикациям (см. также [34, 101, 112]). Правильное применение автоматизации положительно влияет на следующие аспекты производства:

- технологическая информация о производстве для бизнес-анализа;
- качество продукта;
- гибкость производства;
- управление производством;

- минимизация потерь при пуске и останове;
- диспетчеризация в режиме реального времени;
- планирование ремонта и обслуживания;
- управление и мониторинг мойки CIP;
- организация сбора и удаления отходов.

С их учетом ниже описаны основные принципы автоматизации производства йогурта (материалы были любезно предоставлены *APV* и *Tetra Pak* (Великобритания)).

3.6.1 Уровни автоматизации

Уровни автоматизации, до которых можно довести ту или иную технологическую установку, могут быть различными. Так,

- ручное производство — когда процессом управляет лишь оператор, который вручную меняет состояние задвижек (клапанов) и выбирает те или иные резервуары; уровень автоматизации при этом низок;
- полуавтоматическое производство — когда оператор обладает определенными средствами управления установкой — такими, как клапаны с бесконтактными переключателями для обеспечения четкого отделения технологического процесса от безразборной мойки, мощные и маломощные переключатели и датчики на резервуарах, дистанционный запуск станции безразборной мойки (CIP);
- полная автоматизация — когда работа оператора поддерживается полностью автоматизированной системой, и все команды выдаются автоматическим центром управления или рядом децентрализованных модулей операторского интерфейса, размещенных на установке надлежащим образом; такие системы обычно дополняются УИСами.

Выбор системы для автоматизации существующей производственной установки зависит от многих факторов. Одним из важнейших являются затраты, однако важно также обеспечить такой уровень автоматизации, который, помогая оператору, оставлял бы окончательное решение за ним. Другими словами, избыточная автоматизация так же опасна для технологического процесса, как и ее недостаток (поскольку существует опасность, что квалифицированный оператор может стать излишне пассивным, столкнувшись с машиной, которая «думает» за него). Существующие производственные установки могут быть автоматизированы до полуавтоматического уровня, оставляя все влияющие на важные технологические функции решения за оператором.

Полностью автоматической системой (самый высокий уровень автоматизации) обычно снабжаются новые установки. В этом случае концепция автоматизации так же важна, как и сам технологический процесс, и обе системы (производственно-технологическая и автоматизации) проектируются в комплексе. Существующие установки могут быть непригодны для полной автоматизации без значительных капиталовложений в инфраструктуру производства. Уровень автоматизации производства йогурта (рис. 3.70) в основном зависит от производительности, однако если нет иных ограничений, производство делится на отдельные участки, связанные между собой

через центральный процессор. Тот или иной вариант деления на участки можно выбирать, исходя из каждого конкретного случая, однако вполне может быть реализован вариант, приведенный ниже.

3.6.2 Участок 1

На этом участке осуществляется приемка и хранение молока, а также подготовка исходной смеси. Автоматизация здесь касается операций по подготовке исходного сырья: управления потоком молока от резервуаров для хранения, мойки резервуаров и отбора сухих компонентов (сухого молока, сахара и стабилизаторов).

Этого можно достичь в том случае, если системы управления технологическим процессом позволяют осуществлять контроль и управление следующими параметрами и функциями:

- прием ингредиентов;
- составление рецептуры;
- подача продуктов и безопасность;
- критические параметры процесса;
- обеспечение санитарно-гигиенических параметров;
- облегчение обслуживания;
- обеспечение общего технологического процесса.

Подобное управление достигается установкой по ходу технологического процесса специальных приборов и организацией подачи сигналов от этих приборов в управляющую систему. Система управления сравнивает полученные показания с заданными и осуществляет соответствующие действия — такие, например, как открывание парового клапана для нагрева резервуара системы CIP с моющим средством до необходимой температуры, или (если бункер для хранения заполнен) автоматический выбор следующего по очереди резервуара на заполнение.

Активация команды управления обычно индицируется так, чтобы оператор знал о том, что происходит; это можно назвать обратной связью, которая является наиболее важным свойством системы. Если оператор не знает о ходе процесса, он не может его контролировать. Трубопроводы и клапаны (задвижки) используются для направления продукта с одного производственного участка на другой, и как управляющая система, так и оператор должны знать состояние любого маршрута и особенно текущее положение клапанов (задвижек).

Цепь обратной связи от клапанов позволяет проконтролировать систему, чтобы убедиться в том, что маршрут доступен прежде, чем оператор получит возможность запустить процесс транспортировки продукта или ингредиента.

В настоящее время конструкция клапанов (задвижек) предусматривает это требование, и обычно они работают на сжатом воздухе, двигающем задвижку в одном направлении, и сильной пружиной, перемещающей клапан (задвижку) в обратном направлении. В отсутствие сжатого воздуха все задвижки вернутся в свои исходные положения, и поэтому при проектировании технологической установки важно убедиться в правильности установки задвижек. Выпускные клапаны резервуаров, например, всегда открываются с помощью воздуха и закрываются пружиной. Легко представить, что произошло бы при обратной ситуации в отсутствие воздуха!

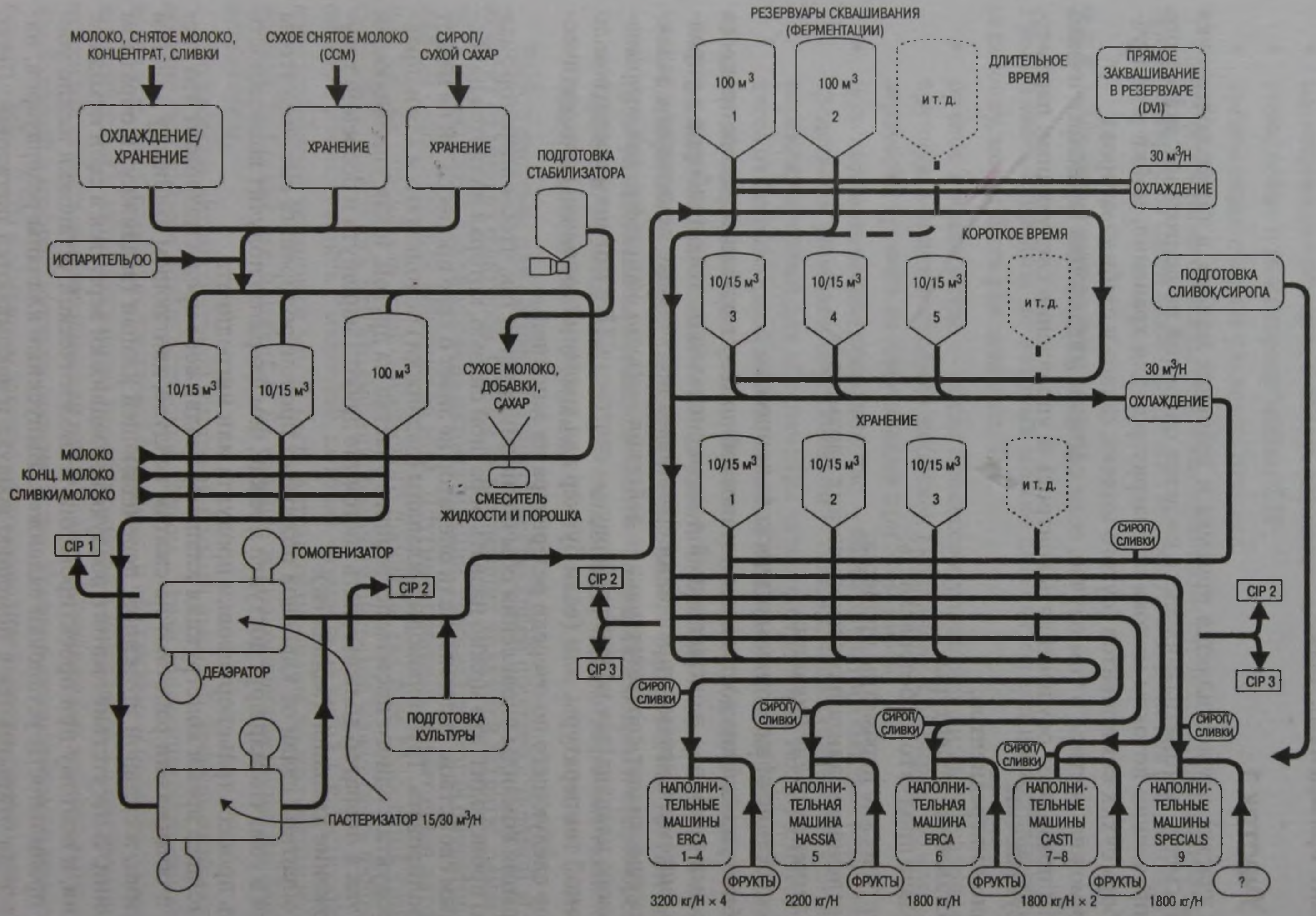


Рис. 3.70. Типовая технологическая схема установки по производству йогурта с нарушенным сгустком производительностью 20 тыс. т в год

Воспроизведено с разрешения *APV U.K. Co.Ltd.*, г. Кроули, Великобритания

Возможны три варианта:

- *Отсутствие обратной связи*: в этом случае задвижка может функционировать, но система управления не может за ней следить. Такой подход используется только тогда, когда имеется какой-либо другой сигнал, позволяющий системе управления следить за результатом открывания задвижки. Например, результат открытия паровой задвижки можно контролировать по подъему температуры в какой-либо точке, однако подобное отсутствие обратной связи обычно не рекомендуется.
- *Одинарная обратная связь*: в этом случае задвижка контролируется только в одном положении. Когда она находится в этом положении, имеется обратная связь (сигнал) для управляющей системы, и в зависимости от конструкции установки контролируемым положением может быть нормально открытое (в отсутствие управляющего сигнала) или нормально закрытое.
- *Двойная обратная связь*: в этом случае задвижка контролируется как в рабочем, так и в исходном положениях. Установка двойной обратной связи — наиболее дорогостоящий вариант, поскольку от каждой задвижки необходимо получать два сигнала; выбор одинарной или двойной обратной связи требует тщательного анализа на стадии начального проектирования.

3.6.3 Участок 2

На этом участке происходит нормализация молока, его гомогенизация и тепловая обработка. Последовательность операций теплообменника может быть легко запрограммирована для нагрева молока до 90–95 °С, выдержки в течение необходимого времени и последующего охлаждения до 40–45 °С. Для достижения этой последовательности пластинчатый теплообменник снабжается некоторыми средствами контроля и управления. Например:

- система управления должна гарантировать достижение необходимых температур;
- должен быть предусмотрен механизм отвода не достигшего заданной температуры молока обратно в резервуар для выдержки (клапан возврата);
- система управления должна обеспечивать выход молока из теплообменника при температуре, необходимой для заквашивания.

Важно, чтобы на этом участке можно было обеспечить эффективную санитарную обработку. Модуль CIP может иметь выделенную систему управления для контроля и управления ее функциями — такими, как а) проверка и регулирование целевой температуры в резервуаре для моющего средства; б) проверка концентрации моющего средства по измерению проводимости раствора и запуск дозирующего насоса моющего средства при низких показателях проводимости; в) контроль обратного потока, температуры и проводимости растворов, используемых для мойки CIP; г) управление задвижками и насосом в соответствии с программой.

3.6.4 Участок 3

На этом участке осуществляется подготовка закваски, и автоматические системы управления могут обеспечить необходимые условия для роста выбранной культуры (см. главу 8). Поточное заквашивание молока может выполняться под управлением автоматической системы в этой же зоне.

3.6.5 Участок 4

Здесь происходит сквашивание молока, и автоматизация касается управления температурой в инкубационный период, контроля за уровнем кислотности (pH) и запуска стадии охлаждения. Как и на предыдущих участках, информация о состоянии всех резервуаров и клапанов должна поступать как в автоматическую систему, так и оператору, но важно также, чтобы система предупреждала оператора о несоответствии контролируемого параметра заданному. Иногда система управления выводит предупреждения на принтер, подключенный к системе. Это обеспечивает два уровня информации: во-первых, немедленное уведомление оператора о нарушениях и о том, что система предпринимает соответствующие корректирующие действия (или о том, что оператор должен осуществить корректировку процесса), и, во-вторых, составление печатной сводки всех аварийных сигналов (для дальнейшего использования). В аварийных ситуациях необходимы звуковые аварийные сигналы, но для предотвращения возможных проблем операторы могут извлечь большую пользу из показаний визуальных индикаторов процесса на своем участке (здесь возможны разные варианты).

Индикатор зачастую выполняют в виде схемы установки, поскольку это позволяет оператору быстро увидеть и оценить состояние процесса. Такие индикаторы (дисплеи) могут иметь одну из следующих форм:

- *Мнемосхема*; такой индикатор в виде схемы всего технологического процесса показывает его участки и транспортные маршруты. Подсветка указывает оператору, когда компоненты активны (например, насос или концевой выключатель верхнего уровня на резервуаре). Такие индикаторы весьма впечатляют посетителей, но их способность информировать оператора весьма сомнительна (из-за большого объема отображаемой информации). Они также лишены гибкости, и при изменении технологического процесса их трудно модернизировать.
- *Матричная панель* — панель световых индикаторов, которые светятся при активизации маршрута. Объект обычно расположен горизонтально, а состояние («пустой», «полный», «в состоянии мойки CIP») показывается на вертикальной оси. Например, мойка резервуара показывается загоранием светового индикатора на соединении указателя резервуара и обозначения состояния установки. Различные цвета индикаторов могут соответствовать различному состоянию — например, зеленый для технологического процесса, коричневый — для мойки CIP, а красный — для аварийных состояний; мигающий сигнал может соответствовать возникновению очереди.
- *Средства цветного отображения графической информации* подобны мнемосхеме, но оборудование по ходу технологического процесса в этом случае ото-

бражается в виде страниц. Начальная страница будет отображать технологический процесс со всеми участками — приема ингредиентов, резервуарами, установками для пастеризации и модулями мойки CIP. Выбор того или иного участка позволяет оператору перейти на следующую страницу, где он показан более детально. Выбор конкретной единицы оборудования позволяет оператору получить отображение ее состояния. Для резервуара, например, будут отображены технические показатели, степень заполнения с помощью цветного уровня, а также стадия процесса — заполнение или опорожнение. Будет также показан объем содержимого резервуара и температура. Отображаемая информация появляется по щелчку мыши.

3.6.6 Участок 5

На данном участке происходит смешивание фруктов с молочной основой, и поскольку предприятие в течение недели может выпускать 15–20 различных видов йогурта, здесь особенно важен автоматический контроль. При этом могут использоваться различные виды фруктов/ароматизаторов (например, клубника, банан, черешня и многие другие), возможны различные свойства для каждого фрукта/ароматизатора (в соответствии с требованиями различных торговых организаций) и различные составы молочной основы для линий производства тех или иных сортов йогурта. Кроме того, каждый вид продукта требует своей упаковки. Обеспечение реализации всех возможных вариантов все в большей степени зависит от компьютерного обеспечения технологического процесса.

Одно перечисление этих факторов показывает, что производитель более не может работать в изоляции, и что рынок оказывает все возрастающее влияние на производство. В планировании выпуска продукции центральной стала проблема диспетчеризации различных партий йогурта, и поскольку продукты с разными рецептурами могут производиться параллельно на одной производственной линии, возможно одновременное прохождение через одну установку нескольких отдельных партий. Определение размеров партий и выбор их маршрутов при движении по установке является довольно сложной задачей, оказывающей определяющее влияние на оптимизацию ресурсов и, в конечном счете, на рентабельность производства. Сложность оптимизации планирования партий увеличивается из-за необходимости соблюдения требуемых объемов заказов на поставку продукции и рыночных требований. При этом в настоящее время наметились две явно выраженные тенденции, оказывающие основное воздействие на производителя: это расширение номенклатуры продукции и обеспечение своевременной доставки («в назначенное время»).

3.6.6.1 Расширение ассортимента продукции

Предвосхищая рыночный спрос, были разработаны самые разнообразные варианты одинаковых по сути продуктов. Этим вариантам присущи определенные черты, рассчитанные на завоевание различных сегментов рынка и дистанцирование от продуктов конкурентов. К типичным факторам, отличающим продукты друг от друга, относят:

- воспринимаемое качество (например, «высокая цена за высокое качество» и, наоборот, «массовое» качество по более низким ценам);

- привлекательность для различных возрастных групп (например, упаковка с мотивами комиксов/мультфильмов и использование тех или иных ароматизаторов для привлечения детей);
- воспринимаемая польза для здоровья (например, продукты пониженной жирности, использование различных йогуртовых культур);
- соблюдение диетических требований (например, «вегетарианские» йогурты, без добавления желатина);
- срок хранения (например, продукты с увеличенным сроком хранения).

Йогурт — продукт по своей природе скоропортящийся, и поэтому различные виды йогурта должны производиться часто. Большинство предприятий производят тот или иной продукт несколько раз в неделю, а в зависимости от его срока хранения иногда и каждый день. Там, где поддерживается широкий ассортимент продукции, различные партии необходимо производить одновременно. Для хранения большого количества партий предприятия должны быть оборудованы многочисленными емкостями различного размера для хранения продукта и иметь большое количество производственных маршрутов. Возникающее в результате многообразие маршрутов и вариантов хранения значительно затрудняет диспетчеризацию партий и планирование, а поскольку производственные мощности ограничены, в работе главного технолога возникает большая напряженность, связанная с необходимостью оптимального распределения партий продукта для максимального использования производственных мощностей.

3.6.6.2 Своевременность доставки

Стремление увеличить срок хранения покупаемых потребителем товаров (увеличение объема продаж) и снизить запасы товара на складе у изготовителя и у продавца (увеличение товарооборота) привело к значительному уменьшению времени, отводимого на изготовление и доставку пищевых продуктов (в частности, молочных). Увеличившаяся при этом мобильность потребителя ведет к росту колебаний спроса на определенные продукты. В результате производители молочных продуктов зачастую получают заказы на продукты лишь за несколько часов до того, как они должны появиться на полке магазина.

3.6.6.3 Производственные графики

Необходимость выпуска большого ассортимента продукции и сокращение сроков поставки оказывает на технологов большое давление. Им приходится принимать больше решений (поскольку увеличение ассортимента продукции означает увеличение количества ингредиентов и маршрутов), причем принимать их следует быстро. Это означает, что за короткое время необходимо обрабатывать больший объем информации о партиях.

Поэтому зачастую для планирования производства используют графическое представление технологических процессов. В частности, диаграммы Гантта — графики технологических процессов и графики работы машин и аппаратов — применяют для отображения операций технологического процесса, движения отдельных партий сырья и продукта в ходе технологического процесса, а также занятости оборудования. Про-

изводственные календарные диаграммы применяют для отображения отдельных партий продукции при продвижении их в ходе технологического процесса (рис. 3.71). Поскольку для каждой партии может быть составлен отдельный график, такие показатели, как использование оборудования и длительность производственного цикла могут быть оценены довольно быстро. Так как производственные графики отображают потоки ингредиентов в установке и дают информацию о времени использования отдельных технологических блоков, они отражают суть производственного процесса.

3.6.6.4 Диспетчеризация партий

Поскольку графики движения отдельных партий продукта охватывают большое количество технологических данных, при изготовлении вручную они могут стать крайне трудоемкими. Это означает, что трудно будет отразить текущую информацию о процессе, и поэтому такие графики часто невозможно использовать для планирования производства. Можно утверждать, что для построения графика требуется детальное знание:

- производительности отдельных производственных блоков;
- рецептур, необходимых для изготовления различных продуктов;
- требуемых объемов производства того или иного продукта.

Там, где производственные требования относительно просты и меняются незначительно, такие производственные графики могут быть построены достаточно быстро с помощью карандаша и бумаги. Этот метод часто используют там, где на установках производят один или два продукта, а стадии производства легко прогнозируются. Однако при большом ассортименте продукции и непродолжительном производ-

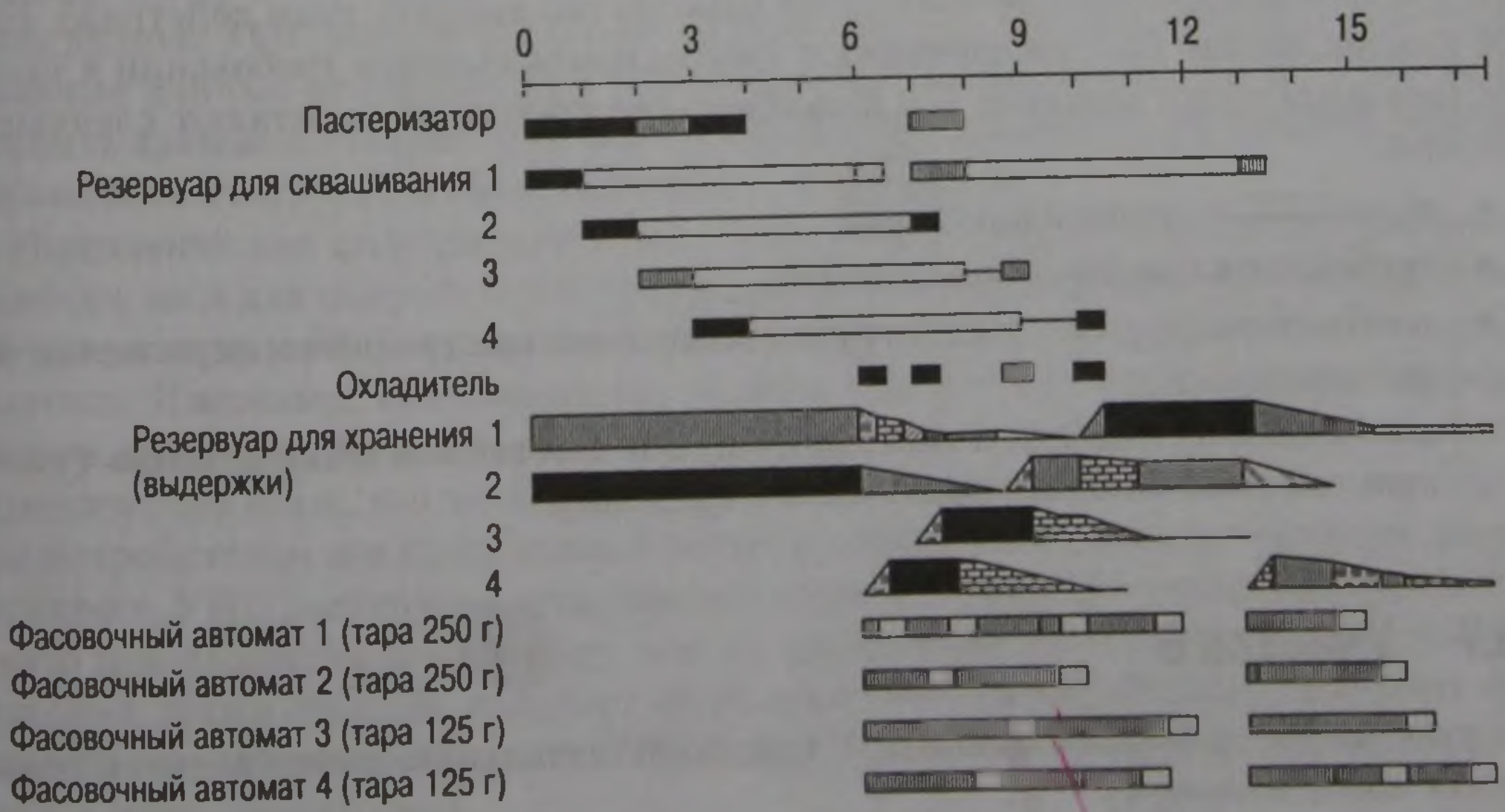


Рис. 3.71. График работы оборудования при производстве йогурта
Воспроизведено с разрешения *APV UK. Co. Ltd.*, г. Кроули, Великобритания

ственном цикле требуется ускоренное планирование, и построение графиков (диаграмм) может быть автоматизировано с помощью пакетов электронных таблиц или, что еще лучше, специализированного программного обеспечения.

3.6.6.5 Программное обеспечение диспетчеризации партий

Такое программное обеспечение обычно состоит из базы данных, связанной с комплексом алгоритмов для планирования производства. База данных содержит сведения о производственном оборудовании и маршрутах, а также данные о видах продуктов и рецептурах.

Алгоритмы диспетчеризации включают логические правила, по которым строится график. Обычно это физические ограничения, такие, как, например, «различные продукты должны производиться по отдельности», и правила планирования, которые отражают передовые методы организации производства — например, «заполнять первый освободившийся резервуар». Для создания графика технологического процесса в соответствии с определенными производственными требованиями данные о заказах и требованиях по доставке должны быть введены в пакет диспетчеризации. Эта информация в сочетании с данными о рецептуре, производительности оборудования и возможных соединениях установки используется для формирования информации о количестве и размере различных партий, требуемых для выполнения конкретных заказов. Результаты планирования применяются затем для разработки графика производственных процессов, содержащего данные о сроках выпуска отдельных партий.

Подобное планирование может быть осуществлено в полуавтоматическом режиме (с подтверждением пользователя об объеме каждой партии и оборудовании, используемом для их производства) или в полностью автоматизированном режиме (при этом пользователь принимает участие в процессе только в том случае, если правила построения графика не позволяют однозначно выбрать план действий). Готовый график можно быстро изменить с учетом изменившихся требований к производственному оборудованию. На планирование производства влияют следующие факторы:

- выполнение заказов клиентов;
- требования к мойке оборудования;
- необходимость сочетания загрузки оборудования с графиком пересменки операторов;
- необходимость свести к минимуму пуски и остановы оборудования (уменьшая тем самым потери продукции и времени).

3.6.7 Участок 6

Это участок безразборной мойки CIP (см. дополнительную информацию о безразборной мойке в главе 4).

До сих пор мы рассматривали способность системы управления к мониторингу и управлению процессом, но работа оборудования для розлива и упаковки зависит от

менеджмента — например, если кто-то забудет приобрести необходимые пакеты, расфасовка йогурта станет невозможной. В связи с этим необходимо, чтобы система управления предусматривала возможность расширения и позволяла предоставить администрации информацию, необходимую для контроля взаимодействия с фирмой внешних поставщиков/потребителей и контроля работы установки.

3.6.8 Управленческая информационная система

Большие объемы данных от различных систем автоматического управления производственным процессом могут быть переданы управленческой информационной системе (УИС). УИС использует эти входящие данные для получения значимой для руководства предприятием информации, позволяя быстро оценить состояние технологического процесса. Это позволяет руководству реагировать на изменяющиеся условия, повышая таким образом эффективность производства. Обычно УИС позволяет интегрировать данные со следующих участков:

- приемки сырья (например, весы для резервуаров с исходным натуральным молоком);
- систем управления технологическим процессом;
- систем контроля товара на складе и диспетчеризации;
- фасовочно-упаковочных агрегатов и укладчиков тары на поддоны;
- котельных и других технических служб.

После получения данных УИС проверяет и хранит их в структурированной базе данных, которую затем можно запрашивать для получения той или иной информации. Данные отображаются обычно в табличной или графической форме, что обеспечивает быстрое их восприятие. С помощью выбора и соответствующего представления данных УИС выполняет своего рода их интерпретацию (на этом этапе необработанные данные превращаются в необходимую информацию). Так, УИС могут выдавать данные о товарах на складе, о партиях продукции, о применении мойки, о требованиях к загрузке и обслуживанию оборудования.

Управленческая информация может представлять интерес не только для производителя, но и для потребителей продукции. УИС поэтому может оказаться полезной в смысле привлечения крупных заказчиков — таких, например, как сеть супермаркетов. Например, архивирование данных о мойке CIP (температура, скорости потоков, продолжительность моечного цикла) используется для контроля строгих гигиенических норм, что необходимо не только самому производителю, но и крупным потребителям его продукции. Быстро и автоматически интерпретируя данные о процессе, УИС дает руководству предприятия и технологам информацию, необходимую для принятия конкретных мер по улучшению технологического процесса. Персонал, таким образом, получает возможность более эффективно управлять производством — можно сказать, что УИС создает канал передачи информации от «датчиков в совет директоров».

3.6.9 Архитектура системы

Чтобы автоматизированная система могла контролировать производственный процесс, управлять им, обобщать административную информацию и отображать ее, требуется большая тщательность при ее проектировании, поскольку требования для реализации тех или иных функций системы могут быть различны. Соотношение между контролем и управлением должно быть определено на очень ранней стадии проектирования технологического процесса, а требования оператора установки и администрации должны быть увязаны со сложностью и стоимостью системы. Для простых установок требуются простые системы, а для проектирования полностью автоматической системы имеется несколько «золотых правил»:

- система должна позволять оператору эффективно контролировать процесс;
- система должна позволять технологу эффективно управлять процессом;
- не стрелять из пушки по воробьям! (не следует излишне автоматизировать процесс);
- сложность системы должна соответствовать сложности процесса.

Первый этап определения архитектуры системы — создание концепции проектирования, когда должны быть рассмотрены и взвешены пожелания всех сторон. На рынке имеется множество систем, так что на начальном этапе проектирования может потребоваться помощь специалиста. Большинство поставщиков оборудования и подрядчиков имеют возможность обратиться к специалистам, которые могут помочь выбрать соответствующую систему автоматизации для того или иного технологического процесса. Основой является именно технологический процесс — система автоматизации играет вспомогательную роль. Много хорошего оборудования было испорчено из-за внесения изменений в технологический процесс ради возможности применения дешевой системы автоматизации.

Схема, приведенная на рис. 3.72, демонстрирует концепцию полной автоматизации на основе децентрализованной системы управления технологическим процессом с встроенной подсистемой УИС. Децентрализованные интерфейсные панели позволяют оператору осуществлять локальное управление процессом, а УИС контролирует и отображает соответствующую управленческую информацию, которая может быть отображена в любом месте предприятия с помощью дублирующих панелей.

3.6.10 Безопасность системы

УИС обычно рассматривается как общая база данных с системой доступа, зависящей от статуса или должности того или иного лица. Чем шире доступ, тем больше опасность нарушения работы системы, и поэтому доступ должен быть основан строго на «принципе необходимого знания» (стратегия защиты информации, соответственно которой пользователь получает доступ только к данным, безусловно необходимым ему для выполнения конкретной функции). Система должна быть также защищена часто сменяемой системой паролей. Пароли могут быть личными или должностными, причем каждый вход в систему может протоколироваться.

Например, оператору может потребоваться доступ к модулю операторского интерфейса для управления установкой, в связи с чем ему потребуется пароль доступа

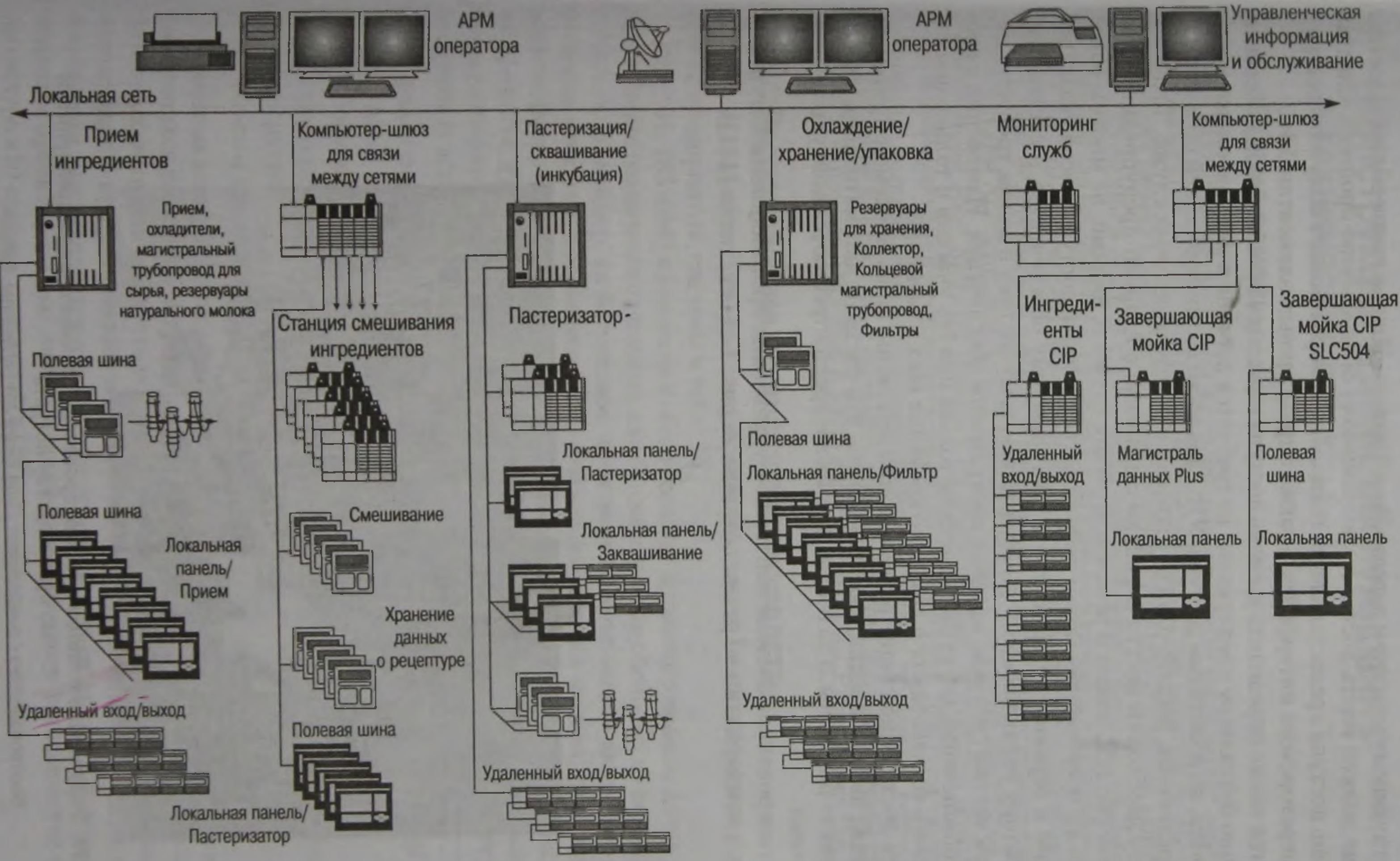


Рис. 3.72. Автоматизированная система управления производством йогурта

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (U. K.)*, Лондон, Великобритания.

к соответствующему участку и персональный пароль. Ни при каких обстоятельствах оператор не должен иметь доступ к программному обеспечению процесса. Следующий уровень доступа предоставляется технологу, который может получить доступ к модулю операторского интерфейса, а также определенным элементам УИС.

Требуется также определить уровень доступа каждого к программному обеспечению. Обычно бухгалтеру предприятия не требуется доступа к модулю операторского интерфейса, но необходим доступ к УИС для работы с информацией об использовании ингредиентов, рецептур, виде упаковки и работе отдельных служб. Техническому отделу необходим доступ к файлам с данными о планово-предупредительном техническом обслуживании и ремонте, о работе служб и, видимо, не многим более. Руководителю предприятия может потребоваться полный доступ ко всей указанной информации и ограниченный доступ к программному обеспечению, а системному администратору, управляющему и поддерживающему систему в целом, требуется доступ ко всем частям системы, включая программное обеспечение. Изменения в программном обеспечении могут быть сделаны только при его участии и только при наличии полного согласования и документирования всех изменений.

Хотя эти достаточно общие рекомендации призваны лишь продемонстрировать преимущества автоматизации, важно помнить, что системы автоматизации на разных установках различны, и на всех этапах их внедрения требуются консультации со специалистами.

Автоматизированная система контроля и управления производством йогурта на современном предприятии в Греции показана на рис. 3.73 (см. также [111]).

Рис. 3.73. Управление технологическим процессом на современном предприятии по производству йогурта

Воспроизведено с разрешения *Delia Dairy S.A.*, г. Афины, Греция.

3.7 Конструкция зданий, обслуживание и технические службы

3.7.1 Общие основы

Как уже указывалось выше, Международная молочная федерация опубликовала много документов по различным гигиеническим аспектам молочного производства, включая собственно производство, перерабатывающее оборудование, мойку и дезинфекцию, хранение и сбыт. В 1997 г. было опубликовано руководство *Проектирование зданий и служб молочного производства с учетом санитарных требований* [86] с рекомендациями для проектировщиков предприятий, предусматривающими санитарные барьеры между сырьем и готовой продукцией. Аналогичные рекомендации были опубликованы Ассоциацией исследований в области пищевых продуктов (*Campden & Chorleywood Food Research Association*) относительно устройства потолков, стен, полов и коммуникаций производственных помещений [164, 165]) (см. также [33, 89]). Следование вышеуказанным рекомендациям облегчает получение сертификатов и осуществление контрольных проверок при реализации полной системы управления качеством (например, ISO 9000 и 9001) или системы *HACCP* (см. также [53, 151, 153]).

3.7.2 Расположение молочного производства

Различные факторы, которые необходимо учитывать при выборе места для размещения предприятия, сведены в табл. 3.7.

По [164, 165 и 86] компоновка оборудования молочного производства учитывает размещение различных отделений или блоков с учетом специфики технологического процесса. Например, на йогуртовом производстве компоновка включает: а) участок приемки молока и ингредиентов; б) участок подготовки молока; в) участок производства йогурта (включая подготовку закваски и работу с ней); г) участок расфасовки продукта; д) складские участки для сырья и продукции; е) холодильные хранилища; ж) лаборатории контроля качества. При подобной компоновке следует учитывать следующие аспекты:

- различные родственные продукты могут вырабатываться на одном производстве;
- оборудование является дорогим и стационарным;
- продолжительность технологического процесса меняется в зависимости от операции;
- объемы продаж продукции непостоянны.

С учетом этих аспектов рекомендуется включать в группу проектировщиков, занимающихся компоновкой оборудования, менеджера, технолога, микробиолога, архитектора, эксперта по работе установок и/или инженера. На любом молочном производстве, где приемка молока и его переработка выполняются в одном здании или помещении, рекомендуется эти участки отделять друг от друга. В целом системный подход к проектированию любых зданий для молочного производства основан на процедуре «10 шагов», описанной в [86].

Таблица 3.7. **Факторы, учитываемые в выборе места строительства нового молочного производства**

Основные факторы	Вспомогательные факторы
Размещение молочного производства на местности	Топография Ландшафт Качество почв Фундамент здания
Климатические условия	Солнечный свет Преобладающие ветры Осадки в виде дождя или снега, связанные с окружающими возвышенностями, растительностью и акваториями Растительность Подъем грунтовых вод (паводки) Влажность воздуха
Окружающая инфраструктура	Близлежащие предприятия Сельскохозяйственные земли Водоснабжение Энергоснабжение Использование зоны строительства может регламентироваться местными властями
Общественность и вопросы охраны окружающей среды	Законодательство об охране окружающей среды Демографический аспект Сброс сточных вод Шум, дым и пыль Доступность рабочей силы
Молочные ресурсы	Прямые поставки с ферм и/или молокосборного пункта Минимизация времени транспортировки для обеспечения хорошего микробиологического качества сырого молока
Возможности расширения	Технологическая линия с входом и выходом на одной стороне обеспечивает: а) экономию места и б) возможность расширения в трех направлениях, однако при этом затруднено расширение зон, расположенных внутри Прямая технологическая линия имеет следующие достоинства: а) вход и выход полностью отделены; б) простота разделения на участки (см. в тексте) для снижения санитарных рисков; в) расширение большинства функций возможно в двух направлениях; единственным недостатком является то, что увеличивается требуемая общая площадь

По [86].

3.7.3 Деление молочного производства на зоны риска

При выборе схемы производства йогурта с линейным потоком ключевым моментом в проектировании с учетом санитарных норм является деление производства на зоны риска, которые определяются следующим образом:

Зеленые зоны — это зоны, где риск загрязнения производимых продуктов отсутствует, или зоны, где загрязнение пренебрежимо мало. Примерами таких зон могут служить участок приемки натурального молока, системы мойки возвратной тары, туалеты, оборудование для мойки CIP и силовые электрогенераторы. Вместе с тем эти участки должны быть изолированы один от другого — в частности, участок безразборной мойки (CIP) оборудования для натурального необработанного молока должен быть отделен от участка технологических установок, туалеты — от участка приемки натурального молока и «мокрые» зоны — от «сухих».

Желтые зоны — это зоны, в которых принимаются меры для профилактики микробиологического загрязнения. В этих зонах риск подвергнуть продукт загрязнению из окружающей среды ограничен, но эти зоны граничат с «красными» зонами повышенного риска. Примерами «желтых» зон на предприятии по производству йогурта являются склад упаковочных материалов, лаборатории и участки обработки молока; «мокрые» и «сухие» участки в этой зоне также должны быть отделены друг от друга.

Красная зона — зона, где требуется соблюдение строжайших санитарных мер для сведения к минимуму риска попадания загрязнений в продукт из окружающей среды (например, воздуха, машин и оборудования, трубопроводов, помещений и/или персонала). Такими зонами на производстве йогурта являются участок получения производственной закваски, резервуары сквашивания йогурта, участки подготовки фруктов/ароматизаторов, участок расфасовки и упаковки йогурта.

В «желтых» и «красных» зонах для контроля методом *HACCP* в качестве критериев следует использовать следующие точки:

- здания и сооружения;
- маршруты движения продукта (ов);
- персонал.

3.7.4 Проектирование и строительство зданий для молочного производства

Опыт, накопленный в молочной промышленности, показывает, что материалы, используемые для строительства, обычно соответствуют всем критериям по своей долговечности и возможности очистки; однако используя сухую штукатурку (например, при строительстве стен), довольно трудно обеспечить соблюдение санитарных требований [86, 164, 165]. Риск загрязнения обусловлен при этом не самими элементами конструкции, а загрязнениями из внешних источников, которые вносят в здание различные механизмы.

Здания для молочного производства должны обеспечивать создание безопасной для производства среды. Они должны, в частности:

- защищать технологическое оборудование от примесей и загрязнения микроорганизмами;

- обеспечивать безопасные и комфортные условия для работы персонала, защищать сотрудников от вредного воздействия окружающей среды;
- быть рентабельными при минимальной стоимости обслуживания.

Для достижения этих целей здания должны быть достаточно просторными, с проходами между элементами здания и оборудованием, а также с достаточным пространством между отдельными единицами оборудования. Конструкция здания должна обеспечивать, во-первых, размещение оборудования и коммуникаций на необходимом расстоянии от стен (для обеспечения свободного доступа для обслуживания и ремонта), и, во-вторых, обслуживание, мойка CIP, ремонт и обслуживание технологического оборудования не должны оказывать вредного воздействия на материалы здания.

Подробные рекомендации по зданиям для молочного производства даны Международной молочной федерацией [86]. Они включают схемы конструкций, которые отвечают требованиям или являются предпочтительными, а также конструкций, которые применять не следует. Эти рекомендации и позволяют сделать приведенные ниже выводы.

3.7.4.1 Этажность

По возможности технологическая зона должна быть расположена на одном уровне, поскольку в многоуровневом здании трудно мыть лестницы и перемещать жидкости из одной зоны в другую; в многоэтажном здании желательно все основные технологические операции разместить на одном уровне.

3.7.4.2 Крыши

Крыша должна исключать проникновение воды, грызунов и птиц, а также а) при использовании гидроизоляции она не должна образовывать впадины; б) конек крыши или участки изменения направления должны быть гидроизолированы; в) для предотвращения луж крыша должна обеспечивать сток в водосточные желоба; г) для предотвращения затекания воды в здание стыки крыши и стен должны быть гидроизолированы; д) для обеспечения стока жидкости и возможности очистки пространства под оборудованием вытяжные вентиляторы или холодильная установка должны монтироваться на безопасном расстоянии от крыши; е) трещины должны быть заделаны, и при использовании специального покрытия или герметика они должны быть устойчивы к воздействию химических веществ (например, кислот или паров мойки CIP) и ультрафиолетовых лучей. Кроме того, уклон ската крыши > 10° исключает возможность проникновения жидкости извне через стыки черепицы или другого покрытия.

3.7.4.3 Водосточные желоба

Водосточные желоба следует размещать вне наружной обшивки стен и значительно продлевать часть крыши за стену до перехода в желоб (для сведения к минимуму проникновения загрязнений в результате изменений давления ветра на стену и крышу). Следует избегать использования внутренних водосточных желобов, поскольку при их засорении загрязнения могут попадать внутрь здания.

3.7.4.4 Потолки

Потолки должны обеспечивать защиту от пыли и влаги. Некоторые рекомендации для их сооружения сводятся к следующему: а) стыки (верхние и нижние поверхности обшивки потолка) должны быть соответствующим образом изолированы; б) для уменьшения конденсации следует обеспечить наклон не менее 10° и надлежащую изоляцию; в) следует обеспечить специальную гидроизоляцию для уменьшения появления трещин из-за теплового расширения; г) низ потолка должен быть гладким; д) пустоты между крышей и потолком должны иметь доступ, расположенный вне технологической зоны (в противном случае проход должен быть снабжен воздушным шлюзом).

3.7.4.5 Стены

Как внутренние, так и наружные стены должны быть специально сконструированы и сооружены для предотвращения попадания внутрь загрязнений и для защиты от вредителей. Они должны быть изолированы, без трещин. Если для наружной обшивки стен используются листовые материалы, все стыки и напуски должны быть гидроизолированы. Общие рекомендации относительно стен заключаются в следующем: а) конструкционные перегородки, подвергающиеся воздействию окружающей среды, должны быть гидроизолированы и выполнены с наклоном с целью обеспечения свободного стока для предотвращения задержки влаги; б) пустоты в бетонных блоках должны быть заполнены, в противном случае трещины в швах, заполненных строительным раствором, могут стать источником загрязнения; в) внутренние поверхности должны быть облицованы эластичным, легко моющимся покрытием; г) для облегчения мойки предпочтительно выполнять швы с заполнением строительным раствором с радиусом 12 мм (не прямыми).

Внутренние стены должны быть покрыты легко моющимся материалом, препятствующим пузыреобразованию и росту плесени, устойчивым к воздействию молока, кислот и химикатов, применяемых при безразборной мойке CIP.

3.7.4.6 Окна и двери

Окна и двери (внутренние и внешние), воздушные шлюзы и съемные панели должны быть выполнены соответствующим образом. Некоторые примеры предпочтительных конструкций даны Международной молочной федерацией в работе [86].

3.7.4.7 Полы

Полы должны быть рассчитаны на большую нагрузку и вибрацию от оборудования, надлежащим образом гидроизолированы и должны обеспечивать необходимый сток. Очень важен правильный выбор материалов покрытия пола. Они должны быть легко моющимися, выдерживать растворы CIP, включая кислоты, и быть нескользкими. В качестве покрытий пола широко применяются, например, эпоксидные смолы. Дополнительные данные можно почерпнуть в работах [37, 88, 172].

3.7.4.8 Коммуникации

Коммуникации включают электропроводку, вентиляционные каналы, водостоки, канализацию, освещение, каналы разгрузки давления, настилы и платформы, лестницы и трубопроводы. Их характеристики также приводятся Международной молочной федерацией [86].

3.8 Заключение

Очевидно, что на реологические свойства йогурта может влиять большое число факторов (см. главу 2), включая механические операции со сгустком (то есть то, что мы и рассматривали в данной главе). Напряжение сдвига может уменьшать вязкость йогурта, а явления, связанные с улучшением консистенции продукта через 24 ч хранения при температуре менее 5 °С требуют более детального изучения (см. [87]). Поэтому можно предположить, что дальнейшее развитие науки и технологии в производстве йогурта приведет к:

- пониманию физической сущности поведения сгустка после воздействия напряжения сдвига при его последующем охлаждении;
- улучшению состава СМО молочной основы (например, в сочетании сухого обезжиренного молока и сывороточных белковых концентратов) и, возможно, гомогенизации молока после тепловой обработки (а не до нее) при 60–70 °С;
- обеспечению большего разнообразия заквасок смешанного состава для удовлетворения запросов потребителей и улучшению функциональных свойств йогурта и родственных ему продуктов;
- росту степени автоматизации, особенно на крупных централизованных предприятиях по производству йогурта и улучшению контроля и мониторинга в процессе изготовления продукта;
- возрождению процесса *NIZO* для непрерывного производства йогурта.

3.9 Литература

1. Aneja, R. P. (1990) In *Recombination of Milk and Milk Products*, Special Issue No. 9001, International Dairy Federation, Brussels, pp. 186–195.
2. Anon. (1975a) Netherlands Patent Application, NL 7 508 982.
3. Anon. (1975b) Netherlands Patent Application, NL7509155.
4. Anon. (1977) In *The Influence of the Cooling Rate on the Quality of Stirred Yoghurt*, Publication No. 225, Danish Research Institute, Hillerwd, Denmark.
5. Anon. (1981a) *Food Manufacture*, 56(11), 73.
6. Anon. (1981b) *North European Dairy Journal*, 47, 58.
7. Anon. (1982) *Food Engineering International*, 7(8), 59.
8. Anon. (1983a) *Jndustria Alimentari*, 22(202), 137.
9. Anon. (1983b) *Deutsche Molkerei-Zeitung*, **103**, 1539.
10. Anon. (1984) *Dairy Industries International*, 59(5), 25.
11. Anon. (1985) *Food Processing*, **46**, 110.
12. Anon. (1989a) *Sairy Industries International*, 54(5), 36.

13. Anon. (1989b) *European Dairy Magazine*, No. **1**, 70.
14. Anon. (1990a) *Dairy Foods*, 91(11), 96.
15. Anon. (1990b) *European Dairy Magazine*, No. 2, 41.
16. Anon. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 922.
17. Anon. (1992) *Milk Industry*, 94(2), 22.
18. Anon. (1995) *Deutsche Milchwirtschaft*, **46**, 421.
19. Anon. (1996a) *Scandinavian Dairy Information*, 10(4), 43.
20. Anon. (1996b) *Dairy Foods*, 97(11), 33.
21. Anon. (1996c) In *Processing of Emulsions and Dispersions by Homogenisation*, Bulletin No. 3850.00, APV Nordic, Denmark.
22. Anon. (1996d) In *APV Homogenisers*, Bulletin No. 1900.55, APV Nordic, Denmark.
23. Anon. (1996e) In *Heat Exchangers*, Marketing Bulletin, APV Nordic, Denmark.
24. Anon. (1996f) *Deutsche Milchwirtschaft*, 47, 324.
25. Anon. (1996g) *Dairy Industries International*, 61 (11), 31.
26. Anon. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 584.
27. Bedwell, P. (1984) *Food Processing*, 53(5), 45.
28. Bianchi-Salvadori, B. (1989) *Quaderni dell'Instuto Lattiero Caseario di Thiene*, No. **18**, 38.
29. Bird, J. (1993) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **46**, 35.
30. Boer, J. (1987) European Patent Application, EP0242916A1.
31. Brennan, S. G., Butters, J. K., Cowell, N. D. and Lilley, A. E. V. (1990) In *Food Engineering Operations*, 3rd Edition, Elsevier Applied Science, London.
32. Briem, J. (1992) *European Dairy Magazine*, 4(2), 22.
33. Brolchain, M. O. (1993) In *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Vol. 3, Ed. by Macrae, R., Robinson, R. K. and Sadler, M. J., Academic Press, London, pp. 1710–1713.
34. Bylund, G. (1995) In *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak (Processing System Division) A/B, Lund, Sweden.
35. Capogna, D., Bodria, L. and Riva, G. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 221.
36. Castaigne, F., Poirier, R. and Deydier, Y. (1985) In *Dairy Science and Technology — Principles and Applications, Ed.* by Brochu, E., Dumais, R., Julien, J.-R., Nadeau, J. P. and Riel, R., La Foundation de Technologie Laitierre,du Quebec, Quebec, pp. 118–148.
37. Cattell, D. (1988) In *Specialists Floor Finishers - Design and Installations*, Blackie and Son, Glasgow.
38. Caviezel, L. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 568.
39. Cazanave, L. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 399.
40. Cheryan, M. (1998) In *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*, Technomic Publishing, Basel.
41. Corrieu, G., Picque, D., Ferret, B. and Quemener, P. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 51.
42. Cottenie, J. (1978) *Cultured Dairy Products Journal*, 13(4), 6.
43. Crawford, R. J. M. (1962) *Journal of Dairy Engineering*, 79(1), 4.
44. Dalhluisen, J. J. (1972) In *Yoghurt Production — Technical and Technological Information*, Technical Bulletin 0772 801/00/0080, Stork Amsterdam BV, Amstelveen.
45. Doty, N. C. (1986) In *Aseptipak "86*, Proceedings of the 4th International Conference and Exhibition on Aseptic Packaging, Schotland Business Research, Princeton, pp. 131–136.
46. Driessen, F. M. (1981) In *Mixed Culture Fermentation*, Ed. by Bushell, M.E. and Slater, J.H., Academic Press, London, pp. 99–120.
47. Driessen, F. M. and Loones, A. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, 3, pp. 1937–1953.
48. Driessen, F. M. and Loones, A. (1992) In *New Technologies for Fermented Milks*, Doc. No. 277, International Dairy Federation, Brussels, pp. 28–40.
49. Driessen, F. M., Ubbels, J. and Stadhouders, J. (1977a) *Biotechnology and Bioengineering*, **XIX**, 821.
50. Driessen, F. M., Ubbels, J. and Stadhouders, J. (1977b) *Biotechnology and Bioengineering*, **XIX**, 841.
51. Driessen, F. M., Kluts, P. B. G. and Knip, J. (1989) European Patent Application, EP0316031 A.
52. Ehrmann, A. (1972) *Dairy Science Abstracts*, **34**, 602.
53. EU (1992) *Official Journal of European Community*, Directive 92/46, **L 268,1.**
54. Evavoll, S. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47,690.
55. Fergusson, P. H. (1985) British Patent Application, GB2149638 A.
56. Fikiin, A., Palov, D. and Boichinov, E. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 172.
57. Fong, C. F. C. M., Trucotte, G. and De Kee, D. (1995) *Journal of Food Engineering*, 27, 63.
58. Fryer, P. J.,Pyle, D. L. and Reilly, C. D. (Eds.) (1997) In *Chemical Engineering for the Food Industry*, Blackie Academic & Professional, London.

59. Galesloot, Th. E. (1958) *Netherlands Milk & Dairy Journal*, **12**, 130.
60. Gandhi, D. N. (1986) *Indian Dairyman*, **38**, 99.
61. Gardini, F., Lanciotti, R., Macchiarolo, F. and Torriani, S. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 401.
62. Girginov, T. (1965) Cited by Driessen et al. (1977a).
63. Goavec, J. J. (1983) French Patent Application, FR2513083A1.
64. Guyot, R. (1986) French Patent Application, FR2572255A1.
65. Hall, C. W. (1976) In *Dairy Technology and Engineering*, Ed. by Harper, W.J. and Hall, C.W., AVI Publishing, Westport, pp. 429–503.
66. Hall, C. W., Farrall, A. W. and Rippen, A. L. (Eds.) (1986) In *Encyclopaedia of Food Engineering*, 2nd Edition, AVI Publishing, Westport.
67. Hansen, R. (1977) *North European Dairy Journal*, **43**, 274.
68. Hansen, R. (1984) *North European Dairy Journal*, 50, 193.
69. Hansen, D. (1996) *Scandinavian Dairy Information*, 10(4), 24.
70. Harper, W. J., Seiberling, D. A. and Blaisdel, J. K. (1976) In *Dairy Technology and Engineering*, Ed. by Harper, W. J. and Hall, C. W. AVI Publishing, Connecticut, pp. 387–428.
71. Hartman, L. (1995) *Dairy Foods*, 96(6), 62.
72. Hellstrom, F. (1986) *North European Dairy Journal*, 52, 277.
73. Herner, E. (1987) *Dairy Field*, 170(3), 26.
74. Ho, S. and Mittal, G. S. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 146.
75. Honer, C. (1988) *Dairy Foods*, 89(3), 53.
76. Hong, Y. H. (1995) *Dairy Science Abstracts*, 57, 954.
77. Hotchkiss, J. H. (1987) *New York's Food and Life Sciences Quarterly*, 17(3), 18.
78. Houska, M., Gree, R., Kyhos, K., Zitny, R. and Sestak, J. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 341.
79. Hyman, E. L., Herne, J. and Read, R. (1996) *Development in Practice*, 6, 161.
80. IDF (1973) In *Automation in the Dairy Industry*, Doc. No. 72, International Dairy Federation, Brussels.
81. IDF (1985) *Control Systems for Automated Dairy Processes*, Doc. No. 185, International Dairy Federation, Brussels.
82. IDF (1988) In *Fermented Milks – Science and Technology*, Doc. No. 227, International Dairy Federation, Brussels.
83. IDF (1991) *Application of Computers in the Dairy Industry – Guidelines for Solving In-Plant Materials Handling Systems*, Doc. No. 259, International Dairy Federation, Brussels.
84. IDF (1992) In *New Technologies for Fermented Milks*, Doc. No. 277, International Dairy Federation, Brussels.
85. IDF (1995) *Applications of Computers in the Dairy Industry*, Doc. No. 308, International Dairy Federation, Brussels, pp. 33–67.
86. IDF (1997) In *Hygienic Design and Maintenance of Dairy Buildings and Services*, Doc. No. 324, International Dairy Federation, Brussels.
87. IDF (1998) In *Texture of Fermented Milk Products and Dairy Desserts*, Special Issue 9802, International Dairy Federation, Brussels.
88. Jackson, R. (1997) Food Processing, 66(9), 40.
89. Jolly, A. C. (1993) In *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Vol. 3, Ed. by Macrae, R., Robinson, R. K. and Sadler, M. L, Academic Press, London, pp. 1713–1719.
90. Karagozlu, C. and Gonc, S. (1996) *Ege Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi*, 33, 257.
91. Kessler, H. G. (1981) In *Food Engineering and Dairy Technology*, M. Wotziika (Translator), Verlag A. Kessler, Freising.
92. Kessler, H. G. (1998) In *Texture of Fermented Milk Products and Dairy Desserts*, Special Issue No. 9802, International Dairy Federation, Brussels, pp. 93-105.
93. Kessler, H. G. and Baurle, H. W. (1980) *Die Molkerie-Zeitiing Welt der Milch*, **34**, 1652.
94. Klupsch, H. J. (1984) *North European Dairy Journal*, **SO**, 241.
95. Klupsch, H. J. (1985) *North European Dairy Journal*, **51**, 14.
96. Lankes, H., Ozer, H. B. and Robinson, R. K. (1998) *Milchwissenschaft*, 53, 510.
97. Lelieveld, H. L. M. (1976) *Process Biochemistry*, **11**, 39.
98. Lelieveld, H. L. M. (1984) *Process Biochemistry*, **19**, 112.
99. Lewis, P. M. (1967) *Journal of Applied Bacteriology*, **30**, 406.
100. Light, L. D. (1993) International Patent Application, WO 93/25132.
101. Lloyd, A. K. (1984) In *Fermented Milks*, Doc. No. 179, International Dairy Federation, Brussels, pp. 127–131.

102. Loncin, M. and Merson, R. L. (1979) In *Food Engineering Principles and Selected Application*, Academic Press, New York.
103. Van Der Loo, L. G. W. (1981) *Dairy Science Abstracts*, 43, 25.
104. Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H. and Munro, P. A. (1998) *Journal of Dairy Research*, **65**,555.
105. Macbean, R. D. (1976) *Dissertation Abstracts International B*, **36**, 4601.
106. Macbean, R. D., Unklater, P. M. and Hall, R. J. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 827.
107. Macbean, R. D., Hall. R. J. and Linklater, P. M. (1979) *Biotechnology and Bioengineering*, **XXI**, 1517.
108. Maurel, E. C. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 678.
109. Maynard, R. (1991) *Dairy Industries International*, 56(4), 13.
110. Meyer, J. S., Tsuchiya, H. M. and Fredrickson, A. G. (1975) *Biotechnology and Bioengineering*, **XVII**, 1065.
111. Mortensen, H. (1995) *Scandinavian Dairy Information*, 9(4), 8.
112. Mouchet, R. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**,313.
113. Mulchandani, A., Bassi, A. S. and Nguyen, A. (1995) *Journal of Food Science*, **60**,74.
114. Mouller, O. (1995) *Dairy Science Abstracts*, 57, 389.
115. Newstead, D. E, Goldmann, A. and Zadow, J. G. (1979) In *Monograph on Recombination of Milk and Milk Products — Technology and Engineering Aspects*, Doc. No. 116, International Dairy Federation, Brussels, pp. 7–13.
116. Nicolaus, N. (1987) In *Food Factories — Processes and Equipment Costs*, Ed. by Bartholomai, A., VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, pp. 111–115.
117. Nielsen, V. H. (1972) *American Dairy Review*, 34(2), 26.
118. Nilsson, L. E. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 15.
119. Nilsson, L. E. and Hallstroum. B. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, 3, pp. 1954–1959.
120. Olivetti, M. (1993) European Patent Application, EP 0572 359 A2.
121. Otten, J., Verheu, C. P. and Zoet, F. D. (1995) *Voedingsmiddelen Technologie*, 28(10), 15.
122. Otten. J., Verheu, C. P. and Zoet, F. D. and Van Der Linden. H. J. L. J. (1996) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **50**,19.
123. Ottosen, N. (1988) In *Protein Standardisation*, Bulletin No. 793.02 T01, APV Nordic, Denmark.
124. Ottosen, N. (1990) In *Ultrafiltration Systems for the Dairy Industry*, Bulletin No. 724.03 TOIE, APV Nordic, Denmark.
125. Oazadali, F. and Oazilgen (1988) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **29**,203.
126. Pandolfe, W. D. and Baekgaard, P. (1997) In *High-Pressure Homogenisers/Processes, Products and Application*, Bulletin No. DS/2 Krogh/MBl/E,APV Nordic, Denmark.
127. Parr, D. (1985) *Food Technology in New Zealand*, 20(10), 37.
128. Picque, D. and Corrieu, G. (1988) *Biotechnology and Bioengineering*, **31**,19.
129. Piersma, H. and Steenbergen, A. E. (1973) *Official Orgaan FNZ*, **65**,94.
130. Platt, G. (1990) *Milk Industry*, 92(8), 37.
131. Prevost, H. and Divies, C. (1988a) *Milchwissenschaft*, **43**, 621.
132. Prevost, H. and Divies, C. (1988b) *Milchwissenschaft*, **43**, 716.
133. Prevost, H., Divies, C. and Rousseau, E. (1985) *Biotechnology Letters*, 7, 247.
134. Proeepper, W. (1988) United States Patent Application, US4767031.
135. Puhan, Z., Driessen, P. M., Jelen, P. and Tamime, A. Y. (1994a) *XXIV International Dairy Congress*, Computer diskette section Milk Products 1.
136. Puhan, Z., Driessen, P. M., Jelen, P. and Tamime, A. Y. (1994b) *Mljekarstvo*, **44**, 285.
137. Rage, A., Gjengedal, O. and Hov, J. P. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 101.
138. Rasic, J. L. I. (1975) *North European Dairy Journal*, **41**, 262.
139. Ray, P. and Raeuber, H. J. (1991) *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universtat Dresden*, **40**, 95.
140. Ray, P. and Raeuber, H. J. (1992) *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universtat Dresden*, **41**, 64.
141. Reinecke, G. (1985) German Federal Republic Patent Application, DE3339930A1.
142. Repenning, D. (1995) *Deutsche Milchwirtschaft*, 46(13), 684.
143. Richmond, M. L., Harte, B. R., Gray, J. I. and Stine, C. M. (1985) *Journal of Food Protection*, **48**, 482.
144. Robinson, R. K. (1981) *Dairy Industries International*, 46(3), 31.
145. Robinson, U. K. and Tamime, A. Y. (1990) In *Dairy Microbiology — The Microbiology of Milk Products*,Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp 291–343.
146. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1993) In *Modern Dairy Technology — Advances in Milk Products*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp 1-48.
147. Salji, I. P., Fawal, A. K., Saadi, S. R., Ismail, A. A. and Mashhadi, A. (1985) *Milchwissenschaft*, **40**, 734.
148. Sanderson, W. B. (1982) In *Seminar on Recombination of Milk and Milk Products*, Document No. 142, International Dairy Federation, Brussels, pp. 18–23.

149. Savaria, Y. (1986) In *Aseptipak '86*, Proceedings of the 4th International Conference and Exhibition on Aseptic Packaging, Schotland Business Research, Princeton, pp. 137–144.
150. Schulze, K. and Raeuber, H. J. (1993) *Dairy Science Abstracts*, 55, 663.
151. Shapton, D. A. and Shapton, N. F. (Eds.) (1994) In *Principles and Practice for the Safe Processing of Foods*, Butterworth-Heineman, London.
152. Shioya, S. (1992) *Biotechnology*, 46, 111.
153. Sowry, D. A. (1988) *N.Z. Journal of Dairy Science and Technology*, 23, 385.
154. Steenbergen, A. E. (1971a) *Official Orgaan FNZ*, **63**, 996.
155. Steenbergen, A. E. (1971b) *Official Orgaan FNZ*, **63**, 729.
156. Steenbergen, A. E. (1971c) *Official Orgaan FNZ*, 63, 164.
157. Steenbergen, A. E. (1973) In *Over Yoghurt*, NIZO-Mededelingen No. 7, Nederlands Institute Voor Zuivelonderzoek, Ede, Holland.
158. Steiner, G., Kaiser, S. and Raeuber, H. J. (1993) *Dairy Science Abstracts*, 55,663.
159. Strahm, W. and Eberhard, P. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 292.
160. Stratton. K. (1998) *Food Engineering International*, 23(5), 43.
161. Tamime, A. Y. and Greig, R. I. W. (1979) *Dairy Industries International*, 44(9), 8.
162. Tamime, A. Y. and Kirkegaard, J. (1991) In *Feta and Related Cheeses*, Ed. by Robinson, R.K and Tamime, A.Y., Ellis Horwood, Chichester, pp. 70–143.
163. Taylor, F. (1981) United States Patent Application, US4248898.
164. Timperley, D. A. (1993) In *Guidelines for the Design and Construction of Floors for Food Production Areas*, Technical Manual No. 40, Campden & Chorleywood Food Research Association, Chippen Campden.
165. Timperley, D. A. (1994) In *Guidelines for the Design and Construction of Walls*, Ceilings and Services for Food Production Areas, Technical Manual No. 44, Campden & Chorleywood Food Research Association, Chippen Campden.
166. Tomita, T. and Shibata, M. (1994) *Japanese Technology Reviews – Section E Biotechnology*, **4**, 143.
167. Turtschan, A. (1986) United States Patent Application, US 4 622 800.
168. Ueno, J., Hanabusa, R., Nakai, M., Mushashi, K., Kaneko, S. and Kanbe, M. (1966) *XVII International Dairy Congress*, F5, 617.
169. Unterholzner, O. and Maurer, J. (1987) *Scienza e Tecnica Lattiero – Casearia*, **38**, 259.
170. Verheij, C. P. and Langeveld, L. P. M. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 532.
171. Watanabe, H., Fujioka, S., Motohashi, R. and Imai, E. (1994) *Japanese Technology Reviews - Section E Biotechnology*, 4(2), 44.
172. Weatherburn, D. (1997) *Food Processing*, 66(9), 33.
173. Wolthuys, H. W. V. (1986) *Dairy Packaging Newsletter*, No. **13**, 4.

4

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ, МОЙКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Основные задачи санитарной обработки

Обеспечение качества йогурта обусловливается множеством взаимосвязанных факторов, к которым могут быть отнесены следующие:

- гигиеническое состояние продукта, которое, в свою очередь, зависит от эффективности тепловой обработки молочной основы, чистоты закваски, микробиологического состояния используемых фруктов/ароматизаторов и других ингредиентов, а также от соблюдения условий хранения и транспортировки йогурта потребителю (см. главу 10);
- чистота соприкасающихся с йогуртом поверхностей, например, оборудования по ходу технологического процесса, а также разливочных автоматов и упаковочных материалов;
- сопутствующие обстоятельства, то есть санитарно-гигиенические условия при производстве молочных продуктов, отношение персонала, связанного с изготовлением молочной продукции, а также санитарные условия в цехах/производственных помещениях [52, 55–57, 59–64, 126].

Факторы, касающиеся некоторых из упомянутых выше аспектов, обсуждаются отдельно, так что для выполнения основной задачи (изготовление йогурта хорошего качества) следует уделить особое внимание обеспечению соответствия производственного оборудования и упаковочных материалов санитарным требованиям. Загрязнения вследствие контакта поверхностей с любым пищевым продуктом, в том числе и с йогуртом, могут быть по своей природе физическими, химическими или биологи-

ческими. Свести такие загрязнения к минимуму можно за счет использования следующих операций [35, 37, 38, 112]:

- удаление остатков молока, йогурта и других материалов с поверхностей оборудования, которые могут стать питательной средой для микроорганизмов;
- санитарная обработка (мойка и дезинфекция) оборудования для уничтожения микроорганизмов, сохранившихся после удаления остатков пищевых продуктов;
- хранение неиспользуемого оборудования в условиях, препятствующих росту микроорганизмов;
- удаление остатков дезинфицирующих веществ, которые могли бы послужить причиной загрязнения йогурта.

Таким образом, эффективность санитарно-гигиенической обработки на предприятии зависит от качества выполнения работ по мойке и дезинфекции оборудования.

В производственных условиях санитарная обработка заключается в удалении остатков йогурта (табл. 4.1) с поверхностей технологического оборудования с последующей обработкой растворами моющих и дезинфицирующих средств, что предполагает максимально возможное или полное (при использовании стерилизации) уничтожение остаточной микрофлоры. Ниже мы рассмотрим эти аспекты применительно к типу оборудования, используемому для производства йогурта, и к степени автоматизации предприятия.

4.2 Основные принципы санитарной обработки

Обработка молока в процессе производства йогурта вызывает образование на поверхности оборудования различного рода загрязнений (см. табл. 4.1), состоящих из органических соединений (например, белка, жира, лактозы, а также немолочных компонентов) и неорганических солей. Величина отложений на поверхностях технологического оборудования обусловлена множеством факторов, однако она прямо пропорциональна количеству подводимого тепла, то есть повышение степени нагрева приводит к большей денатурации молочных белков и более значительному осаждению органических солей (из молока и воды). Вследствие этого загрязнения, являющиеся результатом тепловой обработки молока, поддаются удалению с большим трудом, чем загрязнения от молока, не подвергшегося тепловой обработке. Факторы, которые могут стать причиной загрязнения технологического оборудования, а также способы обработки загрязненных поверхностей описаны в различных работах [18, 42, 43, 45, 65, 67, 68, 71, 73, 91, 123].

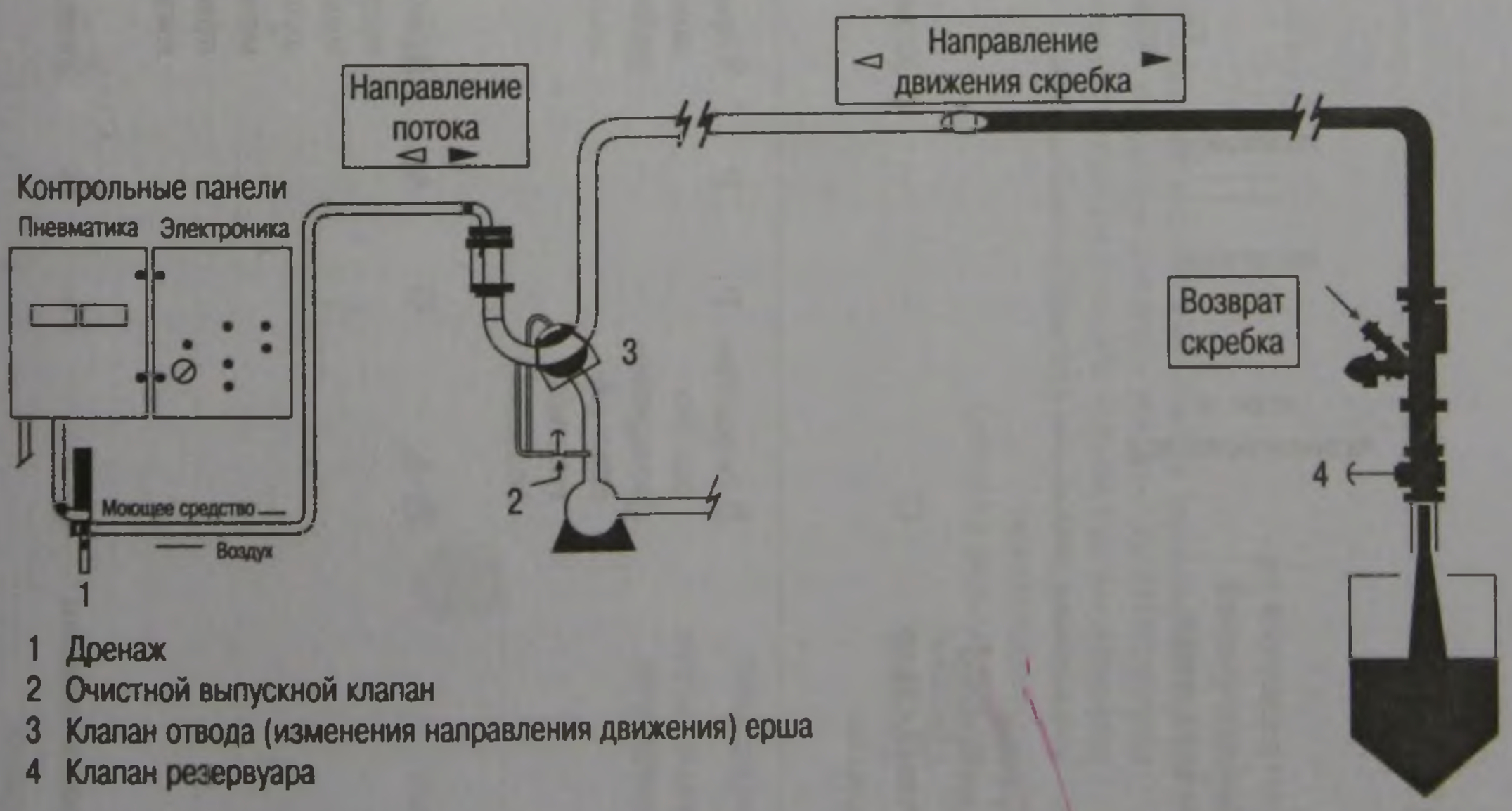
Важно, чтобы до начала обработки моющими средствами со всего технологического оборудования, включая трубопроводы, были удалены остатки йогурта. Подобный подход гарантирует:

- снижение потерь продукта;
- минимальное количество циклов мойки;

- снижение потерь сухих веществ молока со сточными водами (что приводит к загрязнению окружающей среды) и затрат на их очистку;
- снижение стоимости моющих средств, а также повышение эффективности мойки.

Возврат продукта из технологической установки может быть достигнут за счет прокачивания воды, однако при этом возможно разбавление йогурта. В качестве альтернативы может быть использована очистка автоматизированной технологической установки при помощи скребка до начала цикла мойки. Одним из примеров подобного скребка может служить скребок-«ерш» для очистки трубопроводов, поставляемый немецкой компанией *Tuchenhagen*. Сам «ерш» изготовляется из инертной гибкой износоустойчивой литьевой массы, совместимой как с продуктом, так и с моющими средствами. Передняя и задняя кромки ерша снабжены скребками, вплотную прилегающими к внутренним поверхностям трубопроводов, обеспечивая максимальную эффективность удаления продукта. Для определения местонахождения ерша во внутреннюю часть его встроен постоянный магнит.

Запуск и возврат «ерша» обеспечиваются специальными устройствами. Система запуска оборудована впускным и выпускным клапанами, распложенными позади обычного исходного положения ерша. В рабочем положении ерш удерживается четырьмя штифтами. После удаления йогурта из трубопровода в него вводится моющее средство, и штифты обеспечивают ее турбулентное распределение вокруг ерша, не оставляя таким образом застойных полостей для скапливания бактерий. Данная система может быть оборудована одним или двумя скребками, для однонаправленного или двунаправленного использования соответственно. Более подробно принцип действия такой системы представлен на рис. 4.1 [16].



1 Дренаж
2 Очистной выпускной клапан
3 Клапан отвода (изменения направления движения) ерша
4 Клапан резервуара

Рис. 4.1. Система чистки труб скребками (ершами), снижающая потери при запуске и остановке оборудования, а также при переходе на изготовление другого продукта

Таблица 4.1. **Характеристики загрязнений цеха по изготовлению йогуртов**

Вид загрязнения на обрабатываемой поверхности	Растворимость в воде	Щелочи	Кислоты	Степень легкости удаления при мойке		Примечания
				Без изменения при тепловой обработке	Эффект от изменения при тепловой обработке	
I. Молочные компоненты						
Молочный сахар	G	—	—	Хорошая	Карамелизация/окрашивание в коричневый цвет; удаляется с трудом	Практически отсутствует в процессе тепловой оработки молока для йогурта
Жир	P (в растворах без поверхностно-активных веществ)	P	P	Хорошая при использовании растворов поверхностно-активных веществ	Полимеризация; удалению поддается с большим трудом	Такая ситуация едва ли может возникнуть в процессе тепловой обработки молока для йогурта, поскольку в большей части йогуртов, изготовляемых в Великобритании, содержание жира низкое
Белок	P	G	Av.	При использовании воды степень удаления недостаточная; лучших результатов можно добиться при применении щелочных растворов	Денатурация; удалению поддается с трудом	Подобный результат чаще всего возможен при продолжительном нагреве молока, например, длительный нагрев при высоких температурах (см. табл. 2.15) или подготовка молока при производстве закваски
Минеральные соли	G–P	—	G	Достаточно хорошая	Осаждение; удалению поддается с трудом	То же

II. Добавки						
Подсластители	G	–	–	Хорошая	Карамелизация/окрашиваие в коричневый цвет; удаляется с трудом	Эта ситуация может возникнуть в случае обработки молока с гидролизованной лактозой при 85–90 °С более 45 мин, или при добавлении значительного количества сахара в молочную основу для тепловой обработки
Фрукты	G–P	–	–	Хорошая	Карамелизация/окрашивание в коричневый цвет; удаляется с трудом	Такая стиуация возможна на молочных производствах, которые пастеризуют собственную фруктовую основу до ее добавления в йогурт
Красители или ароматизаторы	G	–	–	Хорошая	NA	
Стабилизаторы	c			c	NA	

Обозначения:

G Хорошая;

Av Средняя;

P Недостаточная (плохая);

NA Не используется;

HTLT Длительный нагрев при высоких температурах;

(a) Наблюдается на участках приемки молока, подготовки основной смеси, в резервуарах для сквашивания , и/или участках розлива йогурта

(b) Наблюдается на участках тепловой обработки молока, в универсальных резервуарах (ваннах длительной пастеризации), на оборудовании для обработки фруктов, и/или в резервуарах для приготовления закваски.

Смотри Главу 2

Процесс мойки оборудования осуществляется с помощью специальных моющих средств, которые могут быть в жидком или порошкообразном виде. Основным назначением этих моющих средств является:

- обеспечение тесного контакта с загрязнением за счет своих увлажняющих и/или пропитывающих свойств;
- вытеснение загрязнения, например, за счет плавления/эмульгирования жира посредством увлажнения, отмачивания, пропитывания и пептизации белков и растворения минеральных солей;
- рассеивание или вытеснение нерастворенных загрязнений за счет дефлокулирования и/или эмульгирования;
- предотвращение повторного осаждения загрязнения за счет использования вышеперечисленных факторов, а также благодаря оптимальной промывке;
- моющие средства не должны вызывать коррозии, обладать запахом или вкусом, а также должны быть нетоксичными и не вызывать раздражения кожи.

Чтобы добиться перечисленных выше свойств/функций моющего средства, используются различного рода составы. Некоторые соединения и их свойства, которые могут быть использованы при самостоятельном изготовлении моющих средств, приведены в табл. 4.2

4.3 Факторы, определяющие выбор и эффективность моющего средства

На рынке представлены различные типы моющих средств, причем большинство из них были разработаны специально для промышленного использования:

4.3.1 Типы и ассортимент моющих средств, используемых при промышленном изготовлении йогуртов

В процессе производства используется различное технологическое оборудование, и тип моющего средства выбирается в зависимости от его назначения, например:

- мягкие моющие средства используются для ручной мойки;
- комбинированные мягкие моющедезинфицирующие средства сходны с вышеупомянутыми, но более эффективны;
- моющие средства для безразборной мойки (CIP) многочисленны и разделены на две основные категории: одни используются для обработки оборудования, где не происходит нагрева, другие — для обработки поверхностей, соприкасающихся с горячим молоком.

  Примером оборудования для переработки молока, на котором не используется нагревание, может служить следующее:

  – оборудование на участке приемки молока;

  – резервуары для хранения;

Таблица 4.2. **Функциональные свойства и характеристики компонентов моющих средств**

Тип	Компоненты моющего средства		I	II	III	IV	V	VI	VII	Общие примечания
Неорганические щелочи	1. Гидроксид натрия		E	P	P	P			E	Эти соединения могут повлиять на степень щелочности, буферность и промывочную способность моющего средства. Для высокощелочных составов используйте щелочи (1) и (2)
	2. Ортосиликат натрия		G	F	F	P			G	
	3. Метасиликат натрия		G	G-P	VG	G			F	
	4. Тринатрийфосфат		F	F-P	VG	G			F	
	5. Карбонат натрия		F	P	P	P			P	
	6. Бикарбонат натрия		G	P	G	F			F	
Кислоты	Неорганические:	Азотная Фосфорная Серная				G				Кислоты, как правило, применяются для удаления устойчивых загрязнений, например, в цехах (на установках) пастеризации
	Органические:	Оксиуксусная Глюконовая Лимонная	G							Эти вещества агрессивны и могут вызвать сильные ожоги кожи, поэтому с ними необходимо обращаться осторожно. В случае включения их в состав моющего средства их рекомендуется использовать вместе с ингибиторами (замедлителями коррозии)
Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	Анионные	Алкиларилсульфонат натрия Первичный алкилсульфат натрия Натриево-щелочной эфнр (алкиловый эфир сульфата натрия)	E	E	E					Классификация зависит от того, каким образом эти соединения разлагаются в водных растворах, например, поверхностно-активные анионы, катионы и т. д. Некоторые из этих соединений, используются также в качестве эмульгирующих веществ
	Неионные	Полиэфирные соединения								Неионные вещества не ионизируются в растворе.
	Катионоактивные	Четвертичные соединения аммония (QAC)	См. ниже о дезинфицирующих средствах							ПАВ снижают поверхностное натяжение в водной среде и способствуют хорошему смачиванию поверхности загрязнения
	Амфотериные	Алкиламинокарбоксильные								

Таблица 4.2 (Продолжение)

Тип	Компоненты моющего средства	I	II	III	IV	V	VI	VII	Общие примечания
Связывающие вещества и внутрикомплексные соединения	Полифосфат натрия	F	P	G	F	G		G	Эти соединения предотвращают осаждение минеральных веществ жесткой воды, они устойчивы к теплу и используются для подготовки моюще-дезинфицирующих средств Их включение в соединение происходит с целью «удержания» ионов кальция в щелочном растворе и предотвращения повторного осаждения. Бактериостатические свойства EDTA достигаются благодаря «изъятию» металлических микроэлементов из бактериальных клеточных мембран Глюконовая кислота в щелочных растворах представляет собой более сильную хелатную добавку, чем EDTA (2–5% концентрации)
	Этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA) и ее соли			VG	E	E	E		
	Глюконовая кислота и ее соли					E	E		
Дезинфицирующие средства	Хлор							E	Их включение обеспечивает получение средства комбинированного состава для осуществления мойки (то есть моющего вещества) и дезинфекции (например, хлорноватистой кислоты, QAC, йода или перекиси водорода) Необходимо ознакомиться со списком допущенных к использованию веществ, которые могут применяться как моющедезинфицирующие средства для обработки молочного оборудования в качестве альтернативы кипятку или пару
	Хлорноватый тринатрий-ортофосфат								
	Гидратационный дихлордиметил (дихлордиметилгидрат)							E	
	Дихлоризоцианурат натрия							E	
	Гипохлорит натрия							E	
	QAC								
	Цетил триметил бромид аммония			VG	VG	VG		E	
	Хлорид бензольиой кислоты (алкилдиметилхлорид аммония)			VG	VG	VG		E	
	Йод								
	Йодофоры	G	G		G			E	
	Перекись								
	Надуксусная кислота								
	Перекись водорода								

Таблица 4.2 (Окончание)

Тип	Компоненты моющего средства	I	II	III	IV	V	VI	VII	Общие примечания
Различные замедлители реакции	Сульфит натрия Силикат натрия								Эти ингибиторы сводят к минимуму разъедающее действие кислот и щелочей на металлы. Сульфиты защищают луженые поверхности, а силикаты — алюминий и его сплавы от воздействия щелочей
Антипенные вещества									Антипенные вещества иногда включаются в состав моющего средства для предотвращения пенообразования, которое может стать результатом нагнетания/впрыскивания в процессе рециркуляции моющего вещества Жиры и щелочи за счет омыления могут образовывать мыло, а эти антипенные вещества предотвращают формирование пены
Суспендирующие вещества									Натрий-карбоксиметилцеллюлоза или крахмал помогают поддерживать нерастворенные загрязнения во взвешенном состоянии, поэтому они называются суспендирующими веществами
Фосфаты	Ортофосфаты	G			G		G	G	
	Полифосфаты	G			G		G	G	
Умягчение воды									Осаждение ионов кальция и магния в жесткой воде, для предотвращения отложения накипи на поверхностях оборудования, в особенности для последнего ополаскивания после мойки

E — Превосходно; VG — Очень хорошо; G — Хорошо; F(Fair) — Довольно хорошо; P — Плохо (недостаточно).
I. Растворяющее действие на органические вещества. II. Замачивающее действие. III. Осаждающее действие. IV. Промывающее действие. V. Связывающее действие. VI. Хелатирующее действие. VII. Бактерицидное действие.

– оборудование для подготовки молочной основы;
– резервуары для сквашивания;
– пластинчатые/трубчатые охладители;
– промежуточные резервуары для хранения йогурта;
– разливочные (фасовочные) автоматы;
– установки для ультрафильтрации или обратного осмоса.

Примерами оборудования, используемого в процессе тепловой обработки молока, служат:

– теплообменники;
– испарители;
– ванны длительной пастеризации для приготовления закваски;
– оборудование для обработки фруктов.

- Большая часть жидких моющих средств сходна с вышеупомянутыми, и применяются они, как правило, на крупных предприятиях с использованием автоматически управляемых систем безразборной мойки (CIP). Эти моющие средства имеют жидкую консистенцию, поскольку в ходе цикла мойки жидкость проще распределить, а также проще контролировать концентрацию моющего средства.
- Использование моющих средств для бутылкомоечных машин при промышленном производстве йогуртов весьма ограничено, поскольку большая часть продукции упаковывается в одноразовые емкости (тару).
- Моющие средства для машин, используемых для мытья молочных фляг, применяются с целью защиты определенных металлов (например, алюминия), поскольку именно они обладают способностью снижать опасность коррозии и/или окисления (то есть изменение цвета алюминиевой поверхности на более темный или черный).

Отсюда можно заключить, что выбор моющего средства для выполнения им определенной задачи, а также обработки того или иного элемента технологического оборудования для изготовления йогуртов напрямую зависит от его функциональных характеристик. Некоторые из возможных составов предложены в табл. 4.3

4.3.2 Типы загрязнений

Встречающиеся в процессе изготовления йогурта загрязнения (см. табл. 4.1) могут быть двух типов, а именно загрязнения, легко поддающиеся удалению (например, молоко и йогурт) и загрязнения, удалить которые более сложно (например, нагретое молоко и/или фрукты). Очевидно, что при выборе компонентного состава моющего средства следует обращать внимание на различную природу этих остаточных загрязнений.

4.3.3 Жесткость воды и ее качество

Вода используется во всех циклах мойки технологического оборудования, и именно поэтому очень важно принимать во внимание два фактора. Первым из них является использование *питьевой* воды хорошего качества (в табл. 4.4 приводятся некоторые предлагаемые стандарты относительно ее химического состава и бактериологическо-

Таблица 4.3. **Примеры некоторых составов моющих средств (состав, %)**

Назначение	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Средство для отмачивания бутылок		14		68		6			8	4					
Средство для мойки бутылок				95	5										
Средство для ручной мойки молочного оборудования						10	51	25				10		4a	
Средство для машинной мойки молочных бидонов (фляг)		20				12	26	40						2	
Средство для мойки молочных бидонов						10	51	25				10		4	
Средство для мойки трубопроводов		30				10	32	25						3	
Средство для безразборной мойки в напряженном режиме				95	5										
Средство для мойки оборудования молочного производства		7	18			8		15		46				6	
Средство для мойки резервуаров (ванн)	6	6						20		30	38				
Кислый антинакипин													30	0.3	69.7
Кислое моющее средство												2	26		72
Кислое моющее средство (для удаления молочного камня)													50	10	40

Примечание. 1. Бикарбонат натрия. 2. Карбонат натрия. 3. Хлорид натрия. 4. Гидроксид натрия. 5. Глюконат натрия. 6. Метасиликат натрия. 7. Сульфат натрия. 8. Триполифосфат натрия. 9. Тетрапирофосфат натрия. 10. Тринатрий фосфат. 11. Метасиликат (кристаллы). 12. Додецилбензол сульфонат натрия. 13. Фосфорная кислота. 14. Поверхностно-активное вещество. 15. Вода.

а Не ионное.

Данные по [32, 51, 114].

Таблица 4.4. **Некоторые химические и бактериологические стандарты для воды, используемой на предприятиях пищевой промышленности**

Химический состав		Бактериологический стандарт
Общая жесткость ($CaCO_3$)	⩽ 50 мкг/г	На протяжении года в 100 мл 95% образцов не должно содержать коли-форм или *Escherchia coli*
Хлорид (NaCl)	⩽ 50 мкг/г	Ни один из образцов не должен содержать более 10 коли-форм на 100 мл
Хлориды (неразложимые)	⩽ 1 мкг/г	Ни один из образцов не должен содержать более 2-х клеток *E. coli* на 100 мл
pH	6.5–7.5	Ни один из образцов не должен содержать более 1 или 2-х клеток *E. coli* в соединении с общим числом 3 или более коли-форм на 100 мл
Железо (Fe)	1мкг/г	В 100 мл любых двух последовательных образцов не должно быть обнаружено коли-форм
Марганец (Mn)	0.5 мкг/г	
Взвешенные твердые частицы	Практически отсутствуют	

Данные по [4, 51].

го качества), а вторым — необходимость учета степени жесткости используемой воды. Важность последнего аспекта объясняется тем, что моющие средства составляются применительно к жесткости воды, а присутствие избыточных неорганических солей, в особенности кальция и магния, может снизить их эффективность. Кроме того, эти соли могут стать причиной появления на поверхности оборудования отложений, с трудом поддающихся удалению.

Жесткость воды может быть временной и постоянной. Временная или карбонатная жесткость создается карбонатом и бикарбонатом кальция и магния. Эти соли легко могут быть кристаллизованы или удалены посредством нагрева. Типичным примером здесь может служить образование накипи внутри металлического чайника. На предприятии по производству йогурта подобная ситуация может возникать внутри испарителя и в теплообменниках, поскольку эти аппараты обычно стерилизуются путем циркуляции горячей воды (например, при температуре в 85 °С в течение 30–45 мин). Отложения солей кальция и магния на поверхности подобного оборудования не только снижают общую эффективность теплообмена, но также могут стать источником формирования дополнительных загрязнений.

Постоянная или некарбонатная жесткость воды формируется за счет других солей кальция и магния (например, сульфатов и хлоридов). Их превращение в нерастворимые отложения происходит из-за присутствия тех или иных щелочей. Именно по этой причине в состав моющих средств включаются особые компоненты, задачей которых является сведение к минимуму осаждения загрязнений.

Градус жесткости представляет собой единицу измерения массы растворенных в воде солей кальция и магния. В соответствии с данными [3] и [51], американская орга-

Таблица 4.5. **Единицы измерения жесткости воды и эквивалент в градусах жесткости**

Единицы измерения	Щелочноземельные ионы m val $л^{-1}$	Градусы жесткости			
		Немецкие	Английские	Французские	США
1 m val $л^{-1}$ щелочноземельных ионов	1,00	2,80	3,5	5,0	50.0
Немецкий градус жесткости = 10 мг CaO/л или 7,19 мг MgO/л	0,38	1,00	1,3	1,8	17,9
Английский градус жесткости = 10 мг $CaCO_3$ в 0,7 л	0,27	0,80	1,0	1,4	14,3
Французский градус жесткости = 10 мг $CaCO_3$/л	0,20	0,56	0,7	1,0	10,0
1 градус жесткости США = = 1 мг $CaCO_3$/кг	0,02	0,06	0,1	0,1	1,0

Примечание. Выражение m val $л^{-1}$ (г-экв $л^{-1}$) является альтернативой эквивалентной массе $л^{-1}$, так что m val $л^{-1} \cong$ m EW $л^{-1}$; например, если EW $л^{-1}$ $CaCO_3$ = 50 г $л^{-1}$, то m val $л^{-1}$ = 0,05 г $л^{-1}$.
По [51].

низация, занимающаяся исследованиями в области геологии, классифицировала воду как мягкую, средней жесткости, жесткую и очень жесткую в случае, если общая жесткость (выраженная как 1 = 1мг $CaCO_3$/кг, см. табл. 4.5) составляет 0–60, 60–120, 120–180 и свыше 180 соответственно. Однако жесткость воды в разных странах иногда выражается по-разному (в различных градусах жесткости). В табл. 4.5 представлены единицы измерения, используемых в Германии, Великобритании, Франции и США.

4.3.4 Другие факторы

На состав моющих средств, используемых в молочной промышленности, оказывают влияние и такие факторы, как принятый способ мойки, материалы, использованные в том или ином оборудовании, в отделке цехов и др. Применение различных материалов рассматривается в главе 3.

4.4 Способы мойки

При мойке любого из участков предприятия, производящего йогурт, может использоваться один из следующих способов: ручная мойка, безразборная мойка (CIP), а также другие. Любой способ включает сходные этапы, состоящие в основном из следующих операций.

На этапе *предварительной промывки* для удаления с оборудования большей части остатков молока, йогурта и/или фруктов технологические установки, включая заквасочное оборудование, разливочные (фасовочные) автоматы и молочные фляги, промываются водой. На крупных предприятиях промывные воды от окончательной

промывки (смотри ниже) регенерируются, а затем вновь применяются для предварительной промывки (для экономии воды).

Для *собственно мойки*, как правило, используются щелочные соединения (конкретные варианты см. в табл. 4.2 и 4.). Целью этого этапа является удаление всех налипших загрязнений.

Задачей *промежуточного ополаскивания* является удаление с оборудования остатков моющих средств до начала следующей за этим этапом промывки раствором кислоты и последующей дезинфекции.

Промывка раствором кислоты осуществляется при необходимости один раз в неделю для очистки оборудования, используемого для тепловой обработки молока. Важно обратить внимание на тот факт, что кислоты вредны для кожи, и поэтому они обычно используются в процессе мойки CIP. Можно использовать неорганические (азотная и фосфорная) и/или органические (уксусная, глюконовая, оксиуксусная) кислоты, поскольку они обладают способностью растворять молочный камень и удалять накипь, образовавшуюся в результате воздействия жесткой воды. Обе неорганические кислоты агрессивны по отношению к некоторым металлам (например, белая жесть), а органические кислоты даже в случае высокой их концентрации подобных проблем не вызывают. Азотная, а также другие кислоты обладают хорошими дезинфицирующими свойствами [36–38, 76, 77, 127, 128, 131].

Второе промежуточное ополаскивание осуществляется для удаления остатков кислот с оборудования до начала процесса дезинфекции.

Дезинфекцию цеха и технологического оборудования необходимо проводить до начала производства продукции, и данная процедура может осуществляться с использованием следующих средств:

- азотной кислоты;
- химических соединений (QAC — четвертичных соединений аммония, хлора, хлорамина);
- тепла (использование острого пара ограничено, однако полезной может оказаться циркуляция горячей воды с температурой 85–90 °C в течение 15–30 мин; при этом температура должна поддерживаться на возвратной (рециркуляционной) стороне установки и на точках выхода продукции). Использование тепла может обеспечить стерильность производственного цеха и технологического оборудования;
- других средств (см. раздел о стерилизации).

На этапе *заключительного ополаскивания* для удаления с технологического оборудования остатков дезинфицирующего раствора используется питьевая вода хорошего качества. Очевидно, что в случае использования в процессе дезинфекции циркулирующей горячей воды этот этап опускается, однако до начала производства установка должна быть должным образом дренирована.

4.4.1 Ручная мойка

На некоторых производственных участках может использоваться только ручная мойка (например, при мойке приспособлений и фасовочных автоматов), в то время как гомогенизаторы и сепараторы, если только они специально не сконструированы под

безразборную мойку CIP, следует разбирать и промывать в специально отведенных местах [31]. Ручная мойка осуществляется в следующем порядке:

а) отключение и разборка оборудования; б) предварительная промывка умеренно теплой питьевой водой при температуре около 20–30 °С; в) подготовка мягкого раствора моющего средства для ручной мойки соответствующей концентрации при температуре около 40–50 °С ; г) очистка щетками, промывка различных частей; д) промежуточное ополаскивание с использованием водопроводной воды; е) дезинфекция с применением химического вещества; ж) окончательное ополаскивание водой.

На результаты ручной мойки оказывают влияние различные факторы, в частности:

- человеческий фактор, который может проявиться в использовании растворов моющих средств низкой концентрации или недостаточной обработке деталей щеткой;
- температура раствора моющего средства может оказаться недостаточно высокой;
- поскольку химическая дезинфекция зависит от концентрации и продолжительности контакта, операторы могут не обратить внимания на один из вышеназванных факторов.

Помочь в решении поставленных задач могут надлежащее руководство, контроль и обучение персонала, а консультации с производителем моющих средств будут способствовать внедрению соответствующих схем мойки.

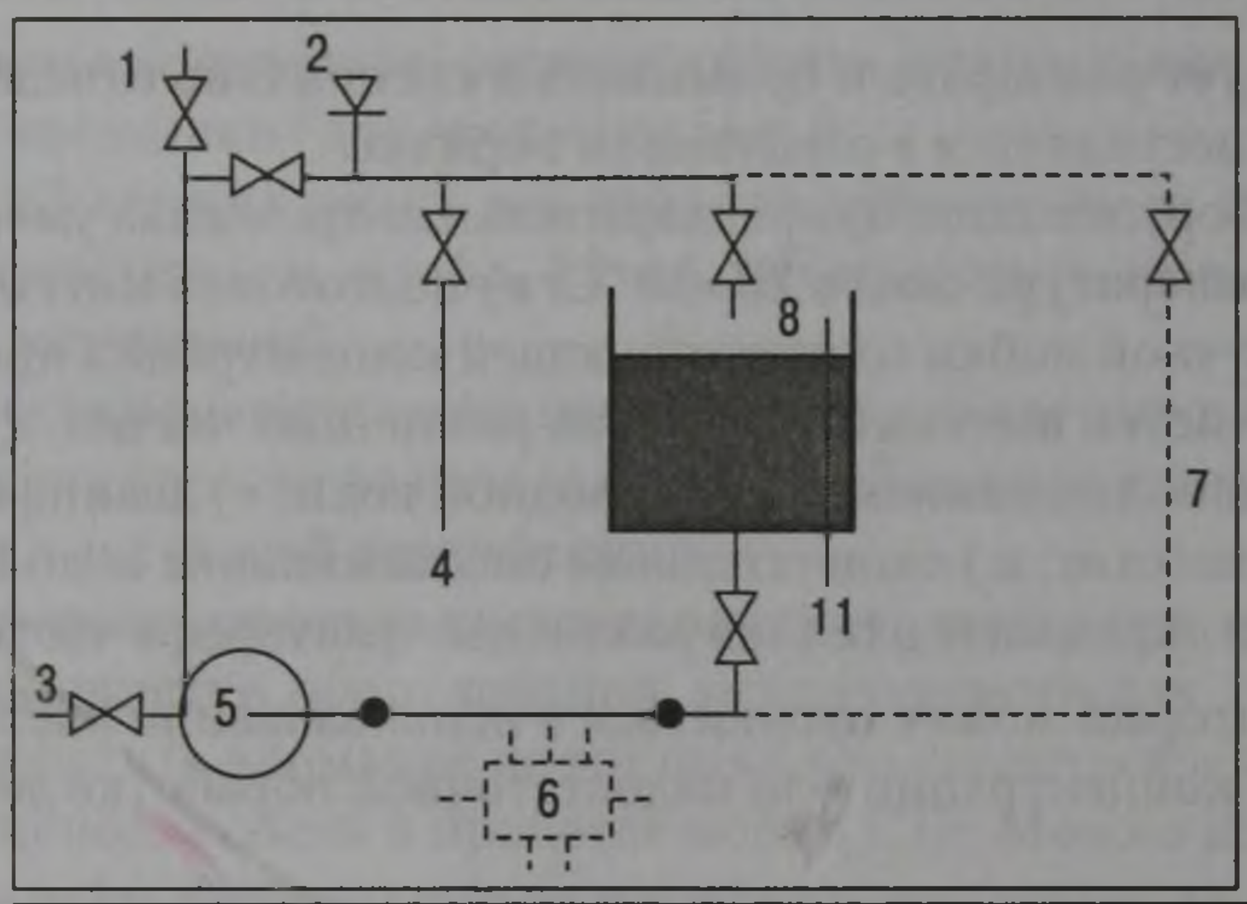
Ручная мойка может быть усовершенствована за счет предоставления резервуара, предназначенного для обработки оборудования в разобранном виде (COP). В этом случае предпринимаемые при мойке действия производятся в следующем порядке: а) разобранные и предварительно промытые детали помещаются в резервуар; б) резервуар заполняют горячей водой; в) в него добавляют необходимое количество моющего средства, и горячий раствор моющего средства циркулирует в резервуаре в течение 30 мин; г) моющее средство сливается в отходы или собирается для использования на других этапах мойки; д) детали оборудования промывают с помощью циркуляции водопроводной воды; е) резервуар осушается и проводится дезинфекция / стерилизация (путем погружения всех деталей в горячую воду или химический дезинфицирующий раствор).

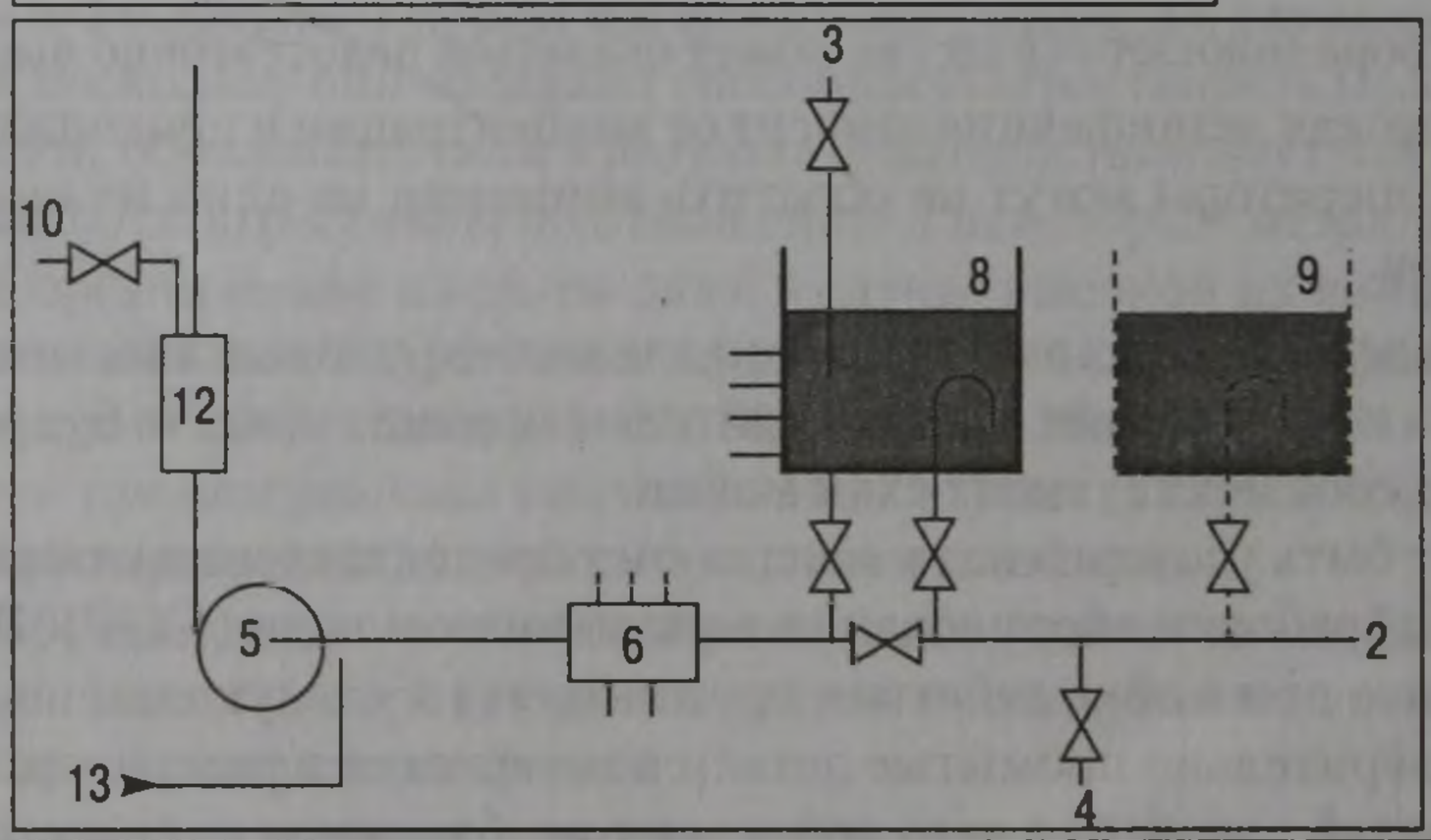
Способ мойки оборудования в разобранном виде (COP) может быть использован также и для промывки трубопроводов на небольших молочных предприятиях или на тех участках, где эффективное использование безразборной мойки (CIP) может оказаться затруднительным.

4.4.2 Безразборная мойка (CIP)

Эта система спроектирована для санитарной обработки технологического оборудования без разборки отдельных блоков. Кроме сведения к минимуму действий, осуществляемых вручную, система безразборной мойки CIP доказала свои преимущества прежде всего по следующим аспектам:

- повышенная гигиеничность, достигаемая за счет сочетания химического воздействия моющего средства и физического воздействия циркулирующего раствора (растворов);





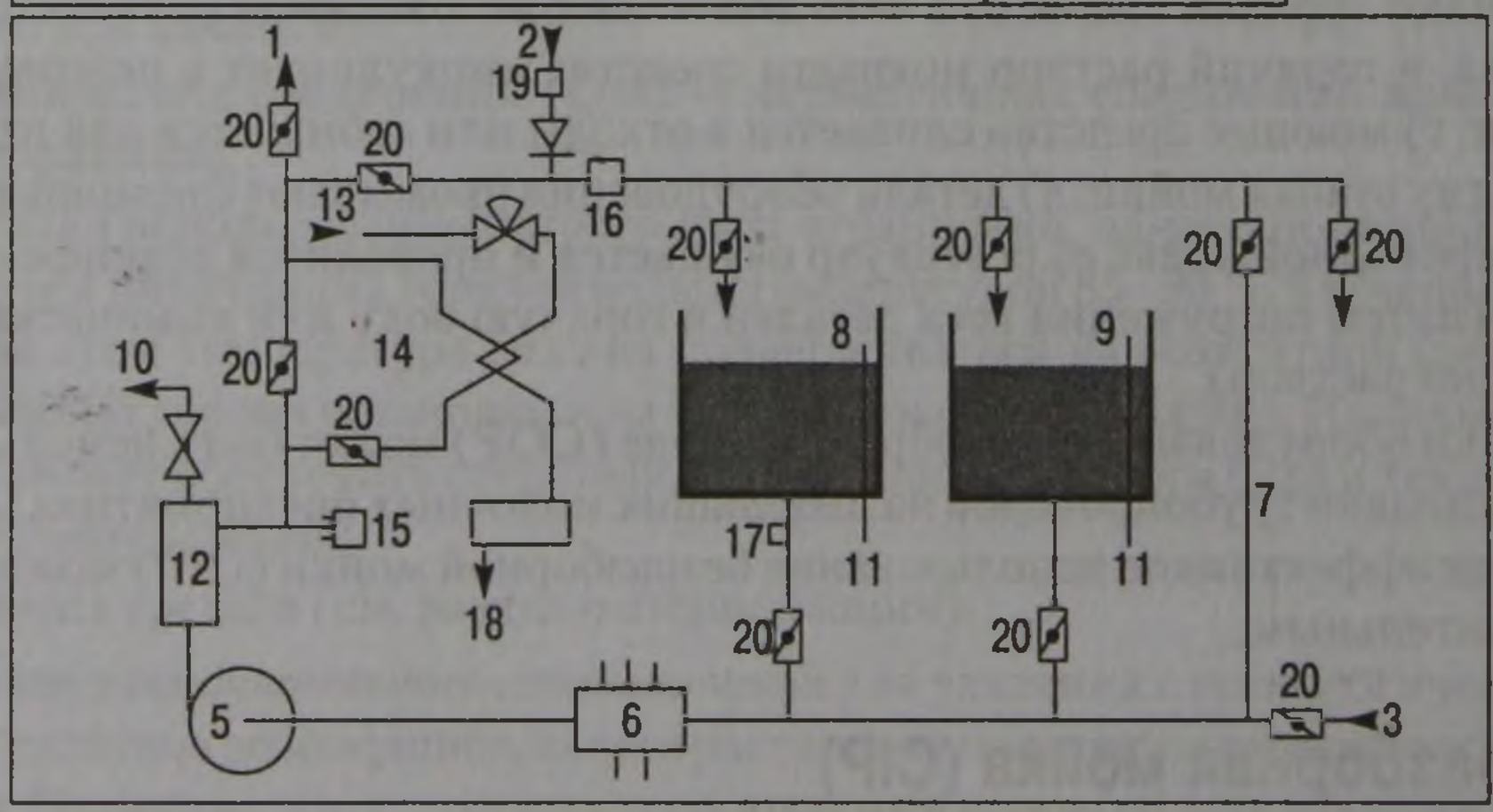


Рисунок 4.2. Схематическое изображение системы CIP Paraclean фирмы *APV*

Блок 1 – основная модель; Блок 2: А – блок одноразового использования, В – вариант с ограниченной регенерацией среды; блок 3 – система многоразового использования.

1 – подача моющего раствора; *2* – возврат моющего раствора; *3* – впуск воды; *4* – дренаж; *5* – насос; *6* –рукав впрыска; *7*– рециркуляционный контур; *8* – резервуар для моющего средства; *9* – регенерация воды; *10* – кран отбора образца; *11* – слив; *12* – фильтр; *13* – впуск пара; *14* – теплообменник; *15* – температурный датчик; *16* – контрольное окошко; *17* – датчик проводимости; *18* – конденсат; *19* – датчик отсутствия потока; *20* – поворотная заслонка.

- более эффективное использование оборудования;
- экономичность (экономия моющих средств, пара и дезинфицирующих веществ);
- большая безопасность.

Для использования системы CIP большое значение имеет наличие замкнутого контура, по которому возможна циркуляция моющего раствора. Типовой основной блок изображен на рис. 4.2. Разработка любой системы CIP осуществляется специально для конкретной цели, но принципиальные методы мойки CIP подразделяются на три основных системы:

- система одноразового использования;
- система повторного использования;
- сочетание этих двух систем, известное как система многоразового использования.

4.4.2.1 Система одноразового использования

Блок 1 (см. рис. 4.2), как правило, невелик и обычно располагается как можно ближе к промываемому оборудованию. В системе одноразового использования моющее средство используется только один раз, а моющий раствор сливается в отходы. Такая система идеальна для небольших производств.

Утилизация моющего раствора может оказаться невыгодной, особенно в том случае, если он все еще сохраняет свою концентрацию и функциональные свойства. Тем не менее после мойки сильно загрязненного оборудования на крупных предприятиях общепринята отбраковка моющего раствора, поскольку он теряет свою концентрацию. Подобная система может быть внедрена на предприятии по производству йогуртов, например, для мойки ванн длительной пастеризации для приготовления закваски и/или универсальных резервуаров для йогурта.

Блок 2 (А) отображает основные компоненты и общий принцип работы одноразовой системы CIP. Такие блоки могут поставляться для работы в автоматическом или ручном режиме, а затем могут быть модифицированы, то есть к ним может быть добавлен резервуар для регенерации (см., например, очерченный пунктиром резервуар на рис. 4.2; блок 2В). Это позволяет добиться регенерации моющего раствора и промывочных вод для следующей предварительной промывки. Такая система известна под названием системы одноразового использования с возможностью ограниченной регенерации.

4.4.2.2 Система повторного использования

При использовании этой системы моющий и кислотный растворы регенерируются и используются повторно, особенно на тех участках, где оборудование загрязнено не слишком сильно, например, на участке приемки молока, в резервуарах обогащения/нормализации и/или в резервуарах для сквашивания. Таким образом, в ходе предварительной промывки этого оборудования удаляется значительная часть загрязнений, а поскольку раствор, циркулировавший в промывочном цикле, не сильно загрязнен, он может быть повторно использован несколько раз.

Основными элементами системы повторного использования для мойки оборудования в системе CIP являются: резервуар(ы) для моющего средства (щелочи), резервуар для кислого состава, резервуар для воды, резервуар для регенерации воды, и система нагрева. Все эти элементы связаны с системой трубопроводов, оборудован-

ной напорными и реверсивными насосами. Концентрация рабочих моющих растворов (кислого и щелочного) регулируется посредством напорных насосов за счет подачи концентрированных растворов из соответствующих резервуаров. Блок оборудован нейтрализаторами, в которых растворы щелочи и кислоты нейтрализуются до того, как попасть в канализационную систему. Кроме того, в работах [97, 114] обращено внимание на тот факт, что потребление воды в системе повторного использования может быть оптимизировано с помощью рециркуляционного устройства для горячей воды, а также использованием резервуара возвратной воды. Применение этой системы на производственном участке может быть модифицировано таким образом, что для мойки оборудования, предназначенного для работы с холодным молоком, резервуаров для ферментации йогурта и взаимосвязанных систем трубопроводов используется щелочной раствор слабой концентрации (0,5–1% каустической соды), в то время как в другом щелочном резервуаре содержится концентрацией до 2% раствор каустической соды, предназначенный для циркуляции в процессе мойки технологического оборудования, соприкасающегося с горячим молоком..

В работе [114] подчеркнуто и то, что на предприятии, осуществляющем ежедневно по 15–20 отдельных циклов мойки, данная система CIP становится более эффективной в случае включения второго напорного насоса CIP, что позволяет добиться одновременной мойки двух контуров. Однако любое расширение системы повторного использования CIP ограничено, поскольку объем резервуара заранее определяется объемом контура, требованиями, предъявляемыми к температуре и необходимыми программами мойки. Последний из названных аспектов на большинстве технологических установок полностью автоматизирован, так что эксплуатация моющих контуров осуществляется с дистанционной панели управления.

4.4.2.3 Система многоразового использования

При использовании этой системы CIP делается попытка объединения всех необходимых характеристик систем одноразового и повторного использования. Данная система приведена на рис. 4.2 (блок 3) и обладает следующими характеристиками:

а) наличие автоматически управляемых программ, обеспечивающих максимальную гибкость системы;
б) отсутствие необходимости включения всех моющих жидкостей и/или растворов в каждую из программ мойки (то есть модульная приспособляемость);
в) низкая стоимость, незначительное потребление воды и минимальный сброс сточных вод [13, 14, 104].

Следует отметить, что для мойки оборудования, применяемого для выработки йогуртов, может быть использована любая из трех перечисленных выше систем CIP (см. рис. 4.3 и 4.4, а также [69, 78]), однако окончательный выбор определяется следующими факторами:

- наличие инвестиционных средств;
- необходимая степень автоматизации;
- приблизительное количество йогурта, которое предполагается достичь.

Отсюда следует, что окончательная разработка может явиться своего рода компромиссом.

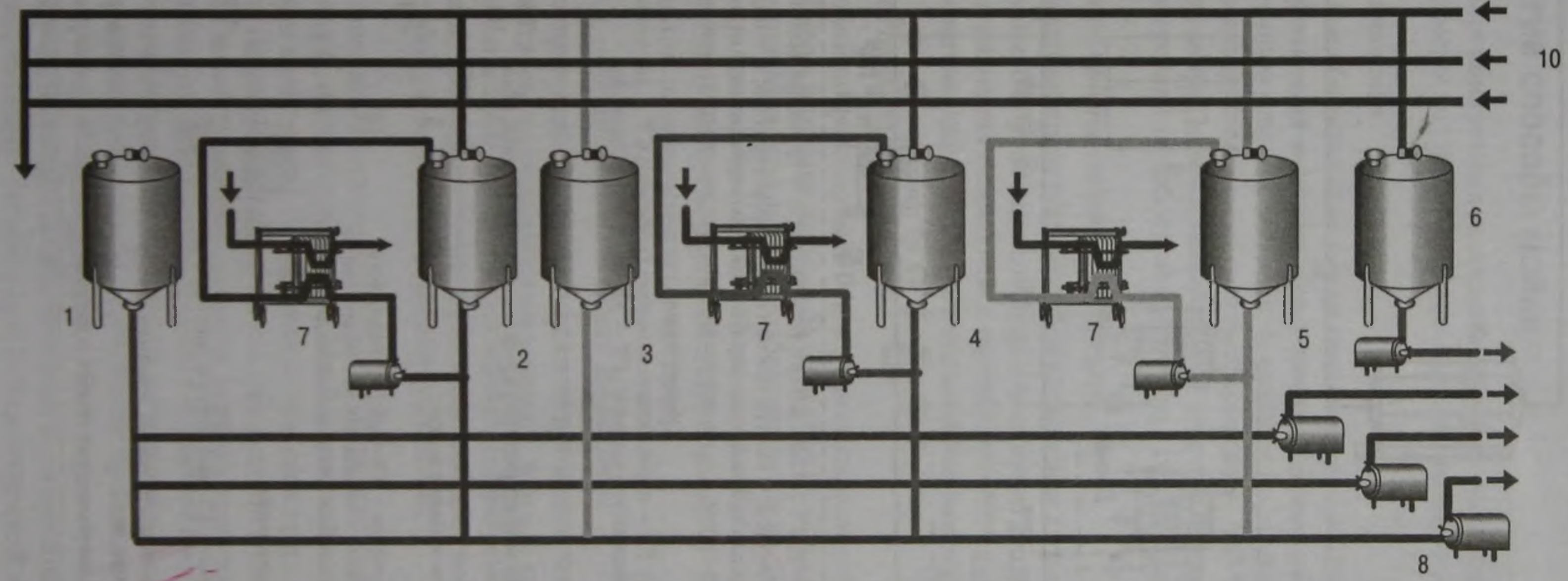


Рис. 4.3. Общая схема станции CIP

1 – резервуар холодной воды; *2* – резервуар горячей воды; *3* – резервуар для промывной воды; *4* – резервуар для щелочного моющего средства; *5* – резервуар для кислотного моющего средства; *6* – промываемый молочный резервуар; *7* – пластинчатый теплообменник для нагрева; *8* – напорные насосы CIP; *9* – напорные линии давления CIP; *10* – возвратные линии CIP.

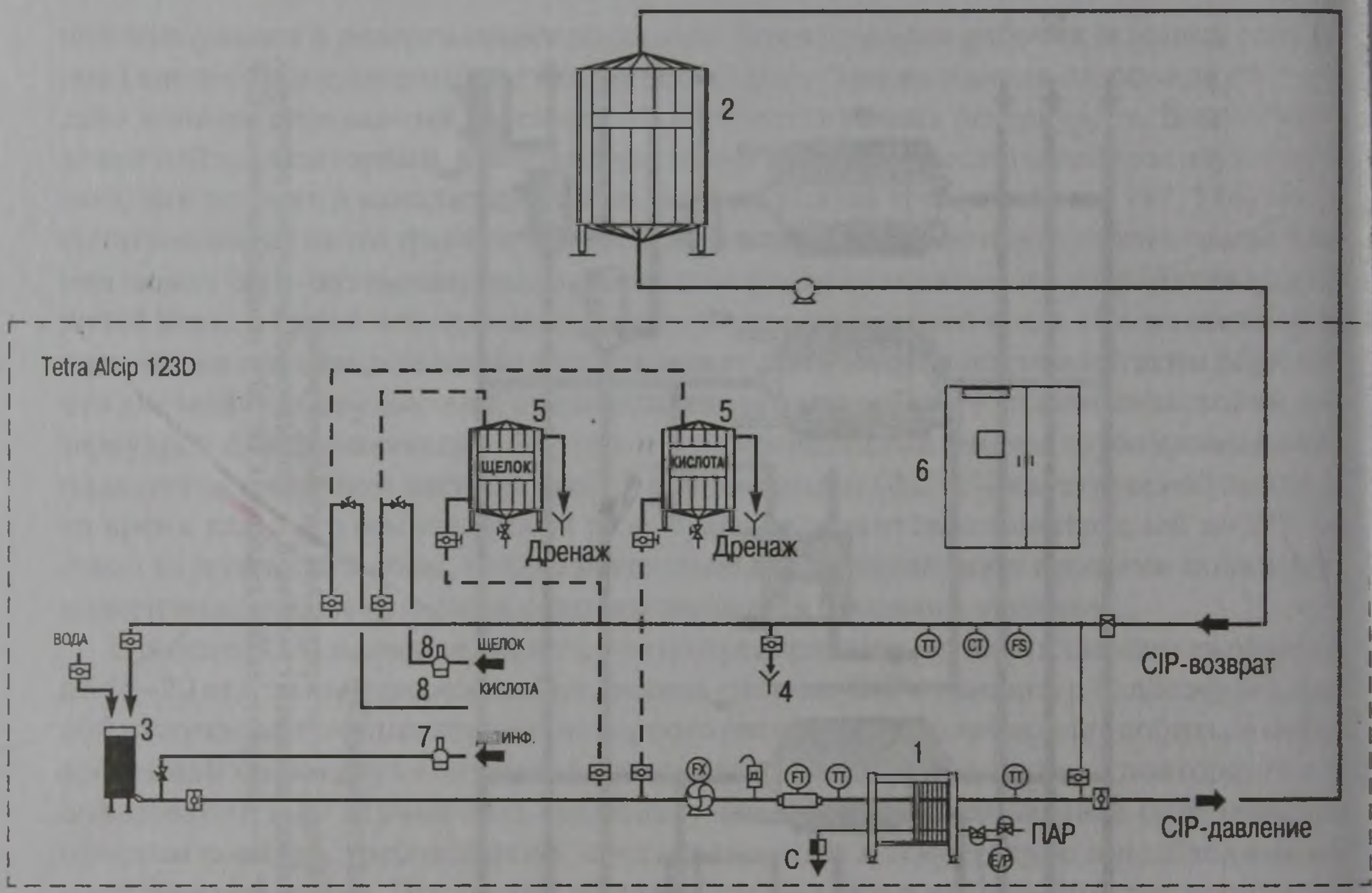


Рис. 4.4. Система CIP для мойки резервуаров и трубопроводов

1 — пластинчатый теплообменник; *2* — контур мойки (например, резервуар); *3* — циркуляционный танк; *4* — дренаж; *5* — резервуар для моющего раствора; *6* — панель управления; *7* — дозирующий насос для дезинфицирующего средства; *8* — дозирующий насос для концентрата моющего состава.

Обозначения:

TT — температурный датчик; FS — переключатель потока (расхода); CT — датчик проводимости; FX — стабилизатор частоты; FT — датчик потока (расхода).

Этап	Программа мойки резервуаров	Время, мин	Температура, °С
1	Предварительное ополаскивание водой;	3	Температура окружающей среды
2	Мойка щелочным раствором — 1%-ный раствор едкого натра с добавлением комплексона для предотвращения образования накипи, а также для повышения диспергирования частиц	10	75
3	Промежуточное ополаскивание	1	Температура окружающей среды
4	Мойка кислым раствором –1%-ный раствор азотной кислоты	5	65
5	Заключительное ополаскивание водой, промывка резервуара регенерированной воды	5	Температура окружающей среды
6	Дезинфекция горячей водой, вода сливается в дренаж	6	>86

По [8].

4.4.3 Другие способы мойки

Для выполнения конкретных задач возможно использование других методов мойки, некоторые примеры которых отражены в специальной литературе [26, 47, 94].

4.4.3.1 Отмачивание

Технологическое оборудование и/или соединительная арматура погружаются в моющий раствор высокой температуры, и после отмачивания в течение 15–20 минут очищается вручную или механически. К сожалению, информация относительно состава среды, в которой осуществляется отмачивание, отсутствует, но возможно, что эффективность мойки здесь в значительной степени определяется степенью загрязнения и последующей обработкой при помощи щетки (скребка).

4.4.3.2 Мойка с применением ультразвука

Данный метод мойки представляет собой усовершенствование описанного выше метода отмачивания. Оборудование, посуда и/или арматура помещаются в моющий раствор, и все загрязнения снимаются с поверхностей с помощью микроскопических пузырьков, возникающих под действием высокочастотных колебаний.

4.4.3.3 Мойка опрыскиванием

Этот метод мойки широко применяется в промышленности и подразумевает распыление горячей воды или пара на поверхности оборудования непосредственно в месте его расположения. Моющий раствор разбрызгивается из специальных форсунок (переносных или стационарных), и задачей здесь является максимально возможная очистка сильнозагрязненных поверхностей оборудования до того, как оно будет подвергнуто мойке одним из общепринятых методов.

4.4.3.4 Мойка, основанная на действии ферментов

При использовании данного метода мойки не применяются общепринятые концентрированные растворы, состоящие из щелочных и/или кислых компонентов, а используются ферменты и ПАВ, буферные и комплексообразующие реагенты (комплексоны), обладающие специфическими характеристиками, способствующими удалению загрязнений с оборудования для переработки молока.

Таким образом, мойка происходит при температуре, сниженной до 50–55 °С, при высоком уровне pH, составляющим от 8,5 до 9,5 и низкой концентрации реагентов (например, моющее средство *P3 Paradigm* используется при концентрации в 0,09% (см. [94]). Фермент гидролизует любой белок, прилипший к поверхности оборудования, а отделившееся вещество затем отводится вместе с основным потоком. Буферное вещество стабилизирует pH, в то время как ПАВ удаляет жир, а комплексообразующий реагент предотвращает формирование накипи на поверхности оборудования.

Кроме того, заключительное ополаскивание производится с дезинфицирующим средством (например, *P3Paradigm*), препятствующим росту микроорганизмов. Поскольку такого рода моющие составы используются при низкой концентрации, то они служат лишь незначительной добавкой к биологической и химической нагрузке на

стоки молочного производства. Следует отметить, что одно из таких моющих средств было разработано в Германии фирмой *Henkel-Ecolab*.

4.5 Факторы, влияющие на эффективность мойки

Результат мойки технологического оборудования любого типа зависит от значительного числа факторов, некоторые из которых были рассмотрены в [6, 11, 17, 25, 40, 41, 47, 83, 97, 102, 103, 117, 121].

4.5.1 Тип загрязнения

Остатки молока, подвергшегося тепловой обработке, сложнее поддаются удалению, чем остатки холодного молока; аналогично, фрукты, прошедшие термообработку, могут плотно приставать к металлическим поверхностям.

4.5.2 Принятый метод мойки

При использовании системы CIP некоторые факторы поддаются более эффективному контролю — например, концентрация и температура моющего раствора. Отсюда следует вывод, что при условии правильного обслуживания система CIP является более надежной и эффективной.

4.5.3 Продолжительность контакта

Эффективность мойки зависит от продолжительности ее проведения. Это означает, что чем длительнее время контакта между моющим раствором и загрязнением, тем чище будет оборудование после завершения цикла мойки. Однако не следует упускать из виду и тип загрязнения — например, 10 минут контакта для 1%-ного раствора едкого натра при температуре в 75 °С достаточно (см. [8]) для мойки резервуаров для сквашивания молока и трубопроводов (в этом случае загрязнение состоит из компонентов молока), но при мойке обычного пастеризатора продолжительность контакта с поверхностью необходимо увеличить до 25 мин (загрязнение здесь является следствием нагрева молока). Таким образом, очевидна важность времени контакта, поскольку при этом в большей степени проявляется действие моющего средства на загрязнение (смачивание, проникновение, растворение и окончательное удаление загрязнения).

4.5.4 Концентрация моющих растворов

Концентрация моющего раствора, используемого для ручной мойки, ограничена, поскольку в случае высокой концентрации он может вызвать раздражение кожи. В системе CIP избирательная мойка улучшается за счет высокой концентрации моющего раствора, хотя начиная с определенного уровня концентрации эффект уже не будет так велик.

Эта предельная концентрация на производящих йогурт предприятиях составляет 2–3%, поскольку, как указывалось ранее, 1%-ный раствор каустической соды доста-

точен для мойки резервуаров, трубопроводов и резервуаров для сквашивания; раствор с концентрацией до 2% рекомендуется для мойки универсальных резервуаров и пластинчатых теплообменников; а 2–3%-ный раствор — для мойки установок для высокотемпературной обработки молока.

Следует упомянуть также о важности контроля концентрации раствора моющего средства (особенно это касается систем повторного и многоразового применения), но высокая концентрация моющего раствора (то есть свыше 2–3%) на предприятиях по производству йогуртов экономически невыгодна. Тем не менее для мойки обычного испарителя может потребоваться концентрация моющего средства до 5%, если он используется для увеличения содержания СВ в смеси.

Концентрация кислых растворов, как правило, составляет около 1%, поскольку при их более высокой концентрации возможна коррозия металлических поверхностей (см. рис. 4.4). Тем не менее применение трубчатого теплообменника (то есть при нагреве молока до 72 °С) в одноступенчатой системе показало, что физическая и химическая чистота поверхностей в этом случае достигается за половину того времени, которое требуется при двухступенчатой (щелочь–кислота) процедуре, применение которой не может обеспечить удаления минеральных отложений [120]. В конечном счете, в условиях промышленного производства, когда молоко для йогурта нагревается до более высоких температур и дольше хранится, может быть выбрана иная система мойки.

4.5.5 Температура

Чем выше температура моющего раствора, тем эффективнее мойка, так что если ручную мойку следует осуществлять при температуре около 45–50 °С, то мойка на основных участках предприятия по производству йогуртов осуществляется при помощи системы CIP при температуре 85–90 °С. Более высокие температуры (например, 100–105 °С) используются для мойки щелочным раствором установок ультравысокотемпературной обработки молока. Мойка кислым раствором, как правило, осуществляется при температуре в 60–70 °С. Тем не менее при определенных условиях (например, при использовании для мойки ферментных препаратов) температура CIP-раствора составляет ⩽ 55 °С (см. раздел 4.4.3).

4.5.6 Скорость потока

Течение жидкости в трубе может быть ламинарным или турбулентным (вихревым), и на него оказывают влияние такие факторы, как диаметр трубы и вязкость жидкости. Числовое выражение степени турбулентности жидкости известно как число Рейнольдса (например, Re2000 = ламинарное течение, Re2000–4000 = переходное течение и Re > 4000 = турбулентное течение). Чем выше это число, тем более турбулентным будет поток. Отсюда следует, что на физические воздействия, осуществляемые щетками в системе CIP, в значительной степени влияет скорость потока, а эффективность мойки существенно возрастает при ускорении перемещения раствора. Хотя на скорости движения жидкости внутри технологической установки отражается присутствие любых препятствий, можно рассчитать среднюю скорость движения, а в работе [118] было доказано, что остаточное количество бактерий на поверхности сни-

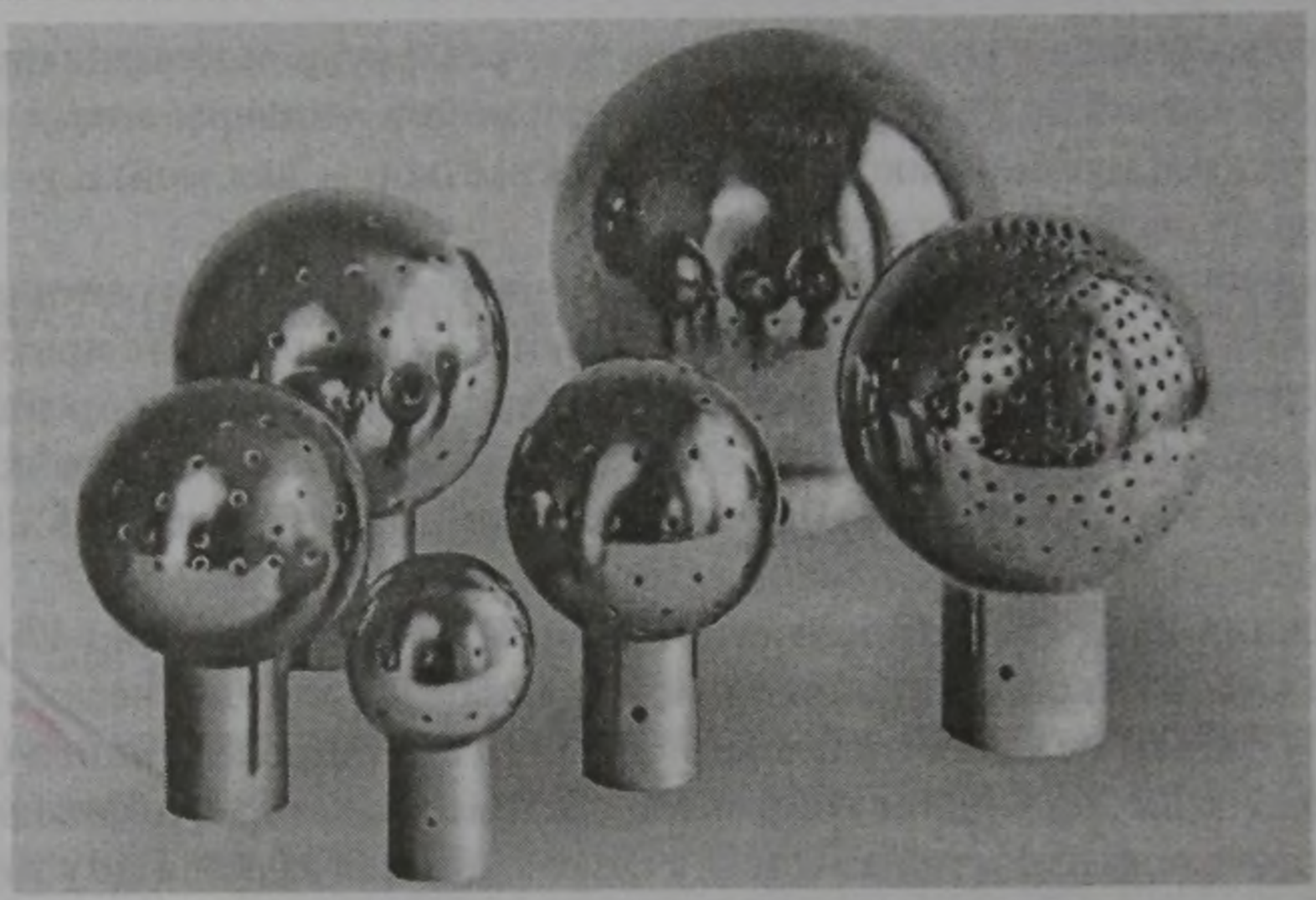


Рис. 4.5. Некоторые типы шариковых распылителей
Воспроизведено с любезно разрешения *APV U. K. Co. Ltd*, Великобритания

жается до минимума в том случае, если средняя скорость потока поддерживается на уровне 1,5 м/с, или (по [72]) число $Re > 10^4$. Особенности конструкции любого молочного оборудования могут отразиться на скорости потока жидкостей (то есть молочной основы, йогурта или моющих составов); математические уравнения, используемые для измерения подобных потерь, были подробно изложены в работе [97].

Резервуары большой емкости моются с использованием системы CIP. Такое оборудование может быть снабжено либо шариковыми распылителями (рис. 4.5), либо вращающимися форсунками (рис. 4.6), которые способствуют распылению жидкостей, используемых в системе CIP. Сравнение эти двух основных типов распылителей проведено в работе [114]. Следует упомянуть о тенденции к более широкому использованию шариковых распылителей, чем вращающихся форсунок, что может иметь значение для достижения хороших результатов при мойке. Подробнее эти аспекты изложены в работе [97], и в настоящее время подобные системы в соответствии с их характеристиками разбиты на категории следующим образом:

- *Категория 1.* Системы высокого давления и малого объема, которые используются, как правило, для мойки резервуаров. На головках имеются две форсунки (на больших головках возможно использование четырех или восьми форсунок). Рабочий диапазон давления – от 0,4 до 1 МПа при соответствующей скорости потока 3000–8000 л/ч.
- *Категория 2.* Системы высокого давления и большого объема, которые основываются на системах 1 категории и подходят для использования на больших блоках. Диапазон рабочих давлений составляет от 0,6 до 1,5 МПа, а скорости потока – от 8000 до 35 000 л/час.
- *Категория 3.* Системы низкого давления и объема. В этой категории используются фиксированные шариковые распылители и фиксированные, но не враща-

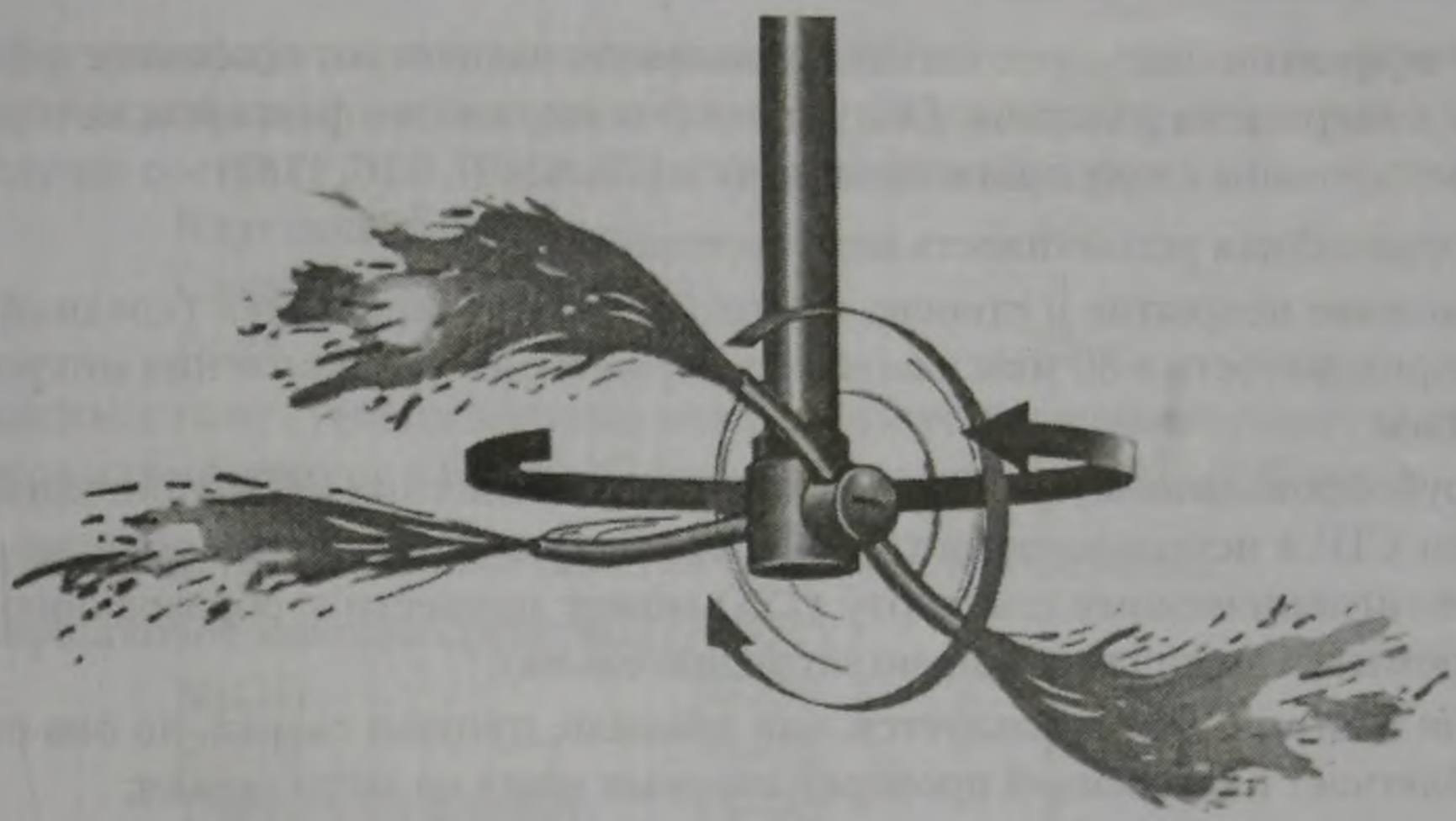


Рис. 4.6. Распылительная турбина с форсунками для мойки резервуаров

Распылительная турбина состоит из двух вращающихся форсунок, расположенных на одной трубе. Одна из них вращается в горизонтальной, а другая в вертикальной плоскости. Вращение происходит за счет силы противодействия от загнутых назад форсунок.

Воспроизведено с любезно разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division), A/B*, Швеция

ющиеся форсунки. Их применение на молочных производствах ограниченно теми участками, где необходима лишь незначительная мойка.

- *Категория 4.* Системы низкого давления и большого объема, включающие в себя большую часть головок для мойки резервуаров, например, для молочных и технологических накопительных резервуаров. В этой категории применяются закрепленные шариковые распылители и вертушечные головки, для вращения которых используется сила противодействия форсунки.

4.5.7 Промывка кислым раствором

Эффективность мойки может зависеть также и от состава моющего средства (см. табл. 4.2), и промывка кислым раствором представляет собой дополнительный процесс для удаления молочного камня и других типов загрязнений. Осуществляется ли данный процесс ежедневно или один раз в неделю, зависит от решения службы контроля качества на производстве, а окончательное решение основывается на микробиологических тестах.

4.5.8 Зависимость систем мойки от применяемой на предприятии технологии

На любом предприятии пищевой промышленности, включая предприятия по производству йогуртов, предусматривается использование большого количества резервуаров, трубопроводов, колен, трубных муфт, клапанов и насосов. Говорить об отсутствии на этих участках бактериальной инфекции с уверенностью невозможно, и

поэтому эффективность программы мойки может зависеть от особенностей проектирования конкретных участков. Она зависит от множества факторов, которые могут быть суммированы следующим образом (см [75, 82, 97, 116, 118]):

а) коррозийная устойчивость нержавеющей стали;
б) внешнее покрытие и степень шероховатости поверхностей (средний диаметр шероховатости в 80 мкм уже может служить местом скопления микроорганизмов);
в) трубопроводные муфты (кольцевые соединение типа *RJT* непригодны для систем CIP, а использование типа, соответствующего международному санитарно-гигиеническому стандарту (*ISS*) может привести к образованию трещин, промывка которых довольно затруднительна);
г) для систем CIP используется, как правило, дуговая сварка, но она отнюдь не облегчает надлежащей проверки сварных швов на загрязнения;
д) необходимо избегать возникновения «слепых» участков, но в случае, если невозможно обойтись без Т-образных участков, их длина должна быть минимальной;
е) особенно трудно промывать насосы, прежде всего поршневые и объемные;
ж) используются клапаны трех видов, а именно пробковые, золотниковые и мембранные; два последних клапана, в отличие от пробкового, могут быть легко промыты с использованием системы CIP;
з) планировка участка.

В работах [15, 109, 132] (с использованием электронной сканирующей микроскопии) было изучено бактериальное загрязнение поверхностей, контактирующих с молоком. Эти исследования подтвердили, что на наличие микроорганизмов влияют шероховатость металла, степень обработки поверхностей, наличие сварных швов, а также любые резиновые или пластмассовые сочленения (соединительные муфты). Каждый из этих факторов может сказаться на эффективности санитарной обработки оборудования.

4.5.9 Химический состав моющего средства

Получить точный химический состав заданного моющего средства зачастую бывает непросто, но в табл. 4.2. и 4.3 приведены некоторые общие данные. Согласно данным Тэмплина (Tamplin), некоторые типовые промышленные моющие средства имеют следующий химический состав:

А) Моющее средство для мойки молочных резервуаров (г/100 г):

EDTA	25,0
Связывающие вещества	2,5
Эмульгаторы	1,0
Пеногаситель	0,5
Мыло	5,0
Вода	66,0

Раствор используется в концентрации 0,2–0,5 мл или г/100 мл вместе с раствором каустической соды концентрацией 1–2,5 г 100/мл при температуре в 60–90 °С. В этом случае состав (г/100 г) выглядит следующим образом:

Каустическая сода	44
Связывающие вещества	1
Вода	55

В зависимости от степени загрязнения используемая концентрация в случае циркуляции при температуре в 65–90 °С будет составлять 0,7–4мл/100 мл.

Б) Моющее средство для мойки пластинчатого теплообменника:

- Порошковое моющее средство (г/100 г):

NaOH	30–50
EDTA	8–15
Тринатрий фосфат	15–25

Сюда добавляется также кальцинированная сода и усилитель щелочности (силикаты), тогда как смачивающие вещества обычно образуются в растворе за счет омыления. В случае необходимости может быть добавлено вещество в неионизированной форме с низкой пенообразующей способностью. Рекомендуемая концентрация составляет 1–2 г/100 г.

- Жидкое моющее средство (мл/100 мл):

NaOH (100° Tw раствор)	40–60
EDTA (30%-ной концентрации)	20–30
Силикаты	55–15

Кроме этого, сюда в небольших количествах добавляются и другие компоненты; такое моющее средство используется при концентрации в 1,5–3 мл/100 мл, и вследствие ограниченной растворимости EDTA в NaOH рекомендуется в качестве органического связывающего вещества добавлять глюконат натрия. Приведенные выше составы моющих средств используются в одноступенчатом цикле мойки; в случае применения двухступенчатого цикла (то есть моющее средство + кислый раствор) рекомендуется использовать перечисленные ниже компоненты:

- Порошковое моющее средство (г/100 г)

NaOH	60–80
EDTA	2–10
Фосфаты	2–10

Сюда добавляется также (кальцинированная сода) или жидкая щелочь (NaOH) 85–95 мл/100 мл и глюконат натрия (5–15 г/100 г); в роли кислоты может выступать фосфорная кислота (1 мл/100 мл).

В) Комбинированное или моющедезинфицирующее средство:

Такое средство может включать триполифосфат натрия или калгон, изоцианурат натрия, хлорсодержащий тринатрий фосфат, силикат или кальцинированную соду в качестве наполнителя (70%) (его типовой состав (%) при использовании в 0,5%-ном растворе: фосфаты — 15; силикаты — 5; кальцинированная сода — 25–30). Комбинированное моющее средство содержит также небольшое количество соединений хло-

Таблица 4.6. **Рекомендуемые способы мойки и стерилизации оборудования, предназначенного для выработки йогурта**

Оборудование/приспособление	Способ мойки	Способ дезинфекции
1. Фляги для молока	*Мойка вручную:* а. Сочетание моющего/дезинфицирующего средства. Ополоснуть фляги теплой водой Добавить 5 л раствора моюще-дезинфицирующего средства с температурой 40–50 °С Тщательно промыть внешние и внутренние поверхности фляги, включая горловину и крышку, при помощи щеток Перевернуть флягу на бок и перекатывать в течение полуминуты. Выдержать не менее 2 мин Опорожнить флягу, промыть ее чистой водой и перевернуть на стойке-вешалке для просушки Отдельно промыть съемные крышки фляг в ванне. б. Только моющее средство Придерживаться этапов мойки, перечисленных выше *Машинная мойка* (тоннельная или во вращающемся барабане) Этап слива остатков молока Предварительно ополоснуть водой (холодной или при температуре 40–50 °С) Слив Наружная мойка водой при температуре 40–50 °С Слив Промывка струей раствора моющего вещества при температуре в 70-80 °С Слив Ополаскивание водой при температуре не менее 85 °С Ввод острого пара Просушка горячим воздухом при температуре 95–115 °С	(а) Химический Следовать рекомендациям производителя моющего средства (б) Пар (i) Паровая камера – 96 °С в течение 30 мин (ii) Паровое сопло – не менее 2 мин Дезинфекции не требуется
2. Весовые и приемные резервуары	Промыть весовые и приемные резервуары холодной водой, а затем водой температурой 50–60 °С Закрыть слив и добавить необходимое количество раствора универсального моющего средства Очистить соответствующей щеткой внешние и внутренние поверхности, крышки и фильтры, а после слива раствора из резервуара очистить щеткой выпускные клапаны и крепления Промыть резервуар и арматуру чистой водой из шланга и провести сборку арматуры. После этого оборудование готово к процессу стерилизации	а) Совместное использование моюще-дезинфицирующего средства Оборудование готово к немедленному использованию после завершения этапа окончательной промывки; при необходимости непосредственно перед использованием провести повторную дезинфекцию б) Химическая дезинфекция Приготовить раствор дезинфицирующего средства Частично заполнить весовые и приемные резервуары раствором Обработать щеткой согласно описанию в соответствующем разделе, используя щетку, специально предназначенную для такой обработки Смыть остатки стерилизующего средства с оборудования, поливая его холодной водой из шланга, а затем немедленно приступить к использованию оборудования. Если это невозможно, перед использованием оборудования провести повторную дезинфекцию

Таблица 4.6 (Продолжение)

Оборудование/приспособление	Способ мойки	Способ дезинфекции
3. Насосы и трубопроводы	Система CIP (см. табл. 4.7)	*При использовании системы CIP* (а) Циркуляция горячей воды в течение не менее 15 мин, начиная с момента, когда все элементы контура достигнут температуры не ниже 85 С. (б) Использование химического дезинфицирующего средства. Циркуляция раствора, например, гипохлорита натрия, то есть 50–100 мкг/мл свободного хлора при температуре в 20–40 °С в течение времени контакта 10–20 мин. Слить, затем промыть чистой водой и приступить к немедленному использованию. Если это невозможно, перед использованием провести повторную дезинфекцию
	Мойка вручную: Промыть холодной водой Разобрать и промыть детали в ванне, заполненной раствором моющего средства Обработать щетками все поверхности, контактирующие с молоком Для очистки труб использовать щетки на длинных рукоятках Трубы очищать с обеих сторон	*При ручной мойке:* (а) Сформировать из трубопровода замкнутый контур, а затем осуществить дезинфекцию, используя один из упомянутых выше методов (горячую воду или дезинфицирующее средство). (б) Стерилизовать разобранные трубопроводы и арматуру в течение 15 мин, используя для этого пар (в) Погрузить разобранные элементы арматуры в раствор дезинфицирующего средства, промыть холодной водой, а затем немедленно собрать, избегая повторного загрязнения. Если оборудование сразу же не используется, перед его применением провести повторную его дезинфекцию
4. Технологические установки для молока/йогурта	Установки для тепловой обработки молока (HTST и UHT) (см. табл. 4.7) *Пастеризационные установки* (молоко нагревается до 95 °С и выдерживается в течение 5 минут) или *Универсальные резервуары, используемые при производстве йогуртов* Удалить как можно большее количество продукта из резервуара Заполнить раствором моющего средства на основе гидроксида натрия, в состав которого может входить связывающее вещество Пропусканием пара нагреть раствор до температуры в 75–85 °С, запустить мешалку и поддерживать указанную температуру на протяжении 30 мин Слить моющий раствор из резервуара. Тщательно промыть чистой холодной водой Продезинфицировать Примечание. В случае, если в резервуаре образовался молочный камень, после удаления моющего состава может возникнуть необходимость обработки соответствующей кислотой (например, фосфорной кислотой – 100 мл на пять литров воды при температуре 40–50 °С)	См. табл. 4.7 Дезинфекция с использованием одного из перечисленных ниже методов: (а) *Пар:* Используя винтовые стяжки в качестве защиты от несчастного случая, подключить источник подачи пара слабого давлении к выходной трубе резервуара. Использование гибких шлангов опасно, и поэтому пользоваться ими не следует Обработать паром в течение не менее 10 мин после того, как температура кондесата достигнет 85 °С (б) *Щелочной раствор:* При безразборной мойке использовать 1%-ный раствор каустика при температуре не менее 75 °С с минимальным временем контакта в 10 минут. Промыть холодной, чистой водой (в) *Химическое дезинфицирующее средство:* Использовать раствор химического дезинфектанта, действуя в соответствии с приведенным выше описанием

Таблица 4.6 (Продолжение)

Оборудование/приспособление	Способ мойки	Способ дезинфекции
5. Гомогенизаторы	Как *часть технологической установки* — см. выше п. 4, или как *отдельный узел* Создать замкнутый контур из всех связанных трубопроводов, включая гомогенизатор Снизить давление на клапане гомогенизатора Запустить гомогенизатор и промыть контур водой для удаления остатков молока Слить воду в канализацию. Необходимо удалить, прочистить и промыть вручную датчики давления, всасывающие (впускные) клапаны, а также впускные и выпускные коллекторы, а после этого вновь собрать их для дезинфекции Добавить достаточное количество используемого моющего средства или специального средства для мойки гомогенизаторов в 90 литров воды. Ввести в гомогенизатор раствор моющего средства и прокачивать его по замкнутой системе в течение 30 мин при температуре в 70–80 °С Подать давление около 0,6 МПа. Оставить все байпасы слегка открытыми, чтобы дать возможность протечь промывной воде и раствору моющего вещества. Промыть чистой, холодной водой и слить ее Примечание. В процессе предварительного и окончательного ополаскивания время циркуляции следует свести к минимуму из-за недостаточной смазки водой штока поршня и шлангов. При использовании щелочных моющих средств достаточно упомянутых выше мер профилактики, поскольку они обеспечивают достаточную смазку	(См. выше пункт 4); Снизить давление на клапанах гомогенизаторов и ввести горячую и чистую воду. Продолжить прокачку по замкнутой системе (циркуляцию) в течение не менее 15 минут после того, как возвратная вода достигнет температуры в 85 °С Примечание: (а) Обеспечить достижение всеми спускными клапанами, датчиками давления и т. д. температуры в 85 °С за период не менее чем 15 мин за счет стравливания в течение всего периода стерилизации (б) Причиной продолжительного разогрева является значительная масса металла в узлах гомогенизаторов
6. Разливочные (фасовочные) автоматы	*Мойка вручную* По завершении процесса розлива промыть холодной водой, а затем смыть остатки продукта, попавшие на транспортер в процессе промывки Разобрать съемные узлы Полностью промыть детали холодной водой или при температуре воды в 40–50 °С. Вручную промыть все компоненты, используя подходящее моющее средство при температуре в 40–50 °С Тщательно промыть все детали холодной водой, пока на них не останется следов моющего средства Вновь собрать узел, который после этого будет готов к дезинфекции *Мойка с использованием системы CIP* Желательно проконсультироваться с производителем станции CIP относительно рекомендованного моечного цикла	(а) Сочетание моющего и дезинфицирующего средств (б) Химическое дезинфицирующее вещество, например, гипохлорит натрия 50–100 мкг/мл свободного хлора при температуре окружающей среды со временем контакта в течение не менее 10 мин (в) Циркуляция горячей воды в течение не менее 15 мин, начиная с того момента, когда проточный раствор достигнет температуры в 85 °С (г) Пар (широко не используется). Обработка согласно (в) и (г) подходит не для всех машин. Перед тем, как приступить к использованию одного из этих способов, необходима консультация с производителем машины См. выше пп. (а) – (г). Следовать рекомендациям фирм-производителей машин

Таблица 4.6 (Окончание)

Оборудование/приспособление	Способ мойки	Способ дезинфекции
7. Резервуары для закваски	Мойка вручную (а) Емкости для закваски небольших размеров могут быть вымыты вручную в соответствии с описанием, приведенном в пункте (1) (б) Резервуары, не приспособленные для CIP Разобрать и промыть отдельно все съемные части. После опрожнения резервуара удалить из него остатки закваски. При температуре в 40–50 °С обработать поверхность щетками с использованием слабого раствора щелочного моющего средства или раствора моюще-дезинфицирующего средства. Промыть чистой холодной водой, а затем вновь собрать, после чего резервуар готов к дезинфекции	Использовать один из способов, упомянутых в п. 4
	Мойка CIP Начать процесс мойки сразу после опорожнения резервуара (не допуская подсыхания закваски на поверхности резервуара) Осуществить мойку CIP, используя для этого соответствующее щелочное моющее средство или раствор моющедезинфицирующего средства Особое внимание следует обратить на выпускной клапан Промыть чистой водой в соответствии с инструкциями производителя резервуара для закваски, после чего резервуар будет готов к дезинфекции	Использовать один из способов, упомянутых в п. 4
8. Резервуары для фруктового наполнителя	Подобные резервуары используются при крупномасштабном производстве йогурта; моечный цикл включает в себя: – тщательное ополаскивание водой с температурой в 40–45 °С – обработку щетками с использованием моющего средства – промывку чистой холодной водой, после чего резервуар будет готов к дезинфекции	Использовать один из способов, упомянутых в п. 4
9. Разное	(а) Стеклянные бутылки и решетчатая тара Следовать рекомендациям для мойки/стерилизации возвратных молочных бутылок из стекла	См. табл. 4.8 См. табл. 4.7
	(б) Мембрана (фильтровальные машины UF&RO) (в) Однокорпусный испаритель; Следовать инструкциям производителя оборудования. Описание использования одного такого блока приводится в главе 3, а испаритель моется совместно со всем другим технологическим оборудованием	

Таблица 4.7. **Способы мойки и дезинфекции пластинчатых теплообменных аппаратов, применяемых при производстве молока и йогурта[a]**

Типы оборудования	Программа CIP	
	Мойка с использованием моющего средства	Дезинфекция
Пастеризаторы HTST (для кратковременной высокотемпературной обработки)	Промыть холодной водой в течение 15 мин. В течение 20 минут прокачивать моющее средство по замкнутой системе. Промыть холодной водой Примечание. В процессе промывки с использованием моющего средства следует менять направление движение потока с прямого на обратное. Разобрать пакет пластин, обработать их щетками и сполоснуть водой из шланга. Промывку кислым раствором следует осуществлять после промывки щелочным раствором, поскольку непосредственная промывка кислым раствором может вызвать коррозионное повреждение нержавеющей стали.	(а) Прокачка горячей воды по замкнутой системе на протяжении не менее 15 мин, начиная с момента, когда все участки установки достигнут температуры не менее 85 °С. В процессе циркуляции следует часто приводить в действие обратный клапан потока (б) Химическое дезинфицирующее вещество
UHT (для УВТ-обработки)	Промывать холодной водой на протяжении 15 мин *Промывка щелочным раствором*: • Первый этап Прокачать по замкнутой системе 3%-ный раствор щелочи с температурой 100–105 °С в течение 30 мин. Время от времени следует менять направление движения потока с прямого на обратное. Удалить щелочной раствор, и промыть водой. • Второй этап В течение 30 мин прокачать по замкнутой системе 2%-ный раствор щелочи с высоким содержанием кальцийсвязывающего вещества при температуре в 100–105 °С. Удалить щелочной раствор и промыть водой • Альтернативный метод Прокачать по замкнутой системе более концентрированный раствор моющего средства с высоким содержанием кальцийсвязывающего вещества *Промывка кислым раствором:* В течение 30 мин прокачать по замкнутой системе 0,5%-ный кислый раствор при температуре в 75–80 °С. Промыть холодной водой. Разобрать и обработать щеткой пластины, а затем сполоснуть их холодной водой из шланга	УВТ-пастеризаторы часто дезинфицируются автоматически В качестве альтернативы возможна прокачка горячей воды под давлением по замкнутой системе при температуре не ниже 140 °С и не выше 150 °С в течение не менее 15 мин с последующим немедленным использованием установки. Другим вариантом является применение пара под давлением Примечание. Необходимо обеспечить нахождение всех участков установки в диапазоне температур от 140 до 150 °С. Температуры выше 150 °С могут привести к быстрому износу резиновых уплотнений Использование химических дезинфицирующих веществ не допускается

Для производства йогурта	*Первый пример:* (85 °С, 6–10 мин) Промыть холодной водой в течение 20 мин, затем вручную открыть выдерживатель, прочистить щеткой и промыть водой в течение 5 мин Промывка моющим средством (2%-ный раствор каустика в течение 30 мин при температуре в 85–90 °С). Удалить моющее средство и промыть чистой холодной водой в течение 20 мин. Затем открыть выдерживатель для проведения визуальной проверки Один раз в неделю вслед за промывкой моющим средством необходимо осуществлять промывку кислым раствором (1%-ным раствором фосфорной кислоты) в течение 30 мин при температуре 85–90 °С. Кроме того, один раз в неделю необходимо открывать и проверять пластины	Прокачка горячей воды по замкнутой системе (циркуляция) в течение 30 мин при температуре в 85–90 °С или (для УВТ-пастеризаторов) обработка паром под давлением
	Второй пример: (90 °С, 2–5 мин) Предварительная промывка холодной водой в течение 3–5 мин Промывка моющим средством (1%-ной концентрации) в течение 6 минут при температуре в 65–75 °С) Окончательная промывка холодной водой в течение 6 мин Примечание. Один раз в неделю возможна промывка кислым раствором (1%-ной концентрации) в течение 6 минут. Промывка осуществляется после слива моющего средства и промывки холодной водой. После промывки кислым раствором также следует осуществлять споласкивание водой	Прокачка горячей воды по замкнутой системе в течение 20 мин при температуре 90–95 °С
	Третий пример: (115 °С, 3 с) Предварительная промывка холодной водой в течение 5 мин Циркуляция раствора моющего средства (2%-ного каустика) в течение 45 мин при температуре в 85 °С. Промежуточная промывка водой в течение 5 мин Циркуляция кислого раствора (1,5–2% фосфорной кислоты) в течение 45 мин при температуре 70 °С. Окончательная промывка холодной водой в течение 5 мин	Прокачка горячей воды по замкнутой системе на протяжении 20 мин при температуре 85 °С

[a] О мойке аппаратов порционного действия см. табл. 4.6.

ра, обеспечивающих необходимую концентрацию (250 мкг/г) при максимальной рабочей температуре в 50 °С.

Г) Концентрированный раствор EDTA:

Этот состав сходен с описанным выше моющим средством, предназначенным для мойки молочных резервуаров, но в данном случае крепость и рабочая температура зависят от жесткости воды (например, при использовании жесткой воды концентрацию фосфатов следует повысить до 10–15%). Такое моющее средство используется в концентрации 0,5–1%, причем уничтожение микроорганизмов достигается за счет совокупного воздействия высокой концентрации и температуры.

Д) Слабое щелочное моющее средство (%) с последующей дезинфекцией:

Кальцинированная сода	50–70
Силикат	30
Фосфат	5–12
EDTA	5–10

К этому составу добавляется также и смачивающее вещество ПАВ с низким пенообразованием. После мойки этим моющим средством, как правило, следует процесс дезинфекции с использованием гипохлорита натрия с концентрацией активного хлора около 100–150 мкг/г.

Е) Кислое моющее средство (%):

Фосфорная кислота (концентрация 81%)	20–50
Неионогенное ПАВ	3–8

Составы (В), (Г), (Д) и (Е) могут быть использованы для мойки резервуаров для сквашивания и/или хранения молока. Несмотря на то что перечисленные выше моющие средства могут оказаться устаревшими, тем не менее теоретические принципы и/или эффективность мойки оборудования для переработки молока вполне соответствуют результатам, полученным при использовании более новых моющих средств.

4.6 Особые приемы мойки и дезинфекции оборудования и приспособлений для производства йогурта

Британский Институт Стандартов (BSI) опубликовал в 1970, 1977 и 1984 гг. объемные отчеты, касающиеся мойки и дезинфекции молочного оборудования. Соответствующие данные применительно к технологии производства йогуртов отражены в табл. 4.6. Для термообработки молока применяется определенное технологическое оборудование (например, различные типы теплообменников), и в табл. 4.7 приведены способы их мойки и дезинфекции при температуре от 90 до 110 °С, включая стерилизацию оборудования, работающего при высоких и сверхвысоких температурах. Однако для мойки установок мембранного фильтрования необходимо использовать другой подход к процессу санитарной обработки, отраженный в табл. 4.8.

Таблица 4.8. **Рекомендуемый порядок мойки и дезинфекции установок ультрафильтрации и обратного осмоса**

Оборудование	Программа мойки и дезинфекции
Технологическая установка ультрафильтрации для обработки обезжиренного молока со спиральными мембранами	Промывка установки струей воды в течение 5–15 мин до полного удаления остатков продукта Промывка раствором моющего средства за счет рециркуляции 1,2%-ного раствора P3-Ultrasil 11 (Henkel Ecolab) при температуре 50 °С в течение 30 мин Промывка установки водой в течение 5–15 мин до полного удаления раствора моющего средства Промывка кислым раствором за счет циркуляции 0,3%-ного раствора азотной кислоты (P3-Ultrasil 75) при температуре 50 °С в течение 20 мин Промывка установки водой в течение 5–15 мин до тех пор, пока кислота не будет удалена Промывка раствором 1,5%-ного P3-Ultrasil 141 с содержанием 150 мкг/г гипохлорита натрия, который прокачивается по замкнутой системе при температуре 50 °С в течение 40 мин Промывка установки водой в течение 5–15 мин до полного удаления моющего средства Дезинфекция за счет циркуляции раствора метабисульфита натрия (концентрацией 2,5 мг/г) или 1,5%-ного раствора P3-Ultrasil 73 при 25 °С в течение 15 мин Остановить установку До начала следующего этапа производства следует в течение 5–15 мин промывать установку водой
Технологическая установка обратного осмоса со спиральными мембранами	Промывка установки водой до полного удаления продукта Промывка моющим средством за счет рециркуляции 1%-ного раствора Divos 100 (Diversey Lever) в течение 30 мин при температуре 50 °С Промывка кислым раствором за счет циркуляции 1%-ного раствора Divos 2 в течение 20 мин при температуре 50 °С Промывка установки водой или пермеатом обратного осмоса Ферментная мойка, при которой 1%-ный раствор Divos 98PE прокачивается по замкнутой системе при температуре 50 °С в течение 1 ч Промывка установки водой или пермеатом обратного осмоса Дезинфекция за счет циркуляции 0,6%-ного раствора Divos 2 при температуре 50 °С в течение 20 мин Остановить установку До начала следующего производственного этапа промыть установку водой

Система CIP используется, как правило, для мойки основных участков технологической линии по производству йогуртов, причем программы CIP могут осуществляться как вручную, так и полностью автоматически. В последние десятилетия стало возможным автоматическое управление системой безразборной мойки с использованием процессоров, в результате чего возросла эффективность всего процесса с улучшенной регенерацией моющего средства, снижением потребления электроэнергии, а также уменьшением вероятности ошибки оператора. Поскольку компоновка, конструкция и программа системы CIP всегда рассчитываются на соответствующие участки, нет необходимости давать их общий обзор.

Тем не менее системы управления CIP различных производителей имеют те или иные преимущества, и их выбор обусловливается величиной капитальных затрат и требуемым уровнем автоматизации. Программа системы CIP может включать в себя до 30 различного рода функций для мойки резервуаров или других технологических блоков. Несмотря на то что эксплуатационная гибкость любой системы управления CIP оценивается до принятия решения о том, какой именно блок устанавливать, следует принимать во внимание некоторые основные моменты. В первую очередь, необходимо предотвратить опасность загрязнения продукта за счет попадания в него моющего или дезинфицирующего средства. Защиты от подобных загрязнений можно добиться за счет использования следующих систем:

- контроля потока;
- аварийных заслонок или специальных трубопроводов;
- специальных клапанов.

Первые две системы используются в относительно небольших технологических установках, и в качестве дополнительной меры безопасности часто вводятся особые блокираторы. В качестве альтернативы возможно также и использование различного рода клапанов, предохраняющих от смешивания сред.

Участок между двумя заглушками (уплотнениями) открыт для поступления воздуха, и до активирования тарельчатого клапана эта камера для спуска утечек закрывается небольшим отсекающим клапаном. К дренажной линии посредством небольших клапанов (рис. 4.7 и [25]) подсоединяется наружная линия системы CIP. На двухседельном клапане (с наружной очисткой и подъемом седла) имеются два независимых уплотнения, разделяющих две жидкости, с дренажной камерой между ними (см. рис. 4.7 и 4.8). Эта камера должна быть открыта для поступления воздуха, что в случае наличия утечки в одном из уплотнений сможет предохранить жидкости от смешивания. При активировании двухседельного, непроницаемого для смешивания клапана, камера между верхним и нижним корпусом закрывается, после чего клапан открывается, чтобы соединить верхний и нижний трубопроводы. Когда клапан закрыт, для поступления воздуха открываются сначала верхние заглушки (уплотнения), а затем камера для спуска утечек, что помогает добиваться минимальных потерь в процессе эксплуатации. Следует отметить важность гидравлической компенсации нижнего уплотнения (заглушки), что позволяет избежать открывания клапана, вызываемого гидравлическим ударом, с последующим смешением продуктов. В процессе очистки одна из заглушек поднимается, или к камере для спуска утечек подключается наружная линия CIP. Некоторые из клапанов для мойки соприкасавшихся с продуктом участков заглушки могут быть подключены к наружному источнику моющего средства.

Трехходовой клапан представляет собой отдельный клапан, расположенный таким образом, что в закрытом состоянии одна часть открыта для поступления воздуха, и любая утечка моющих растворов CIP в резервуар не попадет, благодаря чему предотвращается загрязнение продукта. Тем не менее была разработана система с использованием сдвоенного клапана с электроблокировкой, обеспечивающая полную изолированность очищаемого контура от смежного участка, по которому возможно прохождение продукта (рис. 4.9).

Рис. 4.7. Три типа предохранительных клапанов
С разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г. Лунд, Швеция

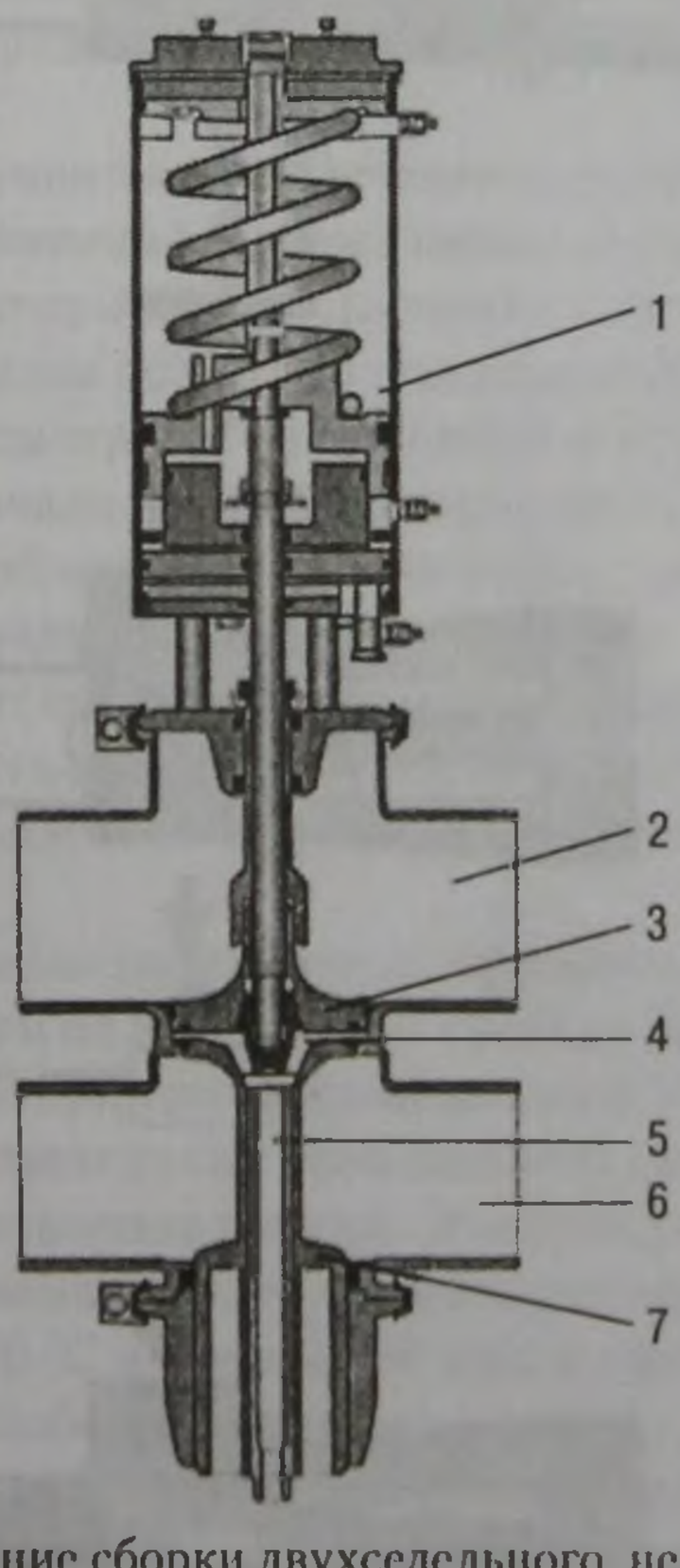


Рис. 4.8. Подробное отображение сборки двухседельного, непроницаемого для смешивания клапана со сбалансированной заглушкой и встроенным подъемником седла клапана

1 — вентильный привод; *2* — верхний клапанный канал; *3* — верхняя заглушка; *4* — камера для спуска утечек с дренажом; *5* — полый шпиндель для доступа воздуха; *6* — нижний клапанный канал; *7* — нижняя заглушка с компенсатором.

С разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г. Лунд, Швеция

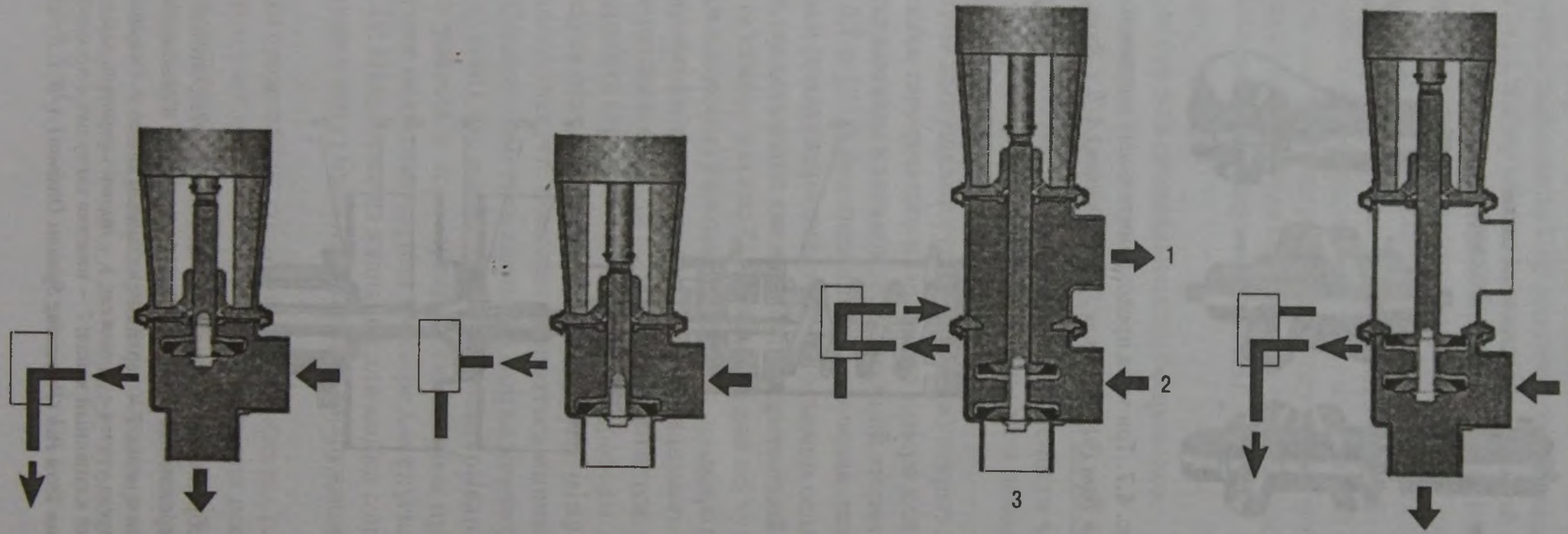


Рис. 4.9. Отсекающие клапаны и направляющие гидрораспределители с заглушкой в разных положениях

На кланане имеются от трех до пяти каналов. Когда заглушка опущена, жидкость течет со стороны впуска 2 к стороне выпуска *1*, а когда заглушка поднята к верхнему седлу, поток направляется через выпуск *3* (см. рис. справа).

С разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г. Лунд, Швеция.

При этом необходимо наличие хорошей дренажной системы, которая позволяла бы осуществлять быстрое удаление продукта и/или моющих растворов из технологической установки, предотвращая смешение. Именно поэтому необходима тщательная проектировка участка, причем схема трубной обвязки должна обладать следующими характеристиками:

- способность к самоосушению;
- отсутствие одинаковой направленности потоков (то есть поток моющего средства должен быть направлен в сторону, противоположную направлению потока продукта);
- отсутствие тупиковых ответвлений трубопровода.

В современном оборудовании для мойки трубопроводов используется система очистки внутренней поверхности труб скребками, что помогает повысить эффективность очистки (рис. 4.10). Однако на более старом оборудовании для удаления йогурта из труб применяется продувка их воздухом. При этом для удаления остатков продукта (например, молока или йогурта) из установки применяется струя сжатого воздуха без примеси масла, направляемая в резервуары и трубопроводы. Объем подаваемого воздуха, а также продолжительность продувки рассчитываются на наилучшую эффективность.

Результатом является улучшенное извлечение продукта, минимальное количество подлежащих удалению загрязнений, а также меньшее количество необходимой промывной воды и более эффективное использование моющего средства, поскольку на протяжении нескольких циклов возможно поддержание той или иной необходимой концентрации раствора. Несмотря на то что система продувки воздухом чаще всего приводится в действие до начала моечного цикла, она используется также и для удаления остаточной промывной воды в процессе и/или после мойки (например, предварительная промывка в начале моечного цикла).

В крупных цехах время от времени необходимо промывать и саму систему CIP, и для этого используется монтаж отдельной системы CIP для мойки основной станции. Основную проблему представляет оседание молочного белка в резервуарах для моющего средства.

Конкретных данных о мойке разливочных (фасовочных) автоматов для йогурта посредством системы CIP нам не известно, но в работе [74] была произведена оценка эффективности системы CIP при удалении вторичных загрязнений из разливочного автомата *Hamba-2000*. В соответствии с этой оценкой, результаты использования системы CIP оказались удовлетворительными. Эта конкретная система CIP включала в себя предварительную промывку водой, прокачку по замкнутой системе щелочного раствора при температуре 70 °С в течение 20 мин и заключительную промывку водой, содержащей 1 мкг/мл свободного хлора.

Конструкция станции безразборной мойки определяется многими факторами [25], например, такими, как:

- количество отдельных контуров CIP, которые предполагается обслуживать с данной станции;
- будут ли смывы молочной основы и/или йогуртов накапливаться и/или обрабатываться для повторного использования или сброса;

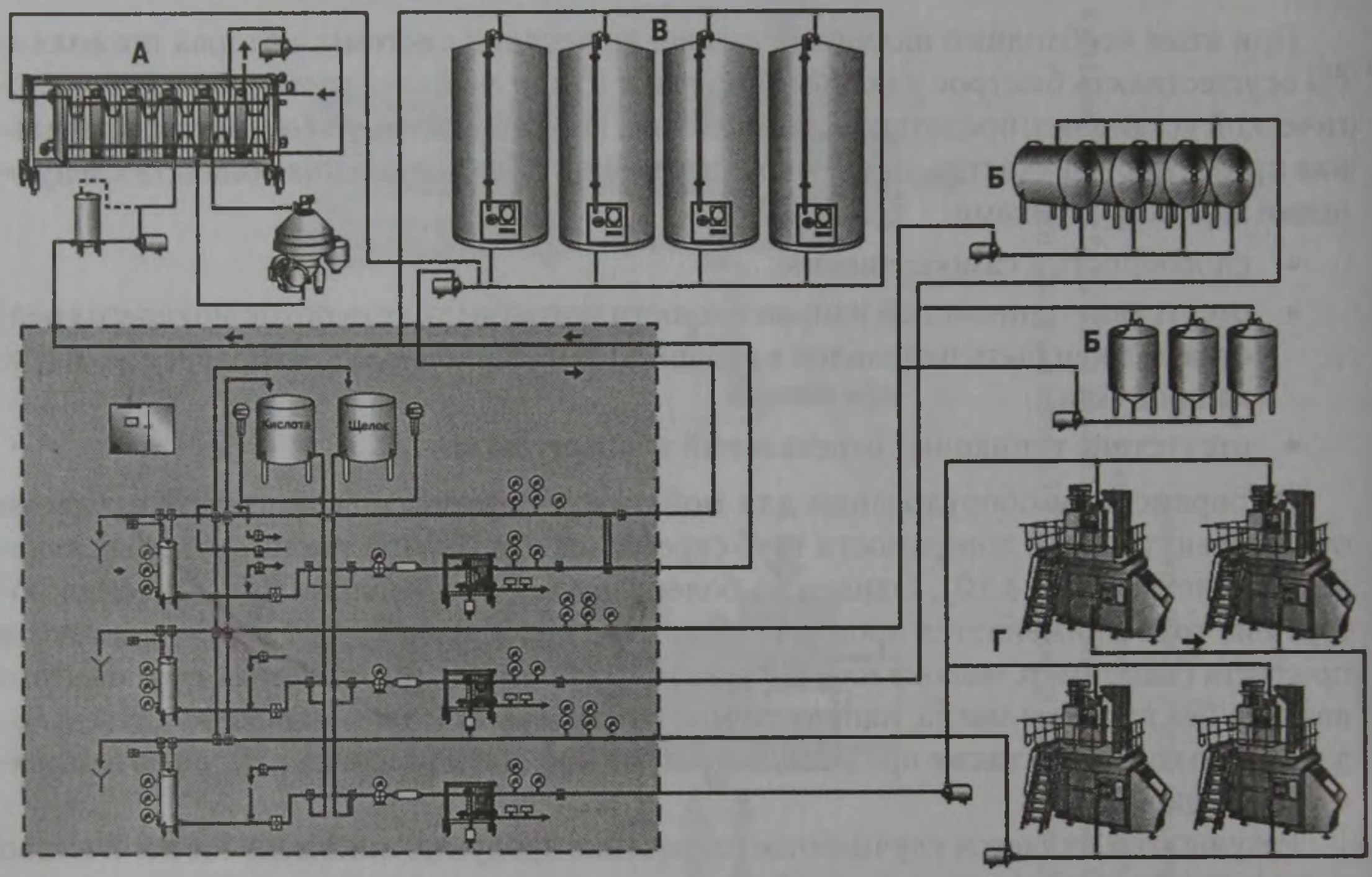


Рис. 4.10. Система централизованной мойки

А – обработка молока; Б – ряд резервуаров; В – накопительные резервуары ; Г – разливочные автоматы.

1 – резервуар для кислого моющего средства; *2* – резервуар для щелочного моющего средства.

На рисунке система централизованной мойки ограничена пунктирной линией.

С разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г. Лунд, Швеция.

- метод дезинфекции оборудования, который предполагается использовать (химическая дезинфекция или стерилизация паром или горячей водой);
- предполагаемый метод мойки — одно- или многоступенчатый;
- потребление пара, необходимого для мойки и стерилизации.

Таким образом, возможно использование двух типов систем CIP, предназначенных для централизованной и децентрализованной мойки. Первая используется, как правило, на небольших молокозаводах с относительно короткими трубопроводами системы CIP (рис. 4.10.). Растворы моющих средств и горячая вода сохраняются горячими в изолированных резервуарах, а необходимые температуры поддерживаются посредством теплообменников. После заключительной промывки вода накапливается в предназначенном для промывной воды резервуаре и используется для предварительной промывки в ходе следующей программы мойки. Смесь молока и воды, оставшаяся после первой промывки, накапливается в другом резервуаре. После повторного использования моющего средства раствор следует сливать, а резервуары мыть и заполнять свежим раствором. Кроме того, во избежание опасности загрязнения другой

моечной линии необходимо регулярно сливать содержимое из резервуаров для воды и мыть их (особенно резервуар промывной воды).

Станция подобного типа, как правило, высоко автоматизирована, резервуары оборудованы датчиками для отслеживания уровней, а качество рециркулирующих моющих растворов контролируется датчиками проводимости. Проводимость пропорциональна концентрации активного ингредиента, и на этапе промывки водой концентрация моющего раствора снижается. При достижении предварительно заданного значения направляющий гидрораспределитель направляет жидкость в дренаж, а не в резервуар, предназначенный для моющего раствора. Программы CIP управляются программируемым контроллером, а крупные станции CIP могут быть оборудованы несколькими резервуарами.

Децентрализованная система CIP может представлять интерес для крупных молокозаводов, где расстояние между центральной станцией CIP и периферическими контурами довольно значительно (рис. 4.11). В данном случае одна большая станция CIP заменяется некоторым количеством меньших по размерам блоков, расположенных в непосредственной близости от конкретных участков выработки молочных продуктов, но центральная станция, предназначенная для хранения щелочных и кислых

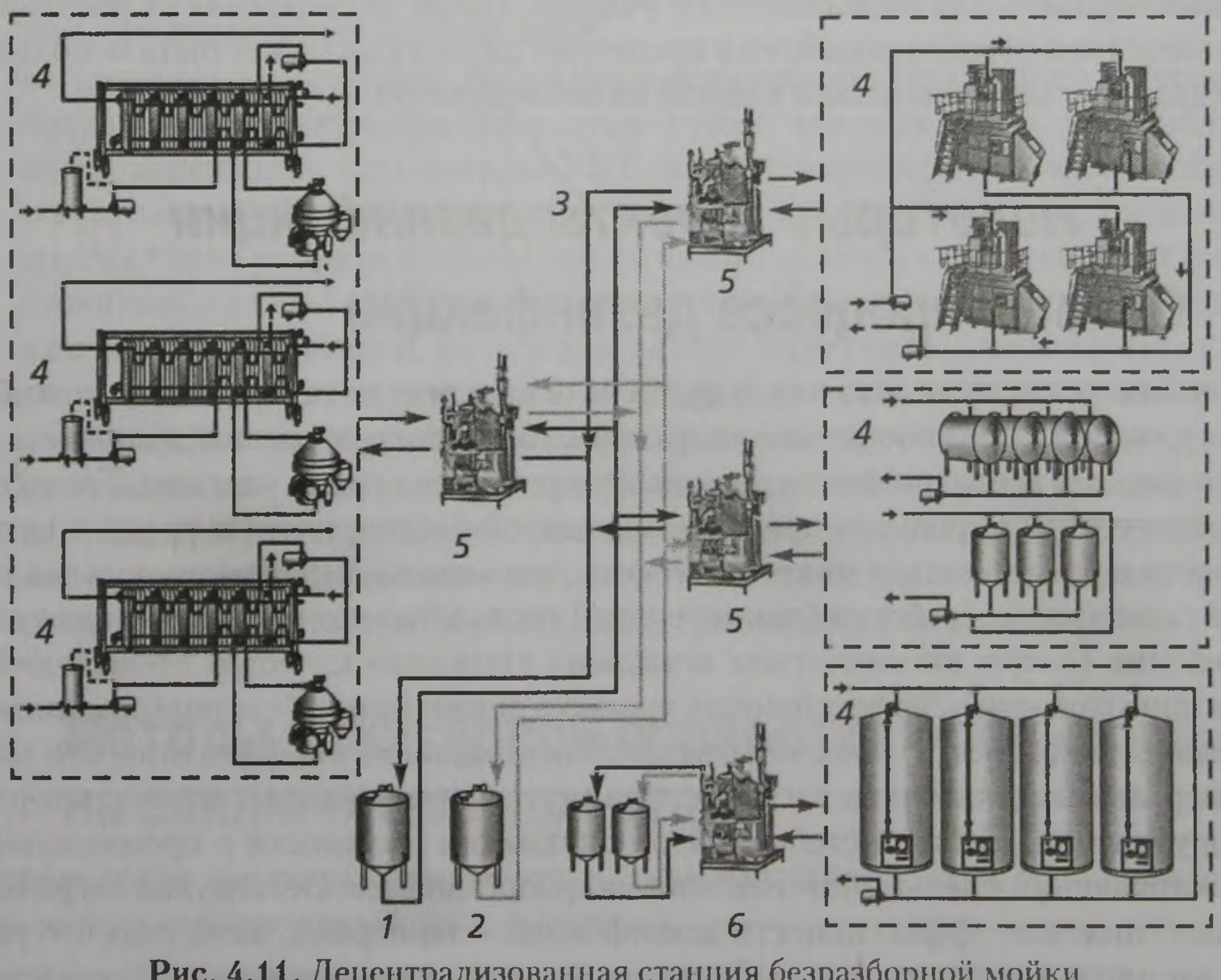


Рис. 4.11. Децентрализованная станция безразборной мойки

1 — резервуар щелочного раствора; *2* — резервуар кислого раствора; *3* — трубопроводы для моющих средств; *4* — промываемое оборудование; *5* — вспомогательные блоки CIP; *6* — децентрализованная станция CIP с собственными резервуарами моющих средств.

С разрешения *Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B*, г. Лунд, Швеция.

моющих средств, поступающих на отдельные или вспомогательные блоки системы CIP, сохраняется. Средства подачи и нагрев промывной воды, а в случае необходимости — и кислого моющего средства, расположены по месту на вспомогательных станциях. Эти станции управляются таким образом, что различные этапы программы мойки осуществляются с помощью тщательно отмеренного минимального объема жидкости, достаточного как раз для того, чтобы заполнить контур, который предполагается промыть. Для прогонки моющего средства по контуру используется мощный циркуляционный насос.

Принцип циркуляции небольших порций моющих растворов имеет множество преимуществ, одним из которых является значительное снижение как локального, так и суммарного потребления воды и пара. Остатки молока после первой промывки становятся более концентрированными, что упрощает их дальнейшую обработку и удешевляет их выпаривание. В сравнении с централизованной системой, которая потребляет значительные объемы жидкости, децентрализованная система CIP снижает нагрузку на системы канализации.

В противоположность обычной практике повторного использования моющих средств в централизованных системах, концепция одноразовых моющих средств внедрялась наряду с применением децентрализованной системы CIP. Идея одноразового использования основана на том предположении, что состав раствора моющего средства можно оптимизировать для определенного участка. После использования раствор рассматривается как отработанный, но в некоторых случаях он может быть использован для предварительной промывки в одной из последующих программ.

Некоторые аспекты дезинфекции

4.7 Основы процесса дезинфекции

Загрязнения (остатки молока или йогурта на поверхностях технологического оборудования), содержат микроорганизмы, и как уже было показано выше, в процессе мойки оборудования все загрязнения должны (теоретически) быть удалены. Таким образом, любые остатки продукта представляют собой благоприятную среду, в которой могут расти и размножаться микроорганизмы, что вызывает необходимость заключительной санитарной обработки (дезинфекции) технологического оборудования для их уничтожения (иначе впоследствии возможно снижение качества произведенного йогурта при хранении). Эффективность процесса дезинфекции (с использованием тепла и химических веществ) в значительной степени зависит от эффективности мойки. Например, любые остаточные загрязнения могут запечься на контактных поверхностях оборудования до такой степени, что появляются сложности с проникновением внутрь загрязнения с целью уничтожения микроорганизмов. Остаточные загрязнения вызывают снижение эффективности дезинфекции — во-первых, из-за того, что уменьшается активная концентрация любого химического дезинфицирующего средства, и, во-вторых, существует вероятность, что большое количество микроорганизмов может сохраниться после дезинфекции и размножиться внутри загрязнения. В подобных случаях возможно значительное загрязнение редко используемого оборудования.

Отсюда можно сделать вывод, что эффективность дезинфекции технологической установки напрямую зависит от выполнения следующих правил:

- следует придерживаться рекомендуемого цикла мойки оборудования до начала дезинфекции;
- необходимо соблюдать рекомендации относительно выбранного способа и параметров дезинфекции (например, концентрации химического раствора, соблюдения нужного времени контакта с оборудованием, а также температуры);
- поскольку, как правило, технологическое оборудование подвергается дезинфекции непосредственно перед его использованием, после мойки оборудование должно быть как следует высушено или продуто воздухом, иначе влажность при наличии любого остаточного загрязнения может стать причиной роста микроорганизмов; если оборудование после дезинфекции не будет использовано на протяжении нескольких последующих часов, рекомендуется подвергнуть его повторной обработке непосредственно перед запуском;
- на каждой технологической установке по обработке йогуртов имеются арматура, клапаны, тупики и резиновые уплотнения, где могут развиваться микроорганизмы; поэтому существенное значение имеет регулярная разборка этих участков; кроме того, для проникновения на «тупиковые» участки возможного скопления микроорганизмов тепловая стерилизация является более эффективной, чем химическая дезинфекция;
- гигиеническое состояние любой технологической установки по производству йогурта определяется правильностью осуществляемых на ней действий по мойке и дезинфекции; например, на УВТ-пастеризационной установке необходима стерильность оборудования перед началом ее использования, тогда как для других типов установок приемлемым является лишь «хорошее санитарное состояние»; согласно [131], разница в понятиях дезинфекции и стерилизации заключается в следующем: «и та, и другая преследует цель уничтожения микроорганизмов, но при этом дезинфекцию проще осуществить по сравнению со стерилизацией, которая представляет собой более жесткую и сложную процедуру»;
- использование химических дезинфицирующих веществ или соединений должно быть разрешено соответствующими инстанциями (в Великобритании общий список подобных веществ периодически предоставляется Министерством сельского хозяйства, рыбной охраны и пищевой промышленности).

4.8 Методы санитарной обработки оборудования на заключительном этапе

Для проведения заключительного этапа санитарной обработки оборудования возможно использование следующих способов.

4.8.1 Термообработка

Как правило, термообработка бывает сухой или влажной. Примером использования сухой термообработки может служить горячая печь, используемая для стерилизации

стеклянной лабораторной посуды при температуре свыше 150 °С в течение не менее 2 ч. Сухая термообработка не используется для санитарной обработки оборудования по производству йогурта из практических соображений, и здесь широко применяется влажная термообработка, например:

- автоклавирование (пар под давлением);
- пропаривание или тиндализация;
- промывка горячей водой;
- пропаривание в свободном потоке пара.

Первые два метода используются для обработки микробиологических сред и/или среды для культивирования заквасочной микрофлоры. Основные принципы этих методов были подробно изложены в 1970 г. в [81]. В автоклаве используется находящийся под давлением пар, и рекомендуемыми эксплуатационными параметрами являются пар с температурой 121 °С, давлением 0,1 МПа в течение 10–15 мин. Метод пропаривания, предложенный в 70-х гг. XIX века Тиндаллом (Tyndall), заключается в нагреве жидкостей на несколько минут до температуры в 100 °С, что позволяет уничтожить все вегетативные клетки бактерий. Затем жидкость охлаждается до температуры окружающей среды или до 30 °С, чтобы дать возможность спорам прорасти, и через несколько часов процесс выпаривания/охлаждения повторяется вновь. Повторение процесса термообработки обеспечивает уничтожение всех находящихся в жидкости жизнеспособных спор.

Обработка молока паром используется также в лабораториях при приготовлении закваски в бидончиках объемом до трех литров, и в этом случае достаточно одного этапа нагревания.

Технологическая установка может быть обработана с использованием горячей воды или пара, причем эффективность данного процесса в основном зависит от трех факторов — сочетания температуры и продолжительности выдержки, влажности и давления.

Варианты использования циркуляции горячей воды или пара (свободный поток) для санитарной обработки оборудования по производству йогурта на месте эксплуатации приведены в табл. 4.9. Наиболее широкое распространение получила циркуляция горячей воды. Ограниченность использования свободного потока пара объясняется следующими факторами:

- тепловая нагрузка может стать причиной деформации или растрескивания трубопроводов;
- интенсивая термообработка может сказаться на герметичности сварочных швов и резиновых уплотнений;
- из-за невозможности рециркуляции пара его выработка приводит к дополнительным расходам энергии;
- обработка паром сопровождается большим шумом;
- использование пара может представлять собой потенциальную опасность для обслуживающего персонала.

Тем не менее пар под давлением может быть использован для стерилизации технологических установок по производству пастеризованного йогурта.

Таблица 4.9. **Эффективность различных методов термообработки**

Вид термообработки	Рабочие условия	Примечания
Сухая		
Горячий воздух в сухой печи	>150 °С в течение по меньшей мере 2 ч	Инактивирует бактериальные споры и используется, как правило, для стерилизации посуды
Влажная		
1. Пастеризация	При температуре от 72 °С в течение 15 с	Инактивирует мезофильные микроорганизмы, включая болезнетворные, психотрофные бактерии, дрожжи и плесени (некоторые споры плесени являются термостойкими). Этот метод не применяется для санитарной обработки технологического оборудования
2. Горячая вода	85 °С в течение 15–20 мин	Инактивирует все вегетативные клетки (включая термоустойчивые бактерии) за исключением спор и бактериофагов. Метод рекомендуется использовать для санитарной обработки технологических установок
3. Кипяток	100 °С	То же, что и в п. 2. Данный метод ограничен в применении, но используется для дезинфекции. Инактивируются бактериофаги
4. Пропаривание	100 °С в течение 10 мин (2–3 цикла)	То же, что и в п. 2. Эффективность зависит от спорообразования. Данный метод не используется для дезинфекции технологической установки
5. Пар (свободный поток)	100 °С	Данный метод не более эффективен, чем использование кипятка, и его применение не инактивирует бактериальные споры. Используется для стерилизации молочных фляг в течение 1–2 мин или стерилизации емкостей, предназначенных для хранения продукта. В этом случае обработка проводится в течение 10 мин — до тех пор, пока конденсат не достигнет температуры в 85 °С
6. Пар под давлением	121 °С в течение 10–15 мин (давление около 0,1 МПа).	Данный метод позволяет достичь должного эффекта стерилизации, но может быть использован лишь для стерилизации питательных сред, например, молока для закваски или агара

Данные по [21, 81, 131].

Обработка упаковочных единиц для йогурта перед их заполнением может осуществляться путем впрыска горячей воды и пара (250 °С); этот метод был запатентован в Германии [1]. Очевидно, что из-за использования высокой температуры применение этого метода ограничено определенными материалами.

4.8.2 Химические вещества

В качестве дезинфицирующих веществ используются различные химические препараты, причем они могут использоваться либо по отдельности (то есть в качестве де-

зинфектанта), либо в сочетании с другими химическими веществами (например, моюще-дезинфицирующее средство). При изготовлении йогуртов более широко применяется первый из перечисленных типов. На эффективность действия химических дезинфицирующих веществ оказывают влияние следующие факторы:

- концентрация химических соединений в дезинфицирующем растворе;
- продолжительность контакта раствора с поверхностью технологического оборудования;
- температура и pH дезинфицирующего средства;
- количество остаточных загрязнений в технологическом оборудовании;
- тип(ы) инактивируемых микроорганизмов;
- жесткость воды;
- инактивация за счет соединения с остатками моющего средства.

Согласно данным Британского института стандартов [21, 22], в молочной промышленности в настоящее время применяются нижеперечисленные химические дезинфицирующие средства.

4.8.2.1 Хлор

Наиболее распространенным источником хлора является гипохлорит (натрия или кальция). Эти химические соединения могут быть получены в жидкой или порошкообразной форме, причем их бактерицидный эффект достигается за счет высвобождения хлора (в количестве, как правило, от 50 до 250 мкг/мл в зависимости от применяемого варианта).

Соединения хлора в неразбавленном виде вызывают коррозию оборудования и могут быть опасны для здоровья, поэтому обращаться с ними следует осторожно, соблюдая требуемую концентрацию. Следует принять во внимание нижеприведенные рекомендации:

- тщательно ополаскивать оборудование после обработки его моющим средством, но до начала циркуляции раствора гипохлорита;
- в случае, если в моечный цикл вводится промывка кислым раствором, после нее необходимо предпринять следующие действия: а) промыть водой; б) ополоснуть/промыть щелочным раствором для полного удаления остатков кислоты; в) снова промыть водой и д) провести обработку раствором гипохлорита;
- вследствие агрессивной природы хлора стерилизация посуды и оборудования зачастую осуществляется непосредственно перед самым началом их использования;
- рекомендуемая рабочая концентрация раствора составляет 200–250 мкг/мл для обработки в течение 10 мин при температуре 40 °C, или же в течение 15 мин при температуре окружающей среды; при более высоких температурах хлор испаряется и утрачивает свои бактерицидные свойства;
- для поддержания бактерицидных свойств дезинфицирующего раствора необходимо постоянно проверять его концентрацию.

Другими формами хлора, которые могут быть использованы для дезинфекции, но, как правило, не применяются в молочной промышленности, являются газообразный

хлор (поставляемый в баллонах) и хлорамин-Т. По сравнению с неорганическими дезинфицирующими веществами последний обладает меньшим бактерицидным действием. Комплексное моюще-дезинфицирующее средство содержит хлор в форме дихлородиметилгидантоина и/или дихлороизоцианурата натрия, и здесь верхним рабочим пределом температуры является температура около 70 °С.

4.8.2.2 Четвертичные соединения аммония (QAC)

Эти соединения представляют собой в основном катионные поверхностно-активные бактерицидные вещества, например, алкилдиметилбензилхлорид аммония. Подобные соединения иногда используются в качестве моющих средств или дезинфектантов, но поскольку состав диктуется скорее нуждами производителя, чем пользователя, то следует заметить, что определенные щелочные соединения (анионоактивные смачивающие вещества) способны снизить бактерицидное действие четвертичных соединений аммония (*QAC*). Относительно этих соединений важно отметить, что

- в концентрированной форме они стабильны и имеют продолжительный срок хранения;
- в концентрированной форме они гораздо более безопасны в обращении, чем растворы гипохлорита и, кроме того, относительно не агрессивны по отношению к металлам;
- вследствие своей высокой поверхностной активности четвертичные соединения способны иногда в процессе циркуляции внутри технологической установки образовывать избыточное количество пены, что усложняет их последующий смыв;
- факторами, способными снизить бактерицидный эффект соединений, являются наличие органических веществ и жесткость воды, которая может снизить активность соединений и их воздействие на определенные типы микроорганизмов — особенно в случае применения низкой концентрации четвертичных соединений аммония (например, при <50 мкг/мл и температуре в 10 °С); к микроорганизмам, в отношении которых снижается воздействие описываемых здесь соединений, можно отнести такие грамотрицательные бактерии, как колиформы и психотрофные бактерии; кроме того, возможно появление таких грамположительных бактерий, как стафилококки и стрептококки, а также скоплений внутри технологической установки микроорганизмов, способных противостоять четвертичным соединениям аммония;
- рекомендованные концентрации колеблются от 150 до 250 мкг/мл при температуре >40 °С и контакте не менее 2 мин.

4.8.2.3 Йодофоры

В этом случае проявляется бактерицидное действие йода, который комбинируется с соответствующим неионогенным поверхностно-активным веществом. Для обеспечения большей стабильности и усиления бактерицидного эффекта йодный состав подкисляется, например, при помощи фосфорной кислоты. Поскольку наряду с кислотой присутствуют поверхностно-активные вещества, йодофоры зачастую рассматри-

вают и как моющее средство, и как дезинфицирующее средство, в связи с чем следует отметить следующее:

- в случае использования воды средней жесткости рекомендуемое количество свободного йода в растворе составляет от 50 до 70 мкг/мл, а уровень кислотности (pH) раствора должен составлять около 3; жесткая вода способна нейтрализовать в йодофоре кислоту;
- йодофоры имеют достаточный срок хранения при температуре окружающей среды, хотя есть вероятность некоторого испарения йода; избыточные потери йода происходят при температурах, превышающих 50 °C;
- некоторые виды пластмассовой арматуры, например, уплотнения, могут вступать в реакцию с йодом, что может привести к появлению на них пятен йода;
- йод окрашивает любые остаточные загрязнения на поверхности оборудования, так что выявить их наличие может визуальный контроль;
- остатки молока могут инактивировать йод, ранним признаком чего является «выцветание» янтарного раствора; в связи с этим следует постоянно проверять концентрацию йодофора, особенно в случае рециркуляции раствора.

4.8.2.4 Прочие дезинфицирующие вещества

Амфотерные (амфолитические) ПАВ известны своими хорошими моющими и дезинфицирующими свойствами, однако из-за высокого пенообразования их использование для системы CIP не рекомендуется. Тем не менее эти вещества используются для ручной мойки, так как не вызывают коррозии и не раздражают кожу.

Кислые дезинфицирующие вещества представляют собой составы, состоящие в основном из неорганических кислот (например, фосфорной) и анионного связывающего вещества. Эти составы используются как сочетание моющих и дезинфицирующих средств или же просто в качестве дезинфектантов. Последний из этих двух типов обладает сильным бактерицидным действием, хотя и действует медленнее, чем гипохлорит, а дезинфицирующее действие состава ввиду его высокой кислотности проявляется при pH, равном 2. Однако такой низкий уровень pH может вызвать коррозию металла, поскольку его можно приравнять к кислой промывке, используемой для удаления молочного камня.

Гидрооксид натрия (каустическая сода) обладает бактерицидным действием ввиду своей высокой щелочности. Воздействия состава концентрацией 15–20 г/л в течение 2 мин при температуре в 45 °C достаточно, чтобы инактивировать не образующие спор микроорганизмы. Более высокие температуры (например, свыше 70 °C) повышают дезинфицирующее действие соединения, которое в этом случае может быть использовано для мойки стеклянных бутылок.

Возможно также использование *смешанных галогенных соединений*, содержащих хлор и бром, которые благодаря синергическому действию могут использоваться в качестве дезинфицирующих веществ при более низкой концентрации, чем у отдельно применяемых элементов.

Формальдегид используется при обработке или хранении мембранных установок.

В некоторых странах для обработки молока применяется *перекись водорода* (H_2O_2). Несмотря на то что при этом уничтожается большое количество вегетативных кле-

ток, аэробные и анаэробные виды спорообразующих бактерий сохраняются. Перекись водорода может использоваться для стерилизации тары (например, асептических типов упаковок *Tetra Pak*, *Gasti* и *Pure Pak*). В этом случае упаковочный материал или проходит через ванну с раствором H_2O_2 (например, *Tetra Pak*), или же готовая картонная упаковка подвергается воздействию мелкораспыленной перекиси водорода (например, *Pure Pak*). После обработки раствором с 15%-ной концентрацией H_2O_2 упаковка для удаления остатков перекиси водорода нагревается горячим воздухом при температуре в 80–90 °С. Для обработки пластиковых стаканчиков для йогурта в работе [46] рекомендуется применять концентрацию перекиси водорода до 30%, а установок обратного осмоса — концентрацию до 1500 мкг/мл. Поскольку перекись водорода является потенциально взрывоопасным сильным окислителем, с ней следует обращаться с особой осторожностью.

Имеются также некоторые типы веществ, используемые для общей дезинфекции и стерилизации, однако в молочной промышленности они, как правило, не применяются. Эти вещества вошли в настоящий раздел исключительно с информационной целью. В качестве примеров подобных соединений можно назвать:

- лизол и другие фенольные соединения;
- соединения тяжелых металлов (например, ртути, цинка, серебра, свинца, меди);
- летучие дезинфицирующие вещества (например, жидкая окись этилена, β-пропиолактон или хлороформ);

Использование спиртовых растворов ограничено (они применяются в основном для дезинфекции лабораторной посуды).

4.8.3 Фильтрование

Дезинфекция жидкости может быть достигнута за счет ее фильтрования, однако для производства йогуртов особую значимость приобретает именно очистка воздуха. Воздушные фильтры, как правило, устанавливаются на участке приготовления закваски, что позволяет очистить воздух от основного количества частиц пыли, бактерий, спор дрожжей и плесеней. Существуют также специальные фильтры, предназначенные для улавливания переносимых по воздуху бактериофагов. В дальнейшем стерильность помещения, в котором происходит заквашивание, обеспечивается за счет поддержания давления на уровне чуть выше атмосферного, чтобы при вскрытии помещений (заквасочного участка, цеха по производства йогуртов и участка фасовки) находящийся под давлением воздух выходил наружу, предотвращая тем самым попадание неочищенного воздуха на стерильный участок.

4.8.4 Применение ультрафиолетового излучения

В лабораториях и производственных участках для поддержания чистоты окружающей среды особенно удачным оказалось применение ультрафиолетового излучения. Для эффективного использования длина ультрафиолетовой волны должна составлять менее 400, но более 180 нм (примерно 260 нм). Значение 180 нм является критическим, поскольку если излучение составляет менее 180 нм, оно поглощается атмос-

ферным кислородом. Воздействие ультрафиолетового излучения на микроорганизмы заключается в инактивировании, уничтожении или мутации бактерий.

В качестве некоторых практических вариантов применения подобного излучения в молочной промышленности можно назвать стерилизацию воздуха, поступающего в лабораторию, в помещение для хранения закваски и(или) на производственный участок, а также стерилизацию тары до ее заполнения [5]. Следует особо подчеркнуть необходимость предохранения глаз от действия ультрафиолетового излучения.

4.8.5 Распыление и фумигация

Для уничтожения загрязнений воздуха в виде частиц бактериофага и/или спор плесени в атмосфере закрытого помещения могут распыляться растворы, содержащие активный хлор или формальдегид. Однако необходимо сказать о том, что чрезмерное использование химикатов на базе хлора может привести к интенсивному ржавлению металлических компонентов, на которые направлено действие подобных соединений (например, оконных рам или стальных балок). Фумигация же с использованием формалина может быть опасна, если он используется в смеси с перманганатом калия [21, 22]. Поэтому из соображений безопасности формалин следует добавлять после обработки перманганатом, а не до нее. Необходимо также особо подчеркнуть тот факт, что вдыхание в течение продолжительного времени незначительных количеств активного хлора или других фумигантов способно вызвать у восприимчивых к подобного рода воздействию людей повреждение легких, а это означает, что применение таких методов должно тщательно контролироваться.

Таким образом, существует множество способов, которые могут быть использованы для санитарно-гигиенической обработки оборудования при производстве йогуртов, но наиболее употребительными являются следующие:

- применение гипохлорита натрия для санитарной обработки резервуаров хранения и ферментирования молока ;
- применение циркуляции горячей воды для санитарной обработки оборудования по переработке молока, а также резервуаров для закваски;
- применение различных химических растворов для санитарной обработки разливочных (фасовочных) автоматов;
- применение перекиси водорода (H_2O_2) или ультрафиолетового излучения для санитарной обработки тары;
- применение автоклавной обработки для стерилизации лабораторной посуды и среды для выращивания микроорганизмов; обработка стеклянной посуды возможна и в горячей печи.

При окончательном выборе способа санитарно-гигиенической обработки следует руководствоваться в первую очередь рекомендациями производителя оборудования, а также степенью чистоты, определяемой отделом контроля качества. Хотя процедуры мойки и/или дезинфекции могут меняться в зависимости от вида применяемой технологии, обзор некоторых рекомендуемых способов приводится в табл. 4.10.

Таблица 4.10. **Некоторые рекомендуемые способы санитарно-гигиенической обработки участка по изготовлению йогуртов и оборудования**

	В случае, если дезинфекция осуществляется отдельно (после мойки)						В случае, если мойка и дезинфекция осуществляются одновременно с использованием моюще-дезинфицирующего средства							
	Термообработка		Химические вещества				Продукты на базе хлора				ЧАС (QAC)		Йодофоры	
							Щелочные		Нейтральные					
	Пар	Горячая вода / кипяток	Гипохлорид натрия	Йодофоры	ЧАС (QAC)	Амфотерные а-ва	Низкая пена	Средняя пена	Низкая пена	Средняя пена	Низкая пена	Средняя пена	Низкая пена	Средняя пена
Резервуары хранения молока	A	C	A	A	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Теплообменники	C	A	B	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C
Гомогенизаторы	C	A	C	C	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C
Резервуары для закваски, сквашивания молока и для фруктовых добавок	A	C	A	A	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Бидоны и крышки	A	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	B	B
Трубопроводы и насосы	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B
Разливочные автоматы и укупорочные машины	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A

A — пригодно; B — может оказаться пригодным, перед использованием необходимо тщательно изучить; C — непригодно или обычно не используется.

4.9 Кинетика и способы уничтожения вредных микроорганизмов

На развитие микроорганизмов оказывают влияние такие факторы, как влажность, наличие питательных средств (включая микроэлементы), наличие или отсутствие кислорода, уровень pH и температура. Путем воздействия на те или иные из перечисленных факторов можно контролировать процесс роста микроорганизмов или их уничтожения (инактивации) при стерилизации продукта или оборудования. Диапазон температур, при которых микроорганизмы выживают, — от –250 °С до +150 °С и выше, однако на практике эти температуры не столь велики. В зависимости от вида бактерии точка тепловой гибели может быть различна. Спорообразующие бактерии более других способны сопротивляться термическому воздействию. Их уничтожение зависит не только от уровня подаваемого тепла, но и от различных внутренних и внешних факторов, например, возраста и термостойкости микроорганизмов, активности воды, pH и типа субстрата. Большое значение имеет защитное действие субстрата, и именно поэтому технологическое оборудование для эффективной стерилизации должно быть тщательно вымыто, на нем не должно быть каких бы то ни было загрязнений.

Признаком гибели микроорганизма, как правило, считается потеря им способности к размножению, причем сюда включается также и инактивация спор. Следовательно, при постепенном повышении температуры до уровня, превышающего оптимальные условия роста организма, происходит повреждение клеток, и эти изменения в конечном счете становятся причиной их гибели. Необходимо заметить, что хотя некоторые поврежденные клетки оказываются неспособными к размножению, они, тем не менее, могут восстановить свою жизнеспособность после устранения повреждения.

Подобный тип непредсказуемого поведения подчеркивает сложность термической обработки, и несмотря на то что некоторые общие вопросы будут рассмотрены ниже, рекомендуется изучить этот вопрос более глубоко — см., например, [19, 24, 39, 86, 92, 93, 99, 111].

В чистой культуре при идеальных условиях показатель гибели микроорганизмов принято считать логарифмическим. Если графически представить количество жизнеспособных бактерий и время воздействия на них при определенной температуре, то в результате получится прямая линия (рис. 4.12). По кривой выживания может быть рассчитана величина D, представляющая собой время, необходимое для снижения количества клеток на один порядок. В работе [111] величине D дается следующее определение:

Величина D представляет собой время, необходимое для уничтожения 90% спор или вегетативных клеток данного организма. В числовом отношении эта величина равна количеству минут, требующихся кривой выживания для прохождения одного логарифмического цикла. Математически значение равно обратному значению угла наклона кривой выживания. В численном выражении эта величина соответствует времени в минутах, которое необходимо для снижения количества микроорганизмов на один порядок.

Очень важно, чтобы при ссылке на значения D задавалась также и температура. Например, если температура воздействия равна 90 °С, то значение D выражается сле-

дующим образом: D_{90} = 10 мин (см. рис. 4.12). Согласно [89], прямая на рис. 4.12 теоретически продолжается ниже оси абсцисс, то есть на участке отрицательных логарифмов, но на практике число микроорганизмов, конечно же, редко снижается до нуля, а это означает, что вероятность выживания микроорганизмов постоянно присутствует. Таким образом, очевидно, что термообработка (например, при обработке продуктов или мойке/дезинфекции оборудования) необходима для достижения приемлемого уровня уничтожения микроорганизмов.

Время тепловой гибели представляет собой меру относительной стойкости микроорганизмов при воздействии на них различных «летальных» температур. Возможный пример приведен на рис. 4.13. Углу наклона кривой Z в работе [111] дается следующее определение:

> Z — это число градусов по Цельсию или Фаренгейту, которое необходимо кривой термической деструкции для прохождения одного логарифмического цикла. Математически значение равно обратному значению угла наклона кривой тепловой гибели.

Следовательно, оба значения(D и Z) могут быть использованы при расчете процесса термообработки, а эффект стерилизации выражается как значение F, которое в [111] определено следующим образом:

> F — временной эквивалент(в минутах) всему приложенному теплу при температуре в 121,1 °С применительно к его способности разрушать споры и вегетативные клетки отдельного микроорганизма.

Примером значения F является время (в минутах), необходимое для разрушения определенного количества спор при температуре в 121,1 °С при Z = 10.

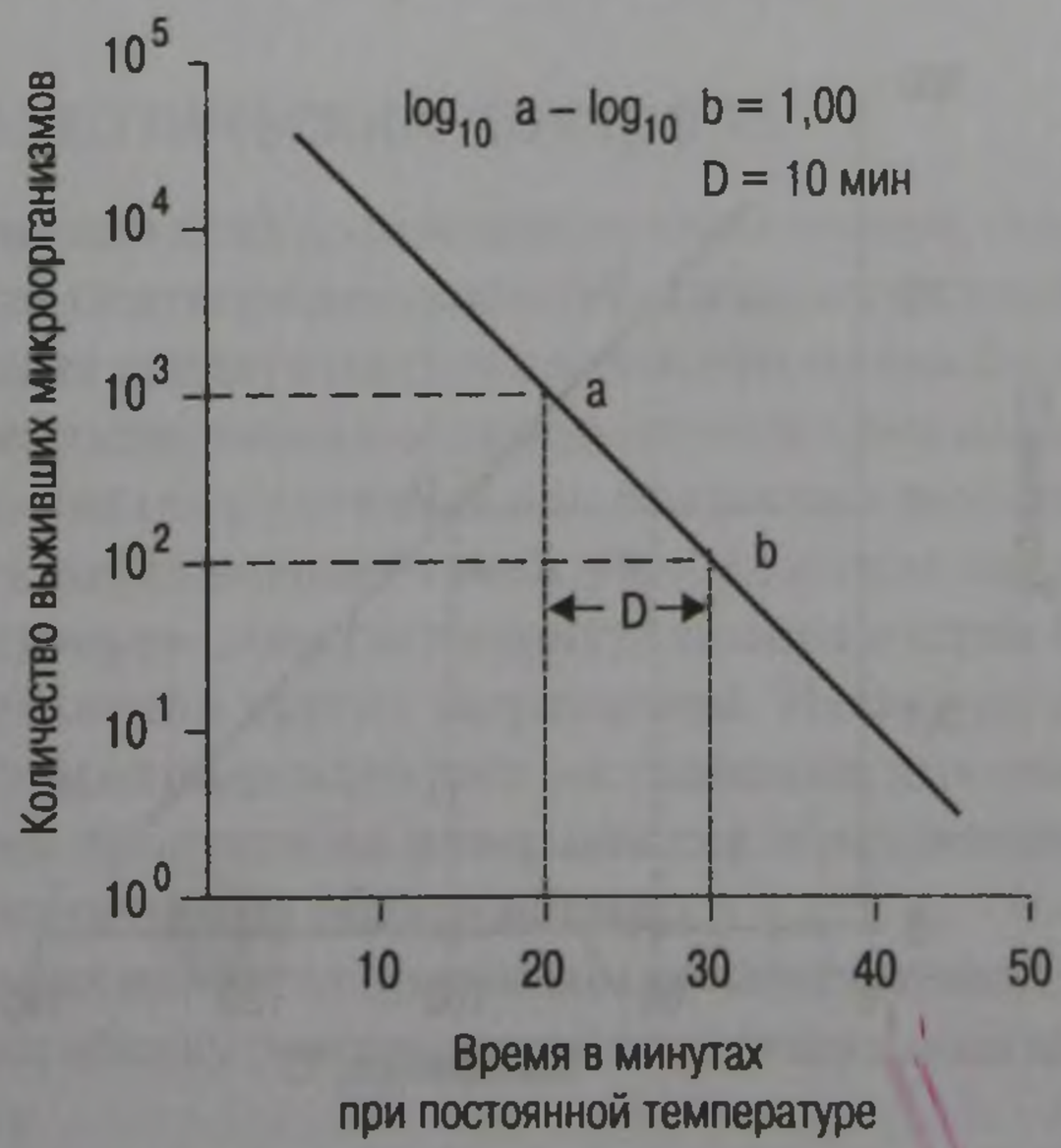


Рис. 4.12. Гипотетический график выживания микроорганизмов
$Log_{10}a - log_{10}b$ = 1,00; D = 10 мин.

Другим параметром (иногда рассматриваемым при термообработке) является значение Q_{10}, представляющее собой соотношение изменения одной температуры к изменению температуры, которая ниже ее на 10 °С. Градиент $1/Z = \log Q_{10}/10$. Кинетическое соотношение между Q_{10} и Z подробно рассматривается в работе [111]. Природа механизмов, вовлеченных в инактивацию микроорганизмов с помощью термообработки, по сути своей химическая. В работе [96] рассмотрен логарифмический порядок гибели микроорганизмов как результат потери ими способности к размножению. Поскольку влажная термообработка более эффективна, чем сухая, предполагается, что тепловая энергия приводит в микробной клетке к обширной молекулярной деорганизации, денатурации белковых компонентов и, в частности, элементов ДНК, которая отвечает за размножение клеток. Что касается механизмов инактивации при сухой термообработке, то их применение приводит к мутагенному эффекту, вызывающему многочисленные повреждения ДНК [81].

Механизмы бактерицидного действия разных химических дезинфицирующих веществ весьма различны; основная информация, заслуживающая внимания, приводится в табл. 4.11.

4.10 Методы определения санитарно-гигиенического состояния производственного участка

Контроль санитарно-гигиенического состояния производственного участка по выработке йогурта представляет собой обязательную процедуру, выполнение которой не-

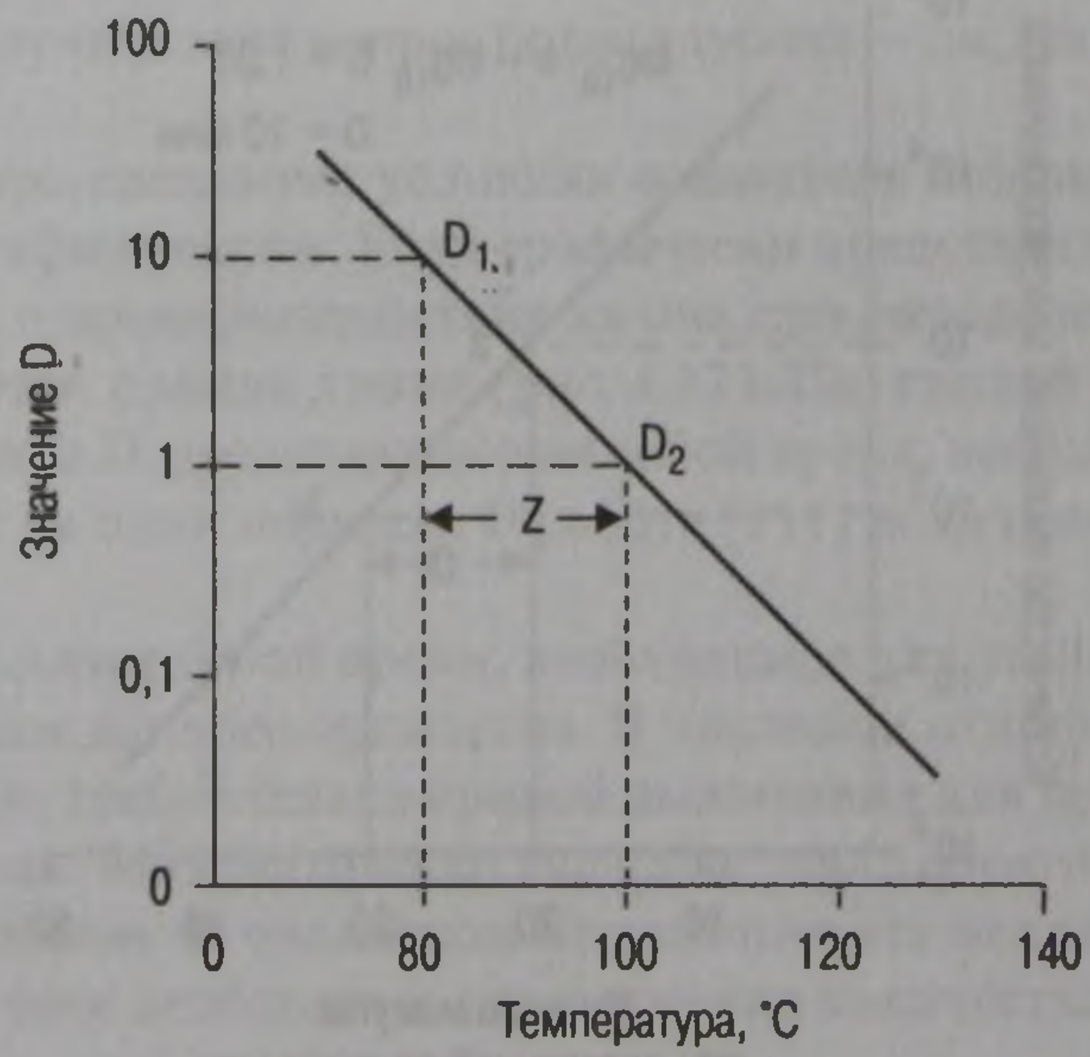


Рис. 4.13. Гипотетический график времени гибели микроорганизмов при термообработке
$\text{Log}_{10}D_1 - \log_{10}D_2 = 1.00$; $Z = 20$

Таблица 4.11. **Способы воздействия химических дезинфицирующих веществ на микроорганизмы**

Основа соединения	Механизм действия
Спиртовая группа	Возможное воздействие: • денатурация белков или • нарушение метаболизма клеток или • литическое действие
Фенол	Вызывает физические повреждения клеточных стенок микроорганизмов
Хлор	Возможные механизмы воздействия: • в клеточных мембранах хлорноватистая кислота образует с белком специфические соединения, нарушающие метаболизм клеток, или • хлор подавляет определенные ферментативные реакции
Йод	Сходен с механизмом действия хлора

Примечание. На бактерицидное действие химических дезинфектантов оказывают влияние также и другие параметры, например, pH, состав растворителя, а также наличие электролитов.
Данные по [131].

обходимо для обретения уверенности в том, что все операции по мойке и дезинфекции оборудования были осуществлены должным образом. Для отслеживания санитарного состояния участка, а следовательно, и сохранения хорошего качества продукта при его хранении, а также для выполнения требований органов санэпиднадзора были внедрены различного рода методы и технические приемы. Имеющиеся методы контроля качества подразделяются на следующие категории.

4.10.1 Органолептический контроль

При органолептическом контроле используются зрение, осязание или обоняние. Два первых полезны для подтверждения наличия или отсутствия загрязнений, поскольку именно их отсутствие свидетельствует о том, что мойка была проведена на должном уровне. Вместе с тем использование определенных химикатов, накопление молочного камня на поверхностях оборудования или попросту износ способны повлиять на первоначальный блеск нержавеющей стали. При удалении наслоений молочного камня мойка кислым раствором помогает вернуть поверхностям блеск, однако этот метод не пригоден для удаления других загрязнений. Несмотря на то, что использование йодофоров не получило широкого распространения, именно их применение окрашивает любые остатки продукта на поверхностях оборудования в янтарный цвет, что способствует их визуальному обнаружению.

Неприятный запах является признаком некачественной мойки, в связи с чем плохую санитарную обработку резервуаров для сквашивания можно определить исключительно по запаху.

Для выявления загрязнений на чистых поверхностях производственной линии можно использовать ультрафиолетовую лампу (синюю лампу), поскольку на тех уча-

стках, где ее лучи поглощаются органическими и неорганическими веществами (например, солями кальция и казеином), выделяется свет (см. [131]). Использование «синей лампы» должно осуществляться наряду с другими видами контроля, проводимыми лицами, ответственными за контроль качества продукции.

4.10.2 Химический контроль

При использовании моющих и дезинфицирующих веществ крайне важно проводить химический контроль промывной воды для обнаружения остатков в ней тех или иных химических соединений. Присутствие моющих и/или дезинфицирующих соединений может быть напрямую связано с неисправностями программы CIP, поскольку фаза заключительной промывки оборудования водой может быть слишком короткой, либо не выполненной должным образом. Кроме того, существует вероятность, что наличие подобных соединений может быть следствием ошибок в проектировании установки (цеха), которые не позволяют полностью дренировать моющие/дезинфицирующие растворы. Сущность химического контроля зависит от типа применяемого моющего и/или дезинфицирующего вещества. Примером одного из видов контроля является использование индикатора бромтимолового синего (как для контроля промывной/дренажной воды, так и обычной). Изменение цвета проверяемой воды на желтый является признаком наличия кислоты, а синий цвет означает присутствие в ней щелочных соединений. До сих пор неясно, является ли замер уровня кислотности достаточно надежным средством для определения следов кислоты или щелочи, но высокое содержание этих соединений в промывной воде может быть легко выявлено посредством кислотомера.

4.10.3 Бактериологический контроль

Присутствие колоний бактерий на поверхностях оборудования и упаковочных материалов непосредственно отражает санитарно-гигиеническое состояние участка. Примеры некоторых методов бактериологического контроля приведены в [10, 23].

Наиболее распространенным методом бактериологического контроля является подсчет общего количества колоний бактерий, коли-форм, культур дрожжей и плесеней, причем типы присутствующих микроорганизмов в некоторой степени отражают гигиеническое состояние цеха. Проверка технологического оборудования, тары и другой посуды на предмет наличия бактерий может включать в себя метод взятия смывов, метод ополаскивания или их сочетание, а также применение агаровых пластин [76].

Смывы или агар могут готовиться в лабораторных условиях или закупаться в готовом виде. При использовании ополаскивания промышленная емкость, стеклянная бутылка, фляга для молока или резервуар для йогурта промываются стерильной водой или раствором Рингера, и затем образец исследуется на предмет подсчета общего количества бактерий или на наличие тех или иных видов микроорганизмов.

В случаях, когда объем ополаскивающего раствора велик или количество микроорганизмов незначительно, рекомендуется профильтровать некоторый известный объем пробы, пропустив его через соответствующую мембрану, а затем поместить ее

на предварительно подготовленный агар, после чего создать благоприятные условия для развития микроорганизмов. В течение 48–72 ч любой из микроорганизмов, находящихся на питательной среде, должен дать видимую колонию. Для контроля промывных вод может использоваться также система непосредственного эпифлюоресцентного фильтрования (DEFT) (см. главу 10).

В заключение следует упомянуть еще о двух моментах, которые не следует оставлять без внимания: качество воздуха и общее состояние здания (стены, канализация и т. д.) (см. главу 3).

Опасность заражения производственного участка распространяющимися по воздуху спорами может быть снижена за счет предотвращения сквозняков. Кроме того, представление об общем гигиеническом стандарте предприятия дает состояние стен и полов в производственном и фасовочном участках.

Очистка сточных вод

4.11 Основы

В молочной промышленности вода используется в технологическом процессе и в процессе мойки, причем можно с уверенностью говорить о том, что в сточных водах от технологического процесса процент содержания загрязняющих веществ не будет столь высоким, как в сточных водах после мойки. До слива в канализацию промышленных стоков необходимо произвести их очистку. Сточные воды участка по производству йогуртов содержат молочную основу, разбавленный йогурт и/или закваску, фрукты, стабилизаторы, а также моющие и дезинфицирующие вещества.

Количество стоков с молочного производства зависит от двух основополагающих факторов: типа вырабатываемого молочного продукта и уровня управления использованием водных ресурсов, что отражается на экономии воды. Например, участки по изготовлению сыра, сухого молока и испарители имеют большие объемы сточных вод, чем участки по пастеризации молока. В молочной промышленности выработаны соотношения по количеству воды, необходимой для выработки определенного объема молока. К сожалению, относительно производства йогуртов подобных данных немного. В 1981 г. ММФ представила следующие соотношения молока и воды при изготовлении йогуртов во Франции:

- питьевая вода —0,5 – 1,0;
- техническая вода – 0,2–0,35;
- охлаждающая вода – 2,0–4,0 л/л молока.

В работе [48] представлены данные о потреблении воды при производстве натурального молока или десертов в некоторых европейских странах, где указанное соотношение составляет 0,5–12,9 л воды/кг молока. Принимая во внимание возросшую стоимость водоподготовки и очистки сточных вод, снижение количества потребляемой воды приобретает немаловажное значение. Добиться этого можно за счет правильной организации производства (сведения к минимуму утечек из резиновых шлангов,

применения систем рециркуляции воды в системе CIP), а также за счет снижения водопотребления в системах охлаждения.

С учетом недостатка специальной литературы относительно очистки сточных вод на йогуртовых производствах рекомендуем обратиться к [12, 49, 50, 54, 58, 66, 70, 90, 95, 98, 110, 115, 122, 124].

4.12 Природа загрязнений

Стоки от производства йогурта могут содержать органические и неорганические вещества, которые впоследствии разлагаются микроорганизмами. Для такого биологического процесса необходим кислород, и если сильно загрязненная вода сливается непосредственно в реки или другие водоемы, то растворенный в их воде кислород будет использован, в результате чего возможно загрязнение водоема, вода превратится в застойную. Именно поэтому для определения необходимости очистки сточных вод перед их сливом специалисты водного хозяйства используют количество кислорода, необходимого для разложения сухого вещества. Ниже приведены некоторые параметры, необходимые для определения уровня загрязнения сточных вод молочного производства.

- Биологическое потребление кислорода (БПК) представляет собой количество кислорода, необходимого аэробным микроорганизмам для разложения органических веществ в сточных водах в течение 5–7 дней при температуре 20 °C. До проведения испытания пробу предварительно осаждают отстаиванием или фильтрованием.
- Химическое потребление кислорода (ХПК) — это количество кислорода, необходимое для химического окисления. Пробу сточных вод фильтруют и/или осаждают, доводят до кипения в присутствии в качестве катализатора кислого бихромата и сульфата серебра, а затем титруют. За счет органического вещества содержание бихромата снижается, а остаток определяется посредством титрования. Таким образом, ХПК представляет собой меру количества кислорода, поглощаемого бихроматом.
- Перманганатный коэффициент (ПК) дает возможность ускоренного определения в образце химически окисляемого органического вещества. Для этого пробу сточной воды (осажденной или фильтрованной) доводят до кипения в кислом или щелочном перманганате, а остаток неокислившегося перманганата определяется посредством йодного титрования. На правильность теста по ПК может повлиять наличие в пробе ионов железа или нитрита, в связи с чем контроль проводится, как правило, для предварительного определения количества потребляемого кислорода еще до проведения теста на БПК.
- Тест на органический углерод (ТОУ) подразумевает полное окисление в пробе сточной воды всех органических элементов, содержащих углерод, и превращение их в углекислый газ.
- Тест на СВ, то есть на общее содержание СВ в пробе сточной воды, представляет собой разницу между содержанием СВ и золой. Содержание СВ определя-

ется посредством сушки при температуре свыше 100 °С, а озоление происходит за счет нагрева образца при температуре свыше 550 °С.

- Другие тесты могут включать в себя определение содержания жира, лактозы и белка в сточных водах молочного производства, а также уровень содержания в них ПАВ. В последнем случае образец обрабатывается метиленовым синим, после чего вследствие наличия анионоактивных связывающих веществ образуются нерастворимые соли. Соли экстрагируются посредством хлороформа, и их количество измеряется фотометрически.

Полезными при определении неорганических загрязнений сточных вод, сбрасываемых с йогуртовых производств, могут оказаться тесты на pH, аммиачный азот, нитраты и нитриты, а также на фосфор.

4.13 Способы очистки сточных вод

Сточные воды молочного производства могут очищаться механически, химически, биологически, или же за счет сочетания этих способов. При механической очистке взвешенные частицы просто удаляются из сточных вод с помощью фильтров, сит или осаждения. Другим механическим методом очистки сточных вод является флотирование, при котором через сточные воды пропускаются пузырьки воздуха, которые, поднимаясь на поверхность, присоединяют к себе и небольшие частицы сухого вещества, после чего образующаяся пена удаляется.

Использование тех или иных химических соединений (например, сульфата или хлорида железа, сернокислого алюминия) осаждает растворенные в сточной воде компоненты, после чего выделенное вещество удаляется посредством механического разделения. Однако химическая очистка не способна удалить лактозу или другие виды сахаров.

Широкое распространение получила биологическая очистка сточных вод молочных производств, и производится она либо за счет разложения органических веществ (при использовании аэробной активности микроорганизмов), либо посредством анаэробного брожения. В случае использования окислительного подхода кислород подается искусственно с помощью специальных аэрационных устройств, а для осуществления анаэробного процесса необходим специальный отстойник.

Очистка сточных вод молочного производства, в том числе и от производства йогурта, осуществляется, как правило, за счет использования комбинированного процесса, включающего в себя механическое разделение и биологическую очистку, а весь процесс подразделяется на три основных этапа:

- первый этап (грубая очистка);
- второй этап;
- третий этап (окончательная очистка).

Различные процессы, используемые для очистки сточных вод с участков по производству йогуртов, показаны на рис. 4.14.

Что касается данных по очистке сточных вод молочных производств, то они широко не публиковались, однако в таблице 4.12 сведены данные из [44] по заводу, произ-

водящему фруктовые йогурты. Здесь использовались два биофильтра, и мощности установки по очистке сточных вод позволяли обрабатывать до 550 000 л в день. Осаждение взвешенных частиц из сточных вод выполнялось до их грубой очистки, и с учетом низкого уровня кислотности йогурта удалялось большое количество осадка. Снижение БПК составило около 75%, причем в сравнении с другими молочными производствами фильтрующие слои были относительно небольшими, поскольку значительная часть загрязнений удалялась посредством высокопроизводительных биофильтров.

На протяжении нескольких последних десятилетий различные экологические издания и законодательные органы оказывают на молочную промышленность сильное давление, и в работах [106–108] рассмотрены юридические аспекты очистки их сточных вод, а также затронуты вопросы совершенствования контроля за отходами производства. Согласно [105], использование анаэробной ферментации сточных вод до начала их последующей очистки и слива имеет два значительных преимущества: во-первых, затраченную энергию можно аккумулировать и использовать повторно, и, во-вторых, снижение БПК/ХПК не требует потребления кислорода. Для удовлетворения требований к стокам, поступающим в открытые водоемы, может потребоваться дополнительная очистка.

До того, как сточную воду можно будет сбросить в открытый водоем, необходимо провести аэробную доочистку. При определенных условиях результатом аэробной биологической очистки сточных вод молочного производства становится недостаточное осаждение, причиной чего является наличие легкорастворимых неорганических компонентов и высокого коэффициента (соотношения) ХПК: N : P [33]. Эту проблему можно минимизировать за счет увеличения времени аэрации и создания анаэробной зоны, которая упростила бы распад в сточных водах усвоенной лактозы [33; см. также [2, 80, 85–87, 125].

Таблица 4.12. **Некоторые данные по очистке сточных вод участка по производству йогурта**

Метод и/или процесс очистки	Производительность
Ежедневная пропускная способность (производительность)	546 000 л
Компенсирующая производительность	273 000 л
Грубая очистка	Двухступенчатая башня, 590 000 л
Окончательная очистка	Два фильтрующих слоя, например, перемежающаяся двойная фильтрация (ADF), 271 000 л
	БПК
Неочищенные сточные воды	1000–1500 ppm (наивысший уровень – 2400 ppm) (ppm – частей на миллион)
На участок	654 кг БПК/день
На биофильтр	1,39 кг БПК/мдень
Снижение БПК на этапе грубой очистки	0,28 кг БПК/мдень
На перколяционный фильтр ADF	0,28 кг БПК/мдень
Полностью очищенные сточные воды	15–25 ppm

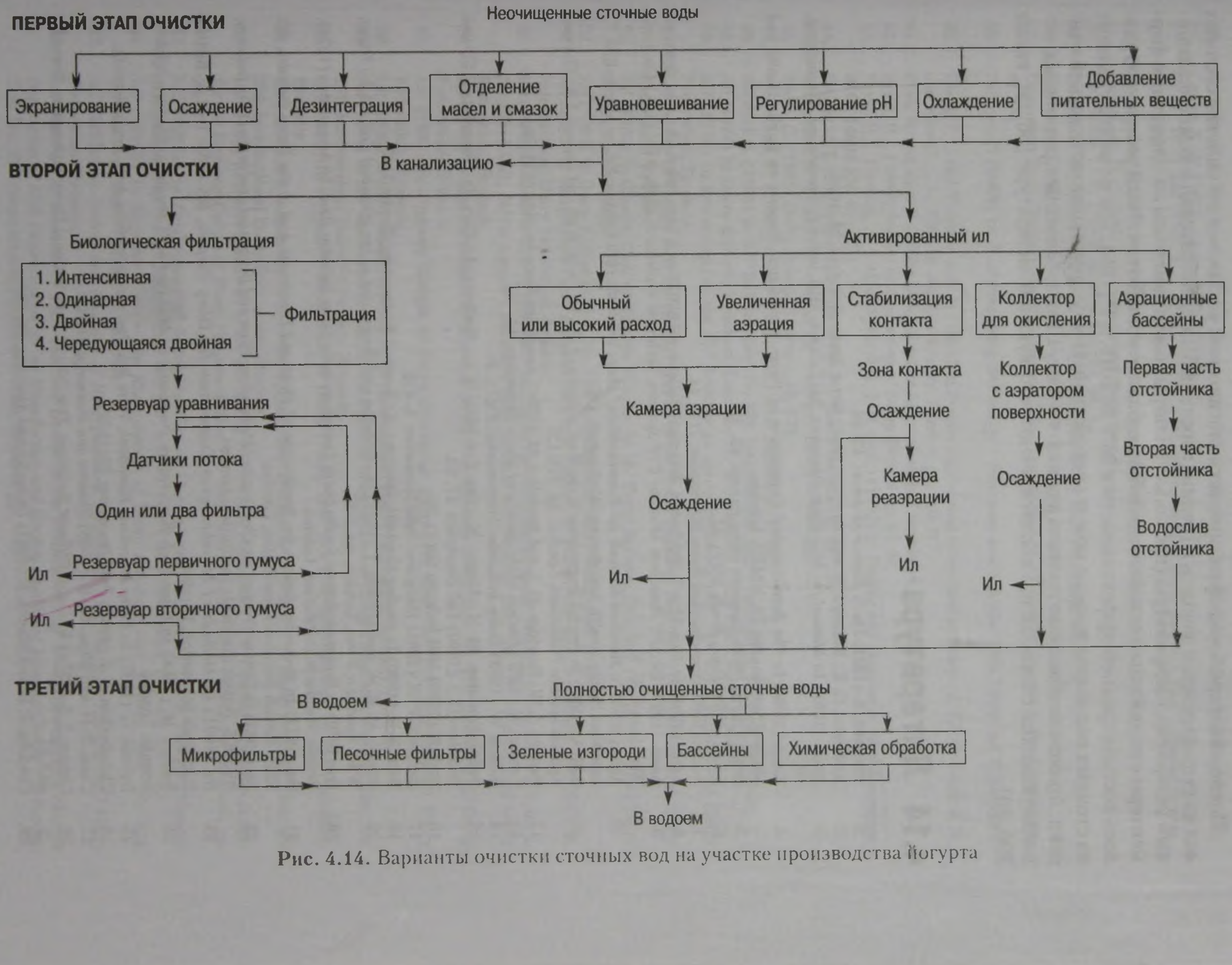


Рис. 4.14. Варианты очистки сточных вод на участке производства йогурта

После некоторой модификации технологической установки по очистке сточных вод на сыроваренном заводе в Швеции (аэротанк был преобразован в компенсационный резервуар, биофильтры (песчаные фильтры) были заменены на пленочные ферментеры с подвижным основанием, и был добавлен новый отстойный резервуар) удалось достичь средней эффективности в 98% по БПК и Р [100]. Тем не менее удаление из сточных вод жиров и масел может способствовать улучшению биологической очистки, причем необходимо достичь уровня < 10 мг/100 мл. Описание различных использующихся способов приводится в соответствующей литературе [66; см. также 29б, 30].

4.14 Литература

1. Ammann, S. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 88.
2. Anderson, G. K., Kasapgil, B. and Ince, O. (1994) *Water Research Oxford*, **28**, 1619.
3. Anon. (1967) In *Manual for Milk Plant Operators*, 3rd Edition, Milk Industry Foundation, Washington, DC
4. Anon. (1969) In *The Bacteriological Examination of Water*, 4th Edition. Reports on Public Health and Medical Subjects No. 71, HMSO, London.
5. Anon. (1979) *North European Dairy Journal*, **45**, 177.
6. Anon. (1992) *Dairy Foods*, 93(7), 45.
7. Anon. (1993) *Scandinavian Dairy Information*, 7(1), 44.
8. Anon. (1995) In *TetraAlcip™ 100 System*, Technical Bulletin PB 63072 en 3,Tetra Pak A/B, Lund, Sweden.
9. Anon. (1997) IN *APV Paraclean Modular C1P Systems*, Technical Bulletin A 483b, APV (UK) Co. Ltd., West Sussex, U. K.
10. Apha (1993) In *Standard Methods for Examination of Dairy Products*, 16th Edition, Ed. by Marshall, R.T., American Public Health Association, Washington, DC.
11. Ball, A. (1990) In *Process Engineering in the Food Industry -2*, Ed. by Field, R.W. and Howell, J.A., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 118-127.
12. Barnett, J. W., Kerridge, G. J. and Russell, J. M. (1994) *Australian Biotechnology*, 4(1), 26.
13. Barron, W. (1987) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **40**, 15.
14. Barron, W. (1988) *Dairy Industries International*, 53(7), 30.
15. Bellon-Fontaine, M.-N., Mozes, N., Van Der Mei, H. C., Sjollema, J., Cerf, O., Rouxhet, F. G. and Busscher, H. J. (1990) *Cell Biophysics*, **17**, 93.
16. Bird, B. (1996) *Milk Industry*, 98(3), 36.
17. Bodyfelt, F. W. (1981) *Dairy and Food Sanitation*, **1**, 420.
18. Bott, T. R. (1990) In *Fouling Notebook*, Institute of Chemical Engineering, Rugby, U.K.
19. Brown, M. R. W. and Melling, J. (1971) In *Inhibition and Destruction of the Microbial Cell*, Ed. by Hugo, W.B., Academic Press, London, pp. 1-37.
20. Bsi (1970) In *Recommendations for the Use of Detergents in the Dairy Industry*. BS 2756 Amended in (1974), British Standards Institution, London.
21. Bsi (1977) In *Recommendations for Sterilisation of Plant and Equipment used in the Dairy Industry*. BS 5305, British Standards Institution, London.
22. Bsi (1984) In *Code of Practice for Cleaning and Disinfecting Plant and Equipment used in the Dairy Industry*, BS 5305, British Standards Institution, London.
23. Bsi (1991) In *Methods of Microbiological Examination for Dairy Purpose*, BS 4285: Part 4, British Standards Institution, London.
24. Burton, H. (1988) In *Ultra-High-Temperature Processing of Milk and Milk Products*, Elsevier Applied Science, London.
25. Bylund, G. (1995) In *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems A/B, Lund, Sweden.
26. Chamberlain, C. I. (1983) *Food Processing*, 52(1), 35.
27. Chen, T.-H. and Shyu, W.-H. (1996) *Biomass and Bioenergy*, **11**, 431.
28. Cooper, J. S. (1974) In *Dairy Effluent Treatment*, Doc. No. 77, International Dairy Federation, Brussels, pp.3-17.
29. Cordoba, P. R. and Sineriz, F. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 508.

30. Cordoba, P. P., Francese, A. P. and Sineriz, F. (1995) *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 79, 270.
31. Custer, E. W. (1982) *Dairy Record*, 83(2), 95.
32. Cutler, W. G. and Davis, R. C. (Eds.) (1972) In *Detergency and Test Methods*, Vol. 1, Part 1, Marcel Dekker, New York.
33. Donkin, M. J. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, 50, 67.
34. Dunsmore, D. G. (1981) *Journal of Food Protection*, 44, 15.
35. Dunsmore, D. G. (1983) *Residue Reviews*, 86, 1.
36. Dunsmore, D. G. and Thompson, M. A. (1981) *Journal of Food Protection*, 44, 21.
37. Dunsmore, D. G., Thompson, M. A. and Murray, G. (1981a) *Journal of Food Protection*, 44, 100.
38. Dunsmore, D. G., Twomey, A., Whittlestone, W. G. and Morgan, H. W. (1981b) *Journal of Food Protection*, 44,220.
39. Fellows, P. (1988) In *Food Processing Technology - Principles and Practice*, Ellis Horwood, Chichester, U. K.
40. Flagg, P. L. and Thompson, R. P. (1990) In *Process Engineering in the Food Industry - 2*, Ed. by Field, R.W. and Howell, J. A., Elsevier Applied Science, London, pp. 110-117.
41. Floh, R. and Eng, P. (1993) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, 13, 216.
42. Fryer, P. J. (1989) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 42, 23.
43. Fryer, P. J., Hasting, A. P. M. and Jeurnink, J. M. (eds.) (1996) In *Fouling and Cleaning in Food Processing*, EUR 16894 EN, Brussels.
44. Gaster, A. J. (1972) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 25, 26.
45. Grandison, A. S. (1988) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 41, 43.
46. Hahn, G. (1981) *Dairy Science Abstracts*, 43, 879.
47. Haverland, H. (1981) *Journal of Dairy and Food Sanitation*, 1, 331.
48. Hiddink, J. (1995) In *IDF Bulletin*, Doc. No 308. International Dairy Federation, Brussels, pp. 16-32.
49. Idf (1974) In *Dairy Effluent Treatment*, Doc. No. 77, International Dairy Federation, Brussels.
50. Idf (1978) In *Proceedings of the IDF Seminar on Dairy Effluents*, Doc. No. 104, International Dairy Federation, Brussels.
51. Idf (1979) In *Design and Use of CIP Systems in the Dairy Industry*, Doc. No. 117, International Dairy Federation Brussels.
52. Idf (1980) In *General Code of Hygiene Practice for the Dairy Industry*, Doc. No. 123, International Dairy Federation, Brussels.
53. Idf (1981) In *Dairy Effluents*, Doc. No. 138, International Dairy Federation, Brussels.
54. Idf (1983) In *Sludge from Dairy Effluent Treatment Plants and Sludge from Milk Separators*, Doc. No. 156, International Dairy Federation, Brussels.
55. Idf (1984) In *General Code of Hygienic Practice for the Dairy Industry and Advisory Microbiological Criteria for Dried Milk, Edible Rennet Casein and Food Grade Whey Powders*, Doc. No. 178, International Dairy Federation, Brussels.
56. Idf (1985) In *Surface Finishes of Stainless Steels/New Stainless Steels*, Doc. No. 189, International Dairy Federation, Brussels.
57. Idf (1987) In *Hygienic Design of Dairy Processing Equipment*, Doc. No. 218, International Dairy Federation, Brussels.
58. Idf (1990) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 252, International Dairy Federation, Brussels, pp. 3-23.
59. Idf (1991) In *IDF Recommendations for the Hygienic Manufacture of Spray-Dried Milk Powders*, Doc. No. 267, International Dairy Federation, Brussels.
60. Idf (1992) In *Hygienic Management in Dairy Plants*, Doc. No. 276, International Dairy Federation, Brussels.
61. Idf (1994) In *Recommendations for the Hygienic Manufacture of Milk and Milk Based Products*, Doc. No. 292, International Dairy Federation, Brussels.
62. Idf (1996) In *Codex Standards in the Context of World Trade Agreements/IDF General Recommendations for the Hygienic Design of Dairy Equipment*, Doc. No. 310, International Dairy Federation, Brussels, pp. 26-31.
63. Idf (1997a) In *Implications of Microfiltration on Hygiene and Identity of Dairy Products/Genetic Manipulations of Dairy Cultures*, Doc. No. 320, International Dairy Federation, Brussels, pp. 9-40.
64. Idf (1997b) In *Hygienic Design and Maintenance of Dairy Buildings and Services*, Doc. No. 324, International Dairy Federation, Brussels.
65. Idf (1997c) In *Fouling and Cleaning of Heat Treatment Equipment*, Doc. No. 328, International Dairy Federation, Brussels.
66. Idf (1997d) In *Removal of Fats, Oils and Grease in the Pretreatment of Dairy Wastewaters/Possible Implication of Milk Pasteurization on the Manufacture and Sensory Quality of Ripened Cheese – A Review*, Doc. No. 327, International Dairy Federation, Brussels, pp. 3-15.

67. Jeurnink, Th. J. M. and Birkman, D. W. (1994) *International Dairy Journal*, 4, 347.
68. De Jong, P., Bouman, S. and Van Der Linden, H. J. L. J. (1992) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **45**, 3.
69. Jorgensen, P. (1993) *Scandinavian Dairy Information*, **7(1)**, 32.
70. Kadam, R. V. and Saxena, C. S. (1996) *Indian Dairyman*, **48**, 117.
71. Kastanas, P., Ravanis, S., Lewis, M. J. and Grandison, A. S. (1995) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **48**, 97.
72. Kessler, H. G. (1981) In *Food Engineering and Dairy Technology*, Translated by M. Wotzilka. Publishing House Verlag A. Kessler, Freising, Germany.
73. Kessler, H. G. and Lund, D. B. (Eds.) (1990) In *Fouling and Cleaning in Food Processing*, Munich University Press, Munich.
74. Langeveld, L. P. M., Koning, J. and Cuperus, F. (1982) *Dairy Science Abstracts*, **44**, 193.
75. Lelieveld, H. L. M. (1976) *Biotechnology and Bioengineering*, **18**, 1807.
76. Luck, H. and Gavron. H. (1990) In *Dairy Microbiology*, Vol. 2,2nd Edition, Ed. by Robinson. R. K., Applied Science Publishers, London, pp. 345-392.
77. Luck, H., Dreyer, M., McDonald, J., Lombard, J. and Jooste, P. J. (1981) *South African Journal of Dairy Technology*, 13(4), 87.
78. Lyons, A. J. S. (1997) *Dairy Industries International*, **62(6)**, 21.
79. Malaspina, F., Stante, L., Cellamare, C. M. and Tilche, A. (1995) *Water Science and Technology*, **32(12)**, 59.
80. Malaspina, F., Cellamare, C. M., Stante, L. and Tilche, A. (1996) *Bioresource Technology*, **55**,131.
81. Meynell, O. G. and Meynell, E. (1970) In *Theory and Practice in Experimental Bacteriology*, 2nd Edition. Cambridge University Press, London.
82. Milledge, J. J. (1981) *Proceedings of the Institute of Food Science and Technology*, **14**,74.
83. Milledge, J. J. and Jowitt, R. (1980) *Proceedings of the Institute of Food Science and Technology*, **13**, 57.
84. Mitchell, T. (1981) *Dairy and Food Sanitation*, **1**, 292,
85. Monroy, O. H., Vazquez, P. M., Derramadero, J. C. and Guyot, J. P. (1995) *Water Science and Technology*, **32(12)**, 149.
86. Nickerson, N. J. T, and Sinskey, A. J. (1972) In *Microbiology of Foods and Food Processing*, Elsevier North Holland Publishing, New York.
87. Nyhuis, G. (1994) *European Dairy Magazine*, **6(3)**, 39.
88. Odlum, C. A. and McCarthy, J. (1978) In *Procedings of the I DF Seminar on Dairy Effluents*, Doc. No. 104, International Dairy Federation, Brussels, pp. 202-206.
89. Olson, J. C. and Nottingham, P. M. (1980) In *Microbial Ecology Foods - Factors Affecting Life and Death of Microorganisms*, Vol. 1, International Commission on Microbiological Specifications of Foods, Ed. by Silliker, J. H., Elliot, R. P., Baird-Parker, A. C, Bryan, F. L., Christian, J. H. B., Dark, D. S., Olson Jr., J. C. and Roberts, T. A., Academic Press, London, pp. 1–37.
90. Ordolff, D. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 266.
91. Parchal, C. B. (Ed.) (1997) In *Fouling Mitigation of Industrial Heat-Exchange Equipment*, Bergell House, New York.
92. Pettersson, B., Lembke, F., Hammer, P., Stackebrandt, E. and Priest, F. G. (1996) *International Journal of Systematic Bacteriology*, **46**, 759.
93. Pflug, I. J. and Holcomb, R. G. (1991) In *Disinfection, Sterilisation and Preservation*, 4th Edition, Ed. by Block, S. S., Lea and Febiger, London, pp. 85-128.
94. Potthoff, A., Serve, W. and Macharis, P. (1997) *Dairy Industries International*, 62(6), 25.
95. Radick, K. A. (1992) *Water Environment Research*, **64**, 417.
96. Rhan, O. (1945) In *Injury and Death of Bacteria*, Monograph No. 3, Biodynamica, St. Louis, Missouri, U.S.A.
97. Romney, A. J. D. (Ed.), (1990) In *CIP: Cleaning in Place*, 2nd Edition, Society of Dairy Technology, Huntingdon, U.K.
98. Russell, P. (1996) *Milk Industry*, **98**(7), 19.
99. Russell, A. O., Hugo, W. B. and Ayliffe, G. A. J. (Eds.) (1992) In *Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization*, 2nd Edition, Blackwell Scientific, London.
100. Rusten, B., Siljudalen, J. G. and Strand, H. (1996) *Water Science and Technology*, **34(11)**, 41.
101. Samkutty, P. J., Gough, R. H. and McGrew, P. (1996) *Journal of Environmental Science and Health*, **31**, 2143.
102. Sharp, N. P. B. (1985) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **38**, 17.
103. Simard, R. E. and Tastayre, G. (1985) In *Dairy Science and Technology*, Ed. by Brochu, E., Dumais, R., Julien, J.-R, Nadean, J. P. and Riel, R., La Fondation de Technology Laitiere de Quebec, Quebec, pp. 397–420.
104. Stack, A. (1997) *Milk Industry* (Technical and Research Supplement), **99(5)**, 4.

105. Stafford, D. A. (1992) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **45**, 84.
106. Stevens, N. C. A. (1986) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **39**, 78.
107. Stevens, N. C. A. (1993) *Dairy Industries International*, **58(12)**, 12.
108. Stevens, N. C. A. (1995) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **48**, 128.
109. Stone, L. S. and Zottola, E. A. (1985) *Food Technology*, **39(5)**, 110.
110. Strydom, J. P., Mostert, J. F. and Britz, T. J. (1993) *Water South Africa*, **19**, 253.
111. Stumbo, C. R. (1973) In *Thermobacteriology in Food Processing*, 2nd Edition, Academic Press, London.
112. Swartung, P. (1959) *Dairy Science Abstracts*, **21**, 1.
113. Synnott, E. G., Kelly, B. F. and Moloney, A. M. (1978) In *Proceedings of the IM Seminar on Dairy Effluents*, Doc. No. 104, International Dairy Federation, Brussels, pp. 156-159.
114. Tamplin, T. C. (1980) In *Hygienic Design and Operation of Food Plant*, Ed. by Jowitt, R., Ellis Horwood, Chichester, pp. 183-225.
115. Thakare, P. V., Ingle, A. O. and Daginawala, H. F. (1996) *Indian Journal of Microbiology*, **36**, 169.
116. Timperley, D. A. (1981) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **34**, 6.
117. Timperley, D. A. (1989) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **42**, 32.
118. Timperley, D. A. and Lawson, G. B. (1980) In *Hygienic Design of Operation of Food Plant*, Ed. by Jowitt, R. Ellis Horwood, Chichester, pp. 79–108.
119. Timperley, D. A. and Smeulders, C. N. M. (1987) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **40**, 4.
120. Timperley, D. A. and Smeulders, C. N. M. (1988) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **41**, 4.
121. Timperley, D. A., Hastings, A. P. M. and De goederen, G. (1994) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **47**, 44.
122. Tiwari, P. K. (1994) *Indian Dairyman*, **46**, 617.
123. Tuthill, A. H., Avery, R. E. and Covert, R. A. (1997) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **17**, 718.
124. Viraraghavan, T. and Varadarajan, R. (1996) *Bioresource Technology*, **57**, 165.
125. Viraraghavan, T. and Wise, D. L. (eds.) (1994) In *Pollution Control in the Dairy Industry*, Marcel Dekker, New York.
126. Wainess, H. (1982) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 153, International Dairy Federation, Brussels, pp. 3–10.
127. Wei, C.-I, Cook, D. L. and Kirk, J. R. (1985) *Food Technology*, **39(1)**, 107.
128. Wildbret, G. and Sauerer, V. (1990) *Milchwissenschaft*, **45**, 763.
129. Wirtanen, G., Salo, S., Maukonen, J., Bredholt, S. and Mattila-Sandholm, T. (1997) In *Sanitation in Dairies*, VTT Publication No. 309, Technical Research Center, Finland.
130. Zabierzewski, C. and Thom, R. (1978) In *Proceedings of the IDF Seminar on Dairy Effluents*, Doc. No. 104, International Dairy Federation, Brussels, pp. 147–150.
131. Zall, R. R. (1990) In *Dairy Microbiology*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 115–161.
132. Zoltay, P. T., Zottola, E. A. and McKay, L. L. (1981) *Journal of Food Protection*, **44**, 204.

5
ПРОИЗВОДСТВО ЙОГУРТА И РОДСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ: ТРАДИЦИИ И НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

5.1 Введение

Родиной йогурта считают Балканский полуостров и Средний Восток. Народам, живущим в этом регионе, такой кисломолочный продукт известен в виде натурального неподслащенного йогурта. Потребление йогурта здесь очень высоко, особенно в Болгарии (его годовое потребление на человека в 1970-х гг. составляло 31,5 кг) [436]. Очевидно, что в этом регионе йогурт играет важную роль в рационе питания населения — йогурт здесь потребляют не только как освежающий напиток, но и в качестве одного из основных ингредиентов при приготовлении множества блюд, включая салаты и супы. Увеличивается количество рецептов блюд из йогурта и в кулинарных книгах (см., например, [135, 164, 190, 219, 324, 377, 399, 400, 413, 468, 532, 652, 655, 656, 667, 698, 758, 841, 929]).

До 1950 г. в других регионах (например, в Западной Европе и Северной Америке) йогурт употребляли в основном лишь выходцы с Балкан и Среднего Востока, что объяснялось следующим:

- для многих потребителей неприемлем характерный резкий кислый вкус натурального йогурта;
- в Западной Европе и Северной Америке йогурт не играет важной роли в рационе питания;

- приготовление пищи не требует применения йогурта в качестве сырья;
- предпочтение отдается другим молочным продуктам, например, сыру;
- на рынке ограничен выбор йогуртов и родственных продуктов;
- потребители не осведомлены о пользе йогуртов и биойогуртов для здоровья.

Несмотря на близость Европы к Среднему Востоку, йогурт здесь был не слишком популярен, и лишь в 1950-е гг. в Швейцарии был сделан принципиальный для промышленного производства йогурта шаг — был разработан и внедрен в производство ароматизированный и подслащенный йогурт. С тех пор популярность йогурта распространилась на другие части света, и его потребление значительно возросло (см. табл. 1.2). Можно утверждать, что возросшая популярность йогурта является результатом следующих факторов:

- для улучшения «имиджа» продукта и, следовательно, роста продаж использовались удачные маркетинговые и рекламные кампании;
- производство йогуртов с малым содержанием жира способствовало использованию йогурта как части программ снижения веса потребителями, заботящимися о диете;
- в Западной Европе и Северной Америке население предпочитает сладкие продукты, и поэтому сладкий йогурт был здесь с готовностью принят;
- йогурт используется не для приготовления блюд, а как готовый десерт;
- хорошее воздействие рекламы йогуртов, нацеленной на молодое поколение;
- расширению круга потребителей способствуют непрекращающиеся исследования и разработки, направленные на создание новых продуктов на основе йогурта.

Многие разработки основаны на традиционных процессах, но потребности производства привели к появлению и некоторых новых интересных продуктов на основе йогуртов. Часть их была разработана на производстве, и, как следствие, доступность технических условий на них несколько ограничена. В связи с этим мы представляем здесь способы производства в виде схем, поскольку они позволяют легче понять основные принципы технологического процесса. Там, где это возможно, приводятся ссылки на соответствующие публикации. Кроме того, имеются обзоры публикаций по молочному производству, отражающие в том числе технологические и научные достижения в производстве йогурта и родственных ему продуктов (см., например, [574, 575, 578, 579–584], а также обзоры по различным странам с информацией о местных кисломолочных продуктах [9, 27, 158, 244, 264, 284, 301, 359, 444, 516, 524, 598, 705, 836, 837, 845]).

5.2 Стандартный промышленный йогурт

Промышленные йогурты делятся на три основные категории: натуральные, фруктовые и ароматизированные. Эти йогурты выпускаются различных видов — густые и перемешанные/питьевые (см. рис. 1.3), причем последние более популярны. Данные о различных этапах подготовки молочной основы до внесения закваски приведены в главе 2. Предварительная подготовка молока включает следующие основные этапы:

- нормализация по содержанию жира до 0,5–3,0 г/100 г;

- увеличение СОМО до 12–14 г/100 г;
- добавление сахара и/или стабилизатора (при необходимости).

Молочную основу предварительно нагревают примерно до 60 °С и гомогенизируют при давлении 17 МПа. Затем нагревают и выдерживают 3 минуты при 90–95 °С, охлаждают до 30–45 °С и заквашивают. Последующие стадии производства йогурта показаны на рис. 5.1.

Современная тенденция в промышленном производстве йогуртов выражается в изготовлении низкокалорийных продуктов. Для достижения этой цели имеются различные пути: снижение содержания жира в молочной основе, замена сахара низкокалорийными синтетическими подсластителями, замена молочного жира заменителями жира (см. раздел 5.11), добавление пищевых волокон [311] и/или снижение СОМО в молочной основе и добавление наполнителей, например, стабилизаторов. Последний способ подробно рассмотрен в главе 2 (см. также [128–131, 151, 234, 412, 586, 605, 654, 711, 770, 923], а также в патентах [607, 797, 840, 810]).

Для увеличения спроса на йогурт (чтобы потребитель был обеспечен йогуртом самого разного вкуса, причем необязательно фруктового) продукт смешивают с самыми разнообразными ингредиентами. Можно привести примеры использования в качестве добавок, содержащих натуральный пектин и витамин С, сушеных фруктов и овощных порошков. Такие йогурты могут иметь лечебный эффект для пациентов с

Рис. 5.1. Некоторые стадии производства ароматизированных йогуртов

заболеваниями желудочно-кишечного тракта [104]. В качестве вкусовых добавок к йогурту используют также морковь и экстракты сырых овощей [752, 913], а в работе [832] оценивается приемлемость для пользователя ряда йогуртов с овощными или ореховыми вкусовыми добавками (огурцы, цветная капуста, ростки маша, сельдерей, арахис, кокос и пряности). Предложены и другие варианты, например:

- фруктовые йогурты с добавлением пищевых волокон (клетчатки) сои, овса и аравийской камеди [409], жома какао [691];
- йогурт для заправки салатов, содержащий соль, специи, сушеный лук, чеснок и петрушку [834], или йогуртовый соус с добавлением лука, морских моллюсков, чеддера и «голубых» сыров (типа рокфор) [835];
- использование воздушной кукурузы, которую для сохранения хруста при смешивании с йогуртом специально обрабатывают эмульсией типа «вода-в-масле») [466]*;
- обогащение йогурта кальцием [695];
- применение для йогуртовых десертов, особенно предназначенных для детей, специальных сладких компонентов для отделки [882].

5.3 Йогурт из молока различных животных

В Средиземноморском регионе, в странах Среднего Востока, на юге России и на Индийском субконтиненте очень популярно молоко овец, коз и буйволиц, которое используют в том числе и для приготовления йогурта. Возможно, кочевники в пустынях для изготовления йогурта использовали и молоко верблюдиц, но опубликованных данных об этом нет. Хотя эти виды молока обрабатываются так же, как коровье молоко, в их составе значительно различаются казеиновые фракции — в основном из-за того, что пород коз и овец значительно больше, чем пород коров. Соотношение казеиновых составляющих в этих видах молока в соответствии с данными [173, 862] следующее:

- казеины, содержащиеся в малом количестве (минорные компоненты):
  корова > овца > буйволица > коза
- к-казеины: буйволица > коза > корова > овца
- β-казеины: коза > овца > корова > буйволица
- α_s-казеины: овца > буйволица > корова > коза.

Степень денатурации белка при нагревании также различна [535], что может влиять на реологические свойства йогурта. Йогурт из молока коз, овец и буйволиц изучался многими исследователями, поэтому технологические аспекты производства таких продуктов заслуживают отдельного обзора.

Сквашивание молока коз, овец и буйволиц, включая некоторые животноводческие аспекты, отражены в работах [16, 46, 175, 298, 338, 374, 427–429, 431, 453, 472, 548,

* Было отмечено вздутие пакетов йогурта с добавками воздушной кукурузы, которое было объяснено наличием *Mucor hiemalis*, появлявшихся после 20 или 40 дней хранения при температуре 12 или 5°С соответственно (см. [317]).

599]. В результате сравнительных исследований изготовления йогурта из молока коров, коз и овец были сделаны следующие выводы:

- для получения питьевого или натурального густого йогурта все виды молока должны быть сконцентрированы до СМО 18–35 г/100 г, разведены равным объемом кипяченой воды и после охлаждения до температуры сквашивания подвергнуты ферментации. Хотя данный метод позволяет получить йогурт высокого качества, рекомендуется гомогенизация [723];
- после роста в молоке смешанной культуры *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus* выделенная сыворотка подавляет рост широкой гаммы посторонних, в том числе патогенных микроорганизмов; ингибирующая активность понижается в ряду — молоко буйволицы > коровы > козы [812, 813];
- в Ираке овечий йогурт был наиболее плотным и высоко оценивался дегустационной комиссией. Козий йогурт и йогурт из смеси козьего и коровьего молока (50 : 50) получили самые низкие оценки. Для изготовления йогурта, подобного промышленному, рекомендуется закваска из *Lactococcus lactis*, подвида *lactis* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [30];оценка качества йогурта из коровьего, козьего и овечьего молока, полученного с помощью выпускаемых промышленностью заквасок, произведена в работе [474].

5.3.1 Йогурт из козьего молока

Общий химический состав козьего молока значительно варьирует, и СМО может составлять 11,3–15,9 г/100 г [736]. К основным факторам, влияющим на состав молока, относятся: порода коз, стадия лактации, географическое положение и рацион кормления животных. В работе [475] показано, что густой йогурт самого высокого качества был получен из молока коз местных пород, поскольку оно имело наиболее высокий СМО. В Индии ([814, 815]) было показано, что развитие заквасочной микрофлоры в пастеризованном козьем молоке происходило быстрее, чем в кипяченом молоке. Значительные вариации ($P < 0{,}01$) наблюдались в росте трех мезофильных и четырех термофильных заквасок в молоке, полученном от четырех пород коз. Наиболее низкие органолептические оценки были получены йогуртами, изготовленными с применением *Lactobacillus acidophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus*, а самые высокие — продуктами, изготовленными только с помощью штаммов вида *Lactococcus*. Использование смешанных штаммов заквасок позволяет улучшить плотность дахи (индийского кисломолочного напитка), изготовляемого из молока коров, коз или буйволиц [465]. Интенсивность кислотообразования *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в стерилизованном молоке меняется в следующей последовательности: козье > козье + коровье > коровье [176, 177].

Таким образом, для изготовления йогурта следует использовать молоко с высоким содержанием сухих веществ (белка — около 3,8 г/100 г) и так же, как и в случае коровьего молока, для обогащения и обработки молока могут быть использованы различные методы (таблица 5.1, см. также [675]).

Выбор заквасок может существенно влиять на органолептические показатели козьего йогурта (см. [203]). В работе [423] показано улучшение в козьем молоке роста,

Таблица 5.1. **Некоторые приемы, используемые в производстве йогурта из козьего молока**

Прием и последствия его применения	Источник
Обогащение исходного молока сухим обезжиренным коровьим молоком (СОМ), в количестве 4%, нормализация по содержанию жира до 2 г / 100 г, гомогенизация при 19,6 МПа и тепловая обработка в течение 15 мин при 80°С	[272]
Ультрафильтрация и гомогенизация молока улучшает вкус и вязкость продукта	[15]
Получение йогурта и сыра из козьего молока на небольших фермах	[312]
Добавление коровьего СОМ помогает маскировать специфический («козий») привкус	[564]
Улучшение характеристик сгустка путем добавления сухого козьего молока или молока после ультрафильтрации; процесс обратного осмоса (ОО) для обогащения не пригоден	[591]
Йогурт из козьего молока с сиропом гуавы или сливы (18–20 г / 100 г) существенно не отличается от коровьего	[100]
Йогурт, изготовленный из козьего молока, пастеризованного при 85 °С с выдержкой 20 мин и сквашенного 3 часа при 42 °С, подобен йогурту, полученному из смеси молока буйволицы и коровы.	[287]
Наиболее значимыми факторами для улучшения качества перемешанного йогурта оказываются гомогенизация козьего молока и, возможно, использование заквасок, продуцирующих ЭПС.	[31]
Выбор способа производства описан в рамках патента	[326]
Ультрафильтрация молока до 16–18 г / 100 г с последующей пастеризацией при 90–92 °С в течение 20 минут способствует получению типичного болгарского йогурта	[134]
Обогащение козьего молока сухим обезжиренным молоком в количестве 10% улучшает качество забади (египетского кисломолочного продукта)	[22]
Выпаривание молока под вакуумом, гомогенизация и пастеризация при 85 °С в течение 15 мин позволяет получать густой йогурт с улучшенным вкусом; добавление стабилизаторов улучшает физические свойства и внешний вид продукта	[8]

повышения кислотообразования и активности пептидазы для *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Наблюдаемое торможение развития стандартных заквасок для йогурта в козьем молоке можно связать либо с наличием в нем специфических ароматических веществ, либо с более высоким по сравнению с коровьим молоком содержанием свободных жирных кислот [16]. В работе [547] в сквашенном козьем молоке получили более высокое, чем обычно, количество ацетальдегида, диацетила и ацетонина с помощью смеси промышленной закваски и *Lactococcus lactis* подвида *diacetyllactis*. Содержание цитратов в козьем молоке значительно ниже, чем в коровьем, и поэтому оно может не подходить для продуцирования диацетила только мезофильными лактококками. Низкие уровни ацетальдегида в козьих йогуртах объясняют относительно высоким содержанием в молоке глицина; глицин может ингибировать фермент,

участвующий в превращении треонина в ацетальдегид и глицин [16]. Образование ацетальдегида стимулируется добавлением в козье молоко треонина [591, 753]. Информация, касающаяся поведения и протеолитической активности йогуртовых заквасок в козьем молоке, имеется в работах [7, 880].

В [918] для получения более плотных гелей рекомендовано применять йогуртовую закваску в количестве 1,5%, но другие исследователи используют 2% и более [31, 134, 100, 287, 591]. Вязкость и эластичность козьего йогурта при использовании экзополисахаридных заквасок ниже, чем у йогуртов, изготовленных с применением неслизистых заквасок [916]; аналогичные наблюдения имеются и для йогурта из коровьего молока (см. главу 2).

ЭПС-закваски позволяют получить более густой йогурт, и при получении питьевого продукта его разводят водой с добавлением сахара в количестве 7 г на 100 г в отношении 1 : 0,3 или 1 : 0,4 [253]. При производстве йогурта с ЭПС-культурами рекомендуется применять тепловую обработку козьего молока более 5 мин при 90 °С [380]. Ретентат, полученный ультрафильтрацией козьего молока, используют для улучшения характеристик и состава ферментированных напитков [616]. В Польше приемлемость молочных продуктов из козьего молока убывает в следующей последовательности: питьевой йогурт, ферментированное ацидофильное молоко, кефир [690].

5.3.2 Йогурт из овечьего молока

В работах [46, 439] описаны технологии производства традиционного и промышленно получаемого йогурта из овечьего молока. Основные отличия в производственных стадиях заключаются в следующем:

- при традиционном способе молоко кипятят, разливают в тару при 95 °С, дают остыть до 45 °С, вносят закваску, сквашивают до желаемой величины pH и затем помещают в холодное помещение для хранения; в результате получается густой йогурт с пенкой;
- промышленный процесс может включать нормализацию по содержанию жира, гомогенизацию и нагревание молока до 95 °С; добавление ароматизаторов (например, фруктов или специальных добавок) возможно, но большая часть овечьего йогурта продается в натуральном неароматизированном виде; в работе [819] описывается применение двухступенчатой гомогенизации при 13,8 МПа и 3,5 МПа на первой и второй ступенях соответственно; влияние гомогенизации молока на степень отделения сыворотки и плотность густого и перемешанного овечьего йогурта (рис. 5.2) исследовалось в работе [640].

Данные об использовании молока коммерческого стада молочных овец в Шотландии, о влиянии сезонных колебаний на общий химический состав, изменение показателей стабильности, микробиологическое качество и органолептические свойства йогурта приведены в работах [171, 641–643, 871].

Овечье молоко содержит много белка (около 5,8 г/100 г) и не требует увеличения СМО при производстве йогурта [641]. Гомогенизация молока может увеличить его плотность (см. рис. 5.2) и уменьшить синерезис овечьего йогурта [640]. В работе [498] для уменьшения продолжительности сквашивания по сравнению с коровьим молоком рекомендована тепловая обработка молока при 91 °С в течение 30 с. При исполь-

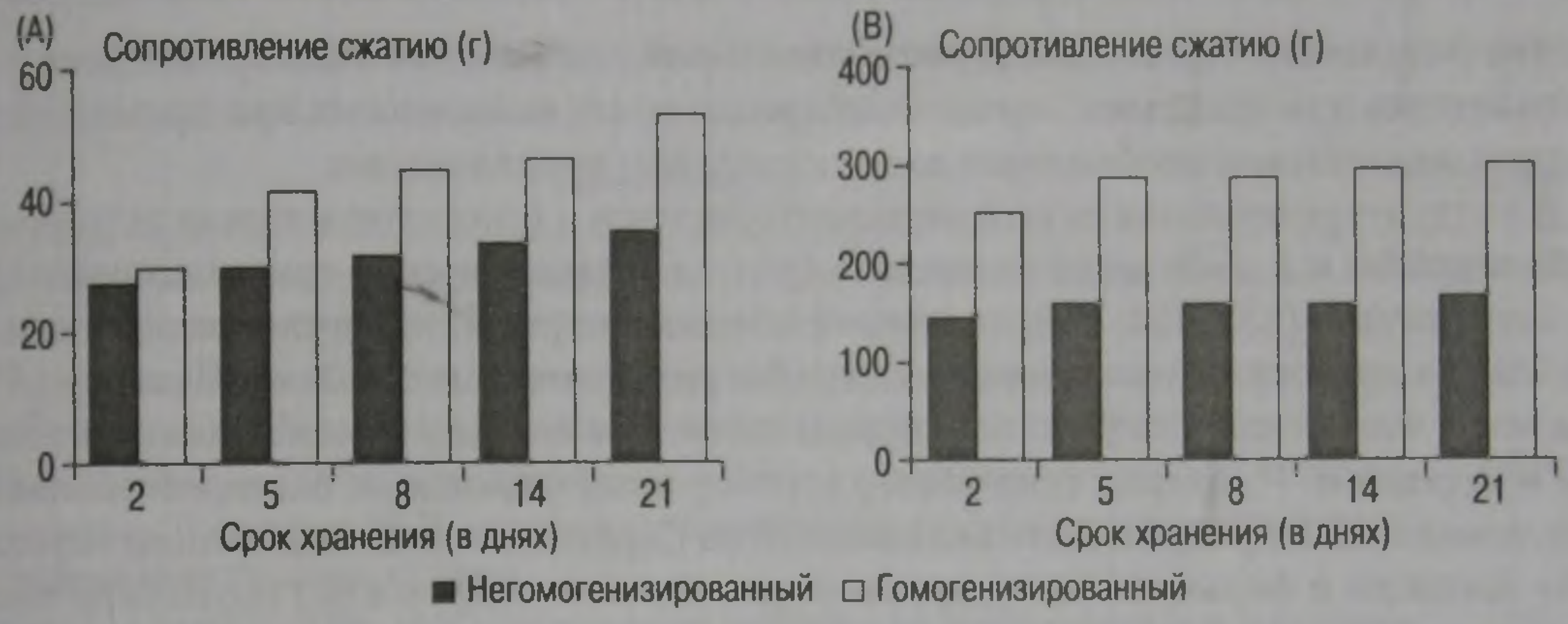


Рис. 5.2. Плотность овечьего йогурта (из негомогенизированного и гомогенизированного молока) при хранении в течение трех недель при 5 °С

По [640].

Примечание. для перевода значения силы g в ньютоны (Н) умножьте 9,8 на 10^{-3}.

зовании смешанной закваски, состоящей из *S. thermophilus* и *L. acidophilus*, полученный йогурт превосходил йогурт, выработанный с использованием традиционной закваски (см. также [232]).

Поскольку период лактации овец около 6 мес, поступление молока для производства йогурта в течение года ограничено. Это приводит к проблемам в поддержании стабильного уровня производства и доступности йогурта на рынке. Известны попытки сохранения овечьего молока в замороженном виде [944, 945]. Стабильность молока при хранении зависит от температуры его замораживания и размера замороженного блока. Для улучшения стабильности овечьего молока при хранении (до 11 мес) и после размораживания (при нагревании для изготовления йогурта) рекомендовано добавление к молоку еще до замораживания цитрата натрия (2 г/100 г) и аскорбиновой кислоты (0,1 г/100 г) [47] . Окисление жира более выражено в блоке замороженного молока толщиной 7 см, хранящемся при −20 °С с аскорбиновой кислотой (по сравнению с блоком толщиной 2 см, хранящемся при −30 °С). Хотя содержание свободных жирных кислот при хранении возрастает, йогурт, изготовленный из оттаявшего молока, положительно оценивается дегустационной комиссией. В работах [920, 921] перед замораживанием концентрировали овечье молоко (цельное и обезжиренное — последнее было смешано после концентрирования со сливками) методом обратного осмоса. При этом было выявлено:

- отсутствие значимых различий в липолизе при хранении до 8 месяцев при −20 °С;
- высокое до хранения исходное количество жизнеспособных клеток микроорганизмов и коли-форм после хранения уменьшается;
- оттаявшее молоко и восстановленные концентраты при производстве йогурта стабильны (особенно цельное молоко), но продукт имеет несколько более крупитчатую консистенцию, а степень синерезиса — выше (по сравнению с йогуртом, изготовленным из натурального овечьего молока).

Эти результаты свидетельствуют о некоторой стабильности замороженного овечьего молока при хранении, однако для преодоления выявленных при производстве йогурта недостатков необходимы дополнительные исследования.

В литературе описаны вкусовые характеристики и протеолитическая активность *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, выделенных из традиционного греческого йогурта [335, 454, 455], причем комбинация этих микроорганизмов рекомендована для промышленного производства йогурта из овечьего молока. В работе [473] отмечено, что активность β-галактозидазы заквасок в овечьем молоке в два раза выше, чем в коровьем. Проверка (скрининг) и отбор молочнокислых бактерий из *гиодду* (кисломолочный продукт, изготавливаемый на Сардинии с использованием «кустарной» закваски и ферментных экстрактов ароматических дрожжей) позволили получить овечий йогурт с хорошей сохраняемостью, улучшенным вкусом и внешним видом, высокой плотностью и низким синерезисом [248].

5.3.3 Йогурт из молока буйволиц

В Египте мелкие производители для изготовления традиционного напитка под названием *забади* кипятят молоко буйволиц в течение 30 мин, охлаждают его до 40–42 °С, заквашивают закваской (*«вчерашний забади»*) и сквашивают в потребительской таре. Промышленный процесс подобен получению йогурта: содержание жира нормализуют примерно до уровня 3 г/100 г, затем молоко нагревают (например, в течение 5–10 минут при 85–90 °С), после чего его ферментируют в потребительской таре; иногда вводят вкусовые добавки [438, 558, 787; см. также 329]. Интересно отметить, что при изготовлении йогурта из молока буйволиц гомогенизация не используется – возможно, из-за того, что это молоко содержит 4,3 г/100 г белка и 8,6 г/100 г жира [827], что подходит для производства густого йогурта со сливочным слоем. Подобный подход к обработке (без гомогенизации молока) используют в странах, где молоко буйволиц применяют для получения и других кисломолочных продуктов. В работе [811] описана гомогенизация молока буйволиц, но использовавшееся давление не указано.

При производстве йогурта молоко буйволиц, как и коровье, различными способами обогащают и/или нормализуют по содержанию жира. Некоторые примеры и параметры процессов приведены в табл. 5.2.

Использование для обогащения сухого молока буйволиц не распространено, поскольку оно малодоступно, однако в работе [681] изучалось подобное сухое молоко из ретентата обезжиренного молока, полученного ультрафильтрацией. В состав сухого обезжиренного молока буйволиц входят (г/100 г): белок – 67, жир – 1,6; зола – 8,6; лактоза – 18,7.

Для получения йогурта удовлетворительного качества из молока буйволиц последнее обогащают с помощью таких добавок, как сывороточные белки [23, 24], белки арахиса [909], обезжиренная соевая мука [281], распаренные зерна пшеницы [372], сухое обезжиренное коровье молоко [294]. Использование мембранной фильтрации в промышленном производстве йогурта из молока буйволиц ограничено, однако исследования, проводимые в данной области, привели к следующим заключениям:

- рекомендуется двухкратное концентрирование с помощью ультрафильтрации и нормализация до содержания жира 5,5 г/100 г [367];

Таблица 5.2. **Примеры обработки молока буйволиц при изготовлении йогурта**

Комментарии	Источник
Для получения качественного йогурта из молока буйволиц так же, как и для коровьего молока, важен выбор штаммов и их комбинаций	[481, 527]
Для производства обезжиренного йогурта из молока буйволиц рекомендуется использовать 5% закваски и сквашивание в течение 3 часов при 43°С	[682]
Снижение содержания растворенного в молоке O_2 до 2,9 мкг/г до нагревания в течение 10 мин при 90 °С увеличивало интенсивность кислотообразования и содержание тиоловых групп	[800]
Гидролиз лактозы (30–40%) увеличивает содержание ацетальдегида в продукте и улучшает его органолептические свойства	[6]
Для достижения нужной кислотности йогурта из молока буйволиц требуется на 1,5 часа больше	[520]
Для получения йогурта молоко концентрируют до половины или двух третей его объема, однако, при этом наблюдается отделение сыворотки при хранении продукта при 33–38 °С	[720]
Лучшее «мисти дахи» было получено из частично сконцентрированного молока (СМО около 18 г/100 г) с добавлением сахарозы (14 г/100 г) с помощью смеси штаммов мезофильных заквасок	[347]
Применение УВТ-обработанного молока (жир 4,5 г/100 г, СОМО 8,5 г/100 г) дает худшие органолептические показатели продукта по сравнению с дахи, полученным из молока, подвергнутого тепловой обработке при 90 °С в течение 5 мин	[789]
Добавление стабилизаторов к молоку или уменьшение содержание жира до 1,5 г/100 г снижает содержание диацетила и летучих жирных кислот в продукте	[805, 806]
При производстве дахи добавление 10–12 г сахарозы на 100 г обезжиренного молока тормозит рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*	[41]
В Испании для производства йогурта рекомендуется тепловая обработка обезжиренного молока при 85 °С в течение 5 мин	[436]
Дахи наилучшего качества получается при нормализации содержания жира до 3 г/100 г и СОМО до 10 г/100 г	[214, 215]
Приемлемое качество продукта получается при нагревании молока в течение 20 мин при 80–82 °С, охлаждении примерно до 31 °С, заквашивании только штаммом *S. thermophilus* и сквашивании в течение 10–12 часов	[878]
Наиболее приемлемый густой продукт получают при нагревании молока (жир 6,3 г / 100 г и белок 4,7 г/100 г) в течение 5 минут при 75 °С	[198]
Хороший био-йогурт получается из смеси молока буйволиц (70%) и коровьего молока (30%) при нагревании смеси в течение 5 минут при 90 °С и сквашивании ее *S. thermophilus* и *L. acidophilus*	[437]

- для производства забади может быть использована ультрафильтрация при обработке молока буйволиц (СОМО 10 или 11 г/100 г плюс 3 г/100 г жира) [487];
- при концентрировании молока буйволиц с помощью обратного осмоса (> 1,5 раз) дахи получается очень густым, комковатым, безвкусным и с низкой кислотностью [521].

Молоко буйволиц, которым с кормом давали дрожжевые культуры, влияет на рост и биохимическое поведение отдельных штаммов молочнокислых бактерий (двух мезофильных и трех термофильных) (см. [422]). Хотя закваски, применяемые в производстве дахи, точно не определены, общепринято использование микрофлоры закваски йогурта. В Индии предпочитают использование смешанных мезофильных штаммов, включающих *Lac. lactis* подвид *diacetilactis* [346]. Антибактериальная активность *S. thermophilus* штаммов *MD*-2, *MD*-8 и *D*-3 в дахи из молока буйволиц (жира 4,5 г/100 г и СОМО 10,5 г/100 г) относительно патогенных микроорганизмов была выше в экстрактах, не содержащих клеток, что позволяет предположить, что помимо молочной кислоты возможно наличие веществ-ингибиторов (одного или нескольких) (см. [241, 274, 362]). Активность β-галактозидазы тех же штаммов заквасок в дахи при СМО до 21 г/100 г отмечается в работе [242], а в [360] и [361] изучалось введение в дахи низина и его влияние на заквасочную микрофлору.

На микроструктуру дахи из молока буйволиц влияет режим тепловой обработки молока. В работе [890] отмечено, что после нагрева молока до 70 °С продукт получается мягким, а частицы казеина имеют почти сферическую форму (размером около 300 нм); после нагревания в течение 30 мин при 90 °С сгусток получается плотным, с продолговатыми мицеллами размером около 235 нм, а белковая матрица образуется длинной мицеллярной цепью (см. также [898].

Термизация «мисти дахи» в течение 30 мин при 65 °С снижает количество микроорганизмов заквасок (*Lac. lactis*, подвид *diacetylactis* и подвид *cremoris*) примерно на $3\log_{10}$ колониеобразующих единиц (кое) на мл и еще на $1\log_{10}$ – после хранения в течение 30 дней при 30 °С [210, 211]. Аналогичные результаты приведены и в [766, 767], когда продукт нагревали в течение 10 мин при 60 °С (см. также [565]).

В работе [559] предлагается улучшать питательную ценность забади путем добавления ионов железа или хлорида железа (до 8 мг/100 г) без ухудшения качества продукта. В молоке буйволиц, обогащенном арахисом или соевым молоком, улучшается рост *Bifidobacterium bifidum*; самый плотный сгусток дает добавление глицина при количестве микроорганизмов закваски более 1×10^8 кое/мл при pH 3,89 [647].

5.3.4 Йогурт из молока верблюдиц

Молоко верблюдиц популярно в странах с засушливыми регионами и тропическими температурами. Обычно такое молоко матово-белое, а общий химический состав может значительно варьировать из-за разнообразия пород, стадий лактации, типа корма и наличия воды для питья, например: СМО 9,8–14,4; жир 3,2–5,5; лактоза 3,4–5,5; белок 2,7–4,5 и зола 0,6–0,9 (см. [304, 344, 366, 368, 383, 624]).

В работе [305] молоко верблюдиц нагревали в течение 30 мин при 85 °С, охлаждали его до 27 °С и заквашивали мезофильными молочнокислыми культурами (гомо- и гетероферментативными) и сквашивали в течение 24 ч. Продукты оценивались орга-

нолептически 13 сомалийскими кочевниками, 9 сомалийцами-горожанами и тремя канадцами (параллельно оценивалась *суза* — традиционный сомалийский кисломолочный напиток). Продукт оказался вполне удовлетворительным и был похож на сузу. Для улучшения качества сузы авторы рекомендуют применять в сельской местности регулируемое сквашивание молока верблюдиц и использование излишков молока в сезон дождей.

В работах [18, 349] отмечается, что рост некоторых — и смешанных, и отдельных — штаммов *S. thermophilus* (четыре) и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (три) в коровьем молоке происходит более интенсивно, чем в молоке верблюдиц, однако в смешанных культурах закваски высвобождается одинаковое количество свободных аминогрупп (за исключением штамма *LB*12 *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*) [18]. Подобное поведение отмечается и у *L. acidophilus* и четырех видов бифидобактерий, культивируемых в молоке верблюдиц [17, 19].

5.4 Йогурт длительного хранения (подвергнутый тепловой обработке)

Срок хранения йогурта зависит от гигиенических условий его изготовления, микробиологического качества ингредиентов, применения тех или иных упаковочных материалов и составляет при холодильном хранении 3–4 недели. Для повышения срока годности йогурта при хранении используют различные приемы, в частности:

- замораживание и высушивание;
- продувку газа;
- добавление консервантов;
- использование асептического оборудования;
- обработку токами высокой частоты;
- стерилизацию теплом;

Эти приемы (кроме последних двух) описаны в других разделах, и каждый из методов имеет своих сторонников.

Термообработка продукта после изготовления способствует увеличению срока его хранения, поскольку применение нагрева инактивирует заквасочную микрофлору, ферменты, а также посторонюю микрофлору (например, дрожжи или плесени). Традиционно йогурт нагревали в течение нескольких часов на слабом огне, используя определенные виды древесины. Конечный продукт называли *копченым йогуртом* (см. рис. 1.2) и сохраняли в течение зимы в сосудах, покрытых оливковым маслом или топленым жиром. В промышленном производстве для достижения необходимого эффекта пастеризации применяют температурно-временной режим, подобный тому, что используется при обработке натурального молока, но йогурт нагревают обычно меньше, так как его кислотность значительно выше, чем кислотность молока (см. [268, 332, 704]).

Таблица 5.3. **Условия обработки для изготовления перемешанного йогурта (пастеризованного/подвергнутого УВТ-обработке)**

Время	Температура, °С	Срок хранения (результат)	Источник
30 мин	50–55	3 недели при 15 °С	[710]
15–40 с	57– 70	Уменьшение количества нежелательных микроорганизмов	[783]
20–30 мин	58–60	Инактивация β-галактозидазы	[782]
5 мин	58	Инактивация дрожжей	[922]
	60–65	40 или 10 дней при 6–8°С и 15–20°С соответственно	[460]
	60–65	6–8 недель при 12 °С	[651]
30 мин	60	30 дней при 20 °С	[342]
1 мин	60 или 70		[702]
5–20 мин	60–68 затем 77	Асептический йогурт	[150]
5 мин	64	3 недели при 20 °С	[905]
30 с	65		[549, 550]
Мгновенно	65–70	Горячее заполнение	[499, 645]
20 мин	65	7 дней при 27 °С	[551]
5 мин	70	21 день при ~5 °С	[625]
30–40 с	70	Горячее заполнение	[251, 252]
15–30 мин	70	30 или 60 дней при 20 °С и 4 °С соответственно	[357]
Несколько секунд	75	4–6 недель при 20 °С	[779]
~2 мин	85	Охлаждение не требуется	[470]
20 с	85	3 месяца при 37 °С	[606]
10–15 мин	85–88	1 год при 20 °С	[58]
27 с	85	> 4 недель при 20 °С	[403]
	88	Несколько недель	[395]

5.4.1 Технология

При производстве пастеризованного йогурта возникают две проблемы: во-первых, возможно уменьшение вязкости и отделение сыворотки, а во-вторых, возможно некоторое ухудшение вкуса (что существенно только для натурального йогурта без добавок).

В таблице 5.3 представлены виды тепловой обработки, которые можно применять для получения йогурта с увеличенным сроком хранения.

Для преодоления некоторых из вышеуказанных проблем (особенно при нагревании выше 70 °С) рекомендуются следующие меры предосторожности:

- охлаждение йогурта сначала до 20 °С, затем проведение последующей термообработки; в некоторых случаях нагрев выполняют в два этапа (5–20 мин при

60–68 °С с увеличением температуры до 77 °С) для стабилизации белка без желирования добавленного крахмала [150];

- рекомендуется гомогенизация нагретого йогурта перед фасовкой, например, охлаждение нагретого йогурта примерно до 65 °С, гомогенизация при 5 МПа, охлаждение до 7 °С, введение вкусовых добавок и упаковка [395];
- широко практикуется фасовка горячего йогурта после пастеризации, при этом окончательное охлаждение происходит в потребительской таре (примеры см. в табл. 5.3);
- иногда рекомендуется добавление стабилизаторов (обычно менее 1 г/100 г, в зависимости от типа), например
  - каррагинан и крахмал с цитратом [150] (Barua and Hampton, 1986);
  - смесь ксантана и гуаровой камеди в соотношении 2:1 с динатрийфосфатом [395];
  - использование желодана, представляющего собой смесь крахмала, пектина, желатина и молочных белков [1566 357];
- агар, каррагинан или пектин с лимонной кислотой [470]; в работе [687] сообщается о добавлении каррагинана для получения нужной консистенции и восстановления реологических свойств продукта после нагревания;
- рекомендуемое оборудование для обработки должно включать пластинчатый, трубчатый или скребковый теплообменник и установку для асептической фасовки нагретого йогурта.

Густой йогурт можно нагревать в потребительской таре — например, в течение 5–10 мин при 75 °С [127], 5 мин при 58 °С ([549]), 35 мин при 85 °С ([685], 30–120 мин при 65–85 °С (в зависимости от размера тары для достижения требуемой температуры в центральной части продукта) [256], до 50 мин при 60–85 °С в автоклаве при давлении до 0,2 МПа [277–280] и при 72 °С на водяной бане 30 [119].

Отсюда ясно, что продлить срок хранения йогурта с помощью нагрева технически возможно, хотя при этом имеется некоторое противоречие, касающееся определения йогурта. В большинстве существующих стандартов оговорено, что йогурт должен содержать большое количество жизнеспособных микроорганизмов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [341]. В работе [861] предлагается сохранить термин «йогурт» для обозначения традиционного продукта, а для продукта, подвергшегося термообработке, использовать термины «пастеризованный йогурт», «УВТ-йогурт» или «йогурт с длительным сроком хранения», что может сгладить указанное противоречие. Единственное существенное отличие пастеризованного йогурта от традиционного — наличие в нем малого количества жизнеспособных микроорганизмов закваски, однако это отличие является существенным для характеристики и лечебно-диетических свойств продукта (см. главу 9, а также [191, 247, 592, 593]). В работе [500] рекомендуется проверять стабильность кисломолочных продуктов, подвергнутых термической обработке, во время хранения на 3-й день при 30–37 °С, на 15-й день — при комнатной температуре и на 60-й день — при температуре около 5 °С. В течение указанных сроков хранения не должно быть признаков образования газа или синерезиса.

5.4.2 Влияние термообработки на свойства продукта

Нагрев может сильно влиять на такие компоненты йогурта, как витамины и ферменты. В работе [308] на основе сравнения йогурта, подвергнутого термической обработке (ТЙ) и не подвергнутого термической обработке (НЙ) приведены следующие наблюдения:

- нагрев и холодильное хранение не влияют на содержание тиамина в обоих типах йогурта;
- потери витамина B_6 при хранении у ТЙ оказались больше, чем у НЙ (соответственно 85% и 50%);
- содержание фолиевой кислоты снизилось до следовых концентраций в ТЙ через 15 дней, а у НЙ подобное снижение произошло за 30 дней;
- содержание пантотеновой кислоты у ТЙ было изначально ниже на 70%;
- термообработка уменьшила активность ферментов протеазы, целлюлазы, амилазы и β-галактозидазы на 60%, 25%, 50% и 100% соответственно.

Результаты определения микрофлоры закваски с помощью генных проб и ПЦР-анализа в подвергнутом термообработке густом натуральном йогурте зависели от типа примененной термообработки и различались для стрептококков и лактобацилл [544].

В ряде работ [259, 340, 507, 543, 552, 594, 603, 696, 772, 775, 829, 830] и обзоров [16, 174, 310, 712, 771] отмечается инактивация β-галактозидазы. В йогурте весьма желательно наличие ферментов, особенно для потребителей с недостатком лактазы. В работе [327] показано, что благодаря наличию активной β-галактозидазы йогурт не обладает присущим молоку отрицательным действием на людей с непереносимостью лактозы. Это подтверждается результатами контроля водорода в выдыхаемом воздухе у людей с непереносимостью лактозы после потребления йогурта, подвергнутого термической обработке. Запатентован процесс получения йогурта с длительным сроком хранения, в котором микроорганизмы заквасочной культуры после нагрева присутствуют в количестве 10^6–10^{10} кое/мл [408]. Для обеспечения выживания микроорганизмов использовался мутантный штамм *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, у которого отсутствовал фрагмент ДНК, содержащий часть гена β-галактозидазы.

Другой метод пастеризации йогурта заключается в воздействии микроволновой техники, известной как система Баха. Его принцип хорошо описан в работах [120, 121] и заключается в быстром двухстадийном диэлектрическом нагреве йогурта в пластиковых стаканчиках. На первой стадии применяется горизонтальный нагрев (микроволны низкой частоты с большой проникающей способностью), а на второй стадии — вертикальный (микроволны высокой частоты с малой проникающей способностью). Собственно пастеризация происходит при более низкой температуре, чем требуется для обычного процесса. Обработка проводится при прохождении стаканчиков с йогуртом водяной бани. Эти стадии дополняют друг друга и необходимы для надлежащей пастеризации. В [120] отмечено, что такая система приводит к разрушению дрожжей и плесеней, но не оказывает отрицательного влияния на белки молока или бактерии закваски. Сохраняемость йогурта увеличивается при этом до 4–6 недель при комнатной температуре. Кроме того, применение этого метода не требует добавления в йогурт специальных стабилизаторов. В работе [724] указано, что дополнительные расходы на обработку в сопоставлении с увеличенным сроком хранения йогурта минимальны.

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

5.5 Питьевой йогурт

5.5.1 История вопроса

Питьевой йогурт — это перемешанный йогурт с низкой вязкостью, который потребляется как освежающий напиток.

Традиционный турецкий йогурт известен под названием *айран* и стадии его изготовления описаны в работе [27]. Айран можно приготовить из цельного молока. После ферментации йогурт смешивается с 35% воды, в него добавляется 1 г/100 г соли, затем он сбивается, чтобы выделить жир в виде масляного зерна и удалить его, расфасовывается и хранится при 5 °С. Если производится нормализация по содержанию жира (1,5 г/100 г) и СОМО молока не увеличивается, перемешанный йогурт (айран) смешивается с солью (1 г/100 г), расфасовывается и хранится в холодильнике. Турецкий стандарт на айран [27] выглядит следующим образом (г/100 г): вода — 90,5; СОМО — 8, молочная кислота — 1,6; соль — 1 (необязательно), отсутствие патогенных микроорганизмов.

В Ливане подобный айрану продукт изготавливают из молока с низким содержанием жира, добавляя экстракт мяты. Европейский и американский типы питьевого йогурта изготавливают из молочной основы с низким содержанием жира и сухих веществ. Производство таких продуктов возможно на большей части предприятий, производящих йогурт. Обычно со сгустком йогурта обращаются очень аккуратно, но при производстве питьевого йогурта для перекачивания йогурта из резервуаров для сквашивания в охладители поршневые насосы заменяют центробежными. Для разрушения сгустка после ферментации возможно перемешивание с высокой скоростью. Иногда холодный йогурт пропускают через гомогенизатор без давления.

По питьевому йогурту, в том числе по технологическим и научным вопросам, опубликовано довольно много работ, в частности, [58, 60, 62, 73, 212, 269, 354, 393, 501, 502, 530, 534, 569–572, 576, 577, 630–632, 686, 726, 741, 748, 941].

5.5.2 Особенности технологического процесса

В [192] указано, что промышленные процессы производства питьевого йогурта можно разделить на три группы:

- гомогенизация перемешанного йогурта, охлаждение, расфасовка (срок хранения 2–3 недели при 5 °С);
- гомогенизация перемешанного йогурта, пастеризация (при низкой температуре), асептическая расфасовка (срок хранения 1–2 месяца при 5 °С);
- гомогенизация перемешанного йогурта, УВТ-обработка, асептическая расфасовка (срок хранения несколько месяцев при комнатной температуре) (рис. 5.3).

Обычно для изготовления йогуртов используют только молоко. Иногда используют определенные пищевые добавки — например, экстракт солода [952], концентрат сыворотки или соевую муку [508, 745], смесь «сыворотка : пахта» в соотношении 60 : 40 [833], переработанные помидоры и СОМ [942], сладкосливочную пахту [222, 223, 352], молоко из семян люпина, полученное ферментным гидролизом [373], экст-

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

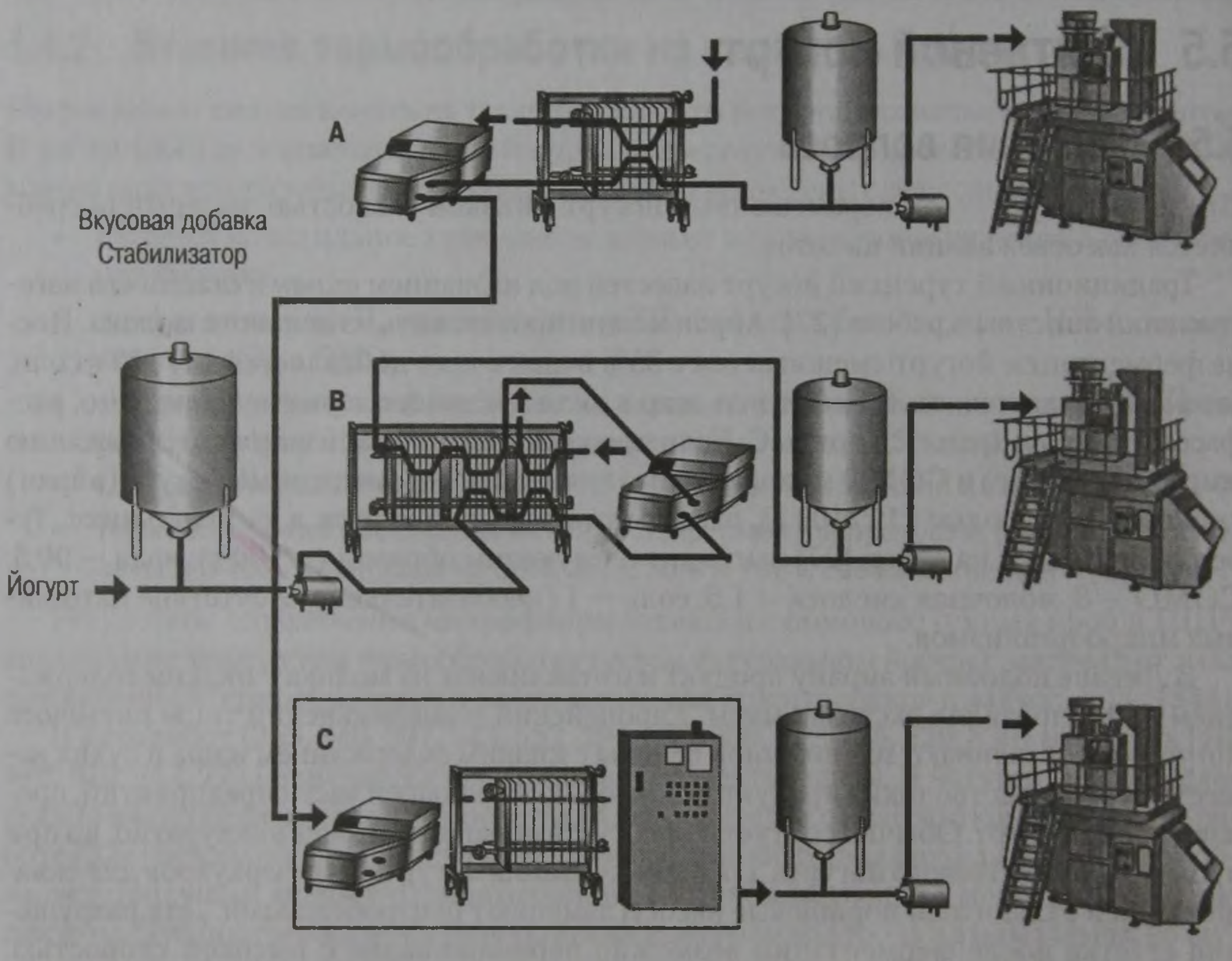


Рис. 5.3. Некоторые схемы производства питьевого йогурта с увеличенным сроком хранения

А, гомогенизация йогурта, охлаждение; срок хранения 2–3 недели в холодильнике; В, гомогенизация йогурта, пастеризация, асептическая расфасовка; срок хранения 1–2 месяца в холодильнике; С, гомогенизация йогурта, УВТ-обработка, асептическая расфасовка; срок хранения несколько месяцев при комнатной температуре.

Воспроизведено с согласия *Tetra Pak, Processing System Division A/B*, Швеция.

ракт «красного женьшеня» [824], закваски и пищевые кислоты [397]. Некоторые подобные продукты правильнее, видимо, называть напитками, а не питьевым йогуртом.

Молочная основа и разнообразные добавки обычно сквашиваются закваской для йогурта, однако используют также широкий диапазон смешанных культур. Некоторые их примеры приведены в табл. 5.4.

Медленное сквашивание молока с помощью *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *Lactobacillus paracasei* подвида *paracasei* в течение, соответственно, более 48 и 140 часов способствует минимизации осаждения белка в продукте [457, 822]. При изготовлении питьевого йогурта проблемой может оказаться отделение сыворотки, и поэтому необходимо вводить в молочную основу стабилизатор [316, 893, 897]. Синерезис кисломолочного напитка, изготовленного из сладкой пахты, сводится к минимуму добавлением желатина или карбоксиметилцеллюлозы [223], пектиновой яблочной пасты [947] или около 0,4 г/100 г Мекспектина *RS*450. В работах [406, 407] сообщалось, что изменение последовательности обработки питьевого йогурта (гомогениза-

БИФИЛИКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

Таблица 5.4. **Примеры заквасок, используемых для производства питьевого йогурта или напитков на его основе**

Микроорганизмы	Источник
S. thermophilus и *L. lactis*, подвида *lactis*	[510]
L. delbrueckii подвида *bulgaricus*, *L. paracasei* подвида *paracasei*, *Lac. lactis*, подвида *cremoris*, *Lac. lactis*, подвида *lactis* и *Acetobacter aceti*	[508]
Закваска для йогурта, *L. acidophilus* и *B. bifidum*	[745]
L. delbrueckii подвида *bulgaricus*	[818]
L. paracasei подвида *paracasei*	[822]
S. thermophilus (один штамм) или с *L. acidophilus*	[373, 833, 947]
L. delbrueckii подвида *bulgaricus* и/или *Lactobacillus helveticus* с или без *S. thermophilus*	[942]
L. delbrueckii подвида *bulgaricus* и *L. acidophilus*	[222, 223]

ция после пастеризации, а не до нее, или гомогенизация до и после пастеризации) не влияет на стабильность продукта. Указывается, что в присутствии добавленного пектина (около 0,4 г/100 г) достаточно одной гомогенизации при давлении ⩾ 15 МПа. Подобного же мнения о влиянии гомогенизации, проводимой до или после пастеризации, на стабильность *лабана* (средневосточного натурального йогурта) придерживается автор работы [606]. В [538] приведены результаты исследования влияния различных режимов хранения на показатели качества питьевого йогурта. Продукт оказался стабильным по качеству в течение 16 суток хранения при 5 °С и 10 °С, 12 суток – при 15 °С и 6 суток – при 20 °С. В качестве основного показателя было выбрано количество жизнеспособных микроорганизмов в йогурте.

Для придания питьевому йогурту вкуса и аромата в него добавляют фруктовые пюре или соки. В США предпочитают клубнику и малину [750, 930]; в Германии же путем проведения органолептических тестов с 220 детьми 8–14 лет оптимальное содержание сахара было определено как 8,3 г/100 г [296]. Введению вкусовых добавок и красителей в питьевой йогурт потребители предпочитают добавление натурального сока [230, 231]. Используют также концентраты моркови и яблок [508], ананас [833], концентраты лимона или апельсина [106], фруктовые соки (концентраты или эссенции) [299].

Обработка питьевого йогурта на комбинате *Dan-Maelk* в Дании подробно описано в работах [70–72]. Общий химический состав продукта (г/100 г): жир – 3,5; белок – 3,8; сахар – 8. Стерильные фрукты (без стабилизаторов и консервантов) добавляют в количестве 15 г/100 г. Продукт асептически расфасовывают в картонную коробку с крышеобразным верхом и винтовой крышкой с помощью машины *Cherry-Burrel QL*-9, оборудованной поворотным распределителем *Post-Fill*®, пригодным для работы с кусочками фруктов до 1,3 см. Описаны также другие типы тары (пакеты, стеклянные бутылки, непрозрачные пластиковые бутылки), применяемые для расфасовки питьевого йогурта [74, 76, 96, 493, 722]. Следует учитывать, что пластиковые бутылки могут поглощать из питьевого йогурта вкусовые вещества (см. раздел 2.13.5, а также [546, 848]).

БИФЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

Химический состав питьевого йогурта в разных странах различается прежде всего из-за разницы во вкусах потребителей. Типичный состав йогурта: (в г/100 г): жир до 1,5; СОМО около 9; сахар до 8; стабилизаторы — около 0,5; фруктовые сиропы или пюре — 5–15. Для увеличения сохраняемости продукт иногда подвергают термообработке (пастеризация или УВТ-обработка). Данные по общему объему продаж питьевого йогурта на различных рынках отсутствуют, однако только в США объем продаж таких продуктов в 1992 г. оценивался в 13 млн американских долларов [697]. В главе 9 отмечается, что айран успешно используется для орального введения в организм солей, требующих разведения в жидкости, причем при лечении гастроэнтерита дети отдавали ему предпочтение перед водой [194].

5.5.3 Другие напитки на основе йогурта

Во всем мире очень популярны безалкогольные напитки, и по данным [273] напиток на основе йогурта (ароматизированный натуральным апельсином, лимоном, вишней или яблоком) освежает, утоляет жажду и приятно покалывает язык (лучше, чем обычный йогурт). Сквашивание молока молочнокислыми бактериями и дрожжами широко используется в Восточной Европе и России для производства кефира и кумыса. При этом типе брожения в продукте образуется молочная кислота, спирт, двуокись углерода и ароматические вкусовые вещества. Для японского рынка была разработана технология, по которой дрожжи (род *Kloeckera*) предварительно (до производства йогурта) культивировались в молоке. Молоко затем стерилизовали, охлаждали до температуры сквашивания и заквашивали смесью культур *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (описание технологии приведено в работе [525]). Этот напиток содержит ароматические вещества, образованные дрожжами, не содержит спирт или газ, в нем больше, чем в обычном йогурте, жизнеспособных микроорганизмов заквасочных культур (поскольку метаболиты дрожжей повышали активность закваски) и не наблюдается отделения сыворотки.

Болгарский напиток, разработанный специально для российского рынка, состоит из 35–54% йогурта, 20–40% натурального фруктового или овощного пюре, 28–30% сиропа с яблочным пектином и 0,1–0,2% лимонной кислоты. Смесь гомогенизируют, стерилизуют при 120–130 °С в течение 50–70 с, охлаждают и расфасовывают [105]. К сожалению, популярность этого продукта, особенно на таком обширном рынке, не оценивалась.

В работе [509] описан продукт, изготовленный из порошков с высоким содержанием белка (казеин и сывороточный белок), сквашенный *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* ($\leqslant 2{,}5 \times 10^9$ кое/г). Этот продукт пригоден для диетического и спортивного питания, и после разведения в молоке, воде или соке его можно использовать как напиток.

Йогуртоподобные напитки могут быть изготовлены из растительной муки (соевой, гороховой, люпиновой и конских (кормовых) бобов), сквашенной йогуртовой закваской. При этом по сравнению с напитками на молочной основе наблюдается пониженное образование молочной кислоты, а рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* незначителен [744].

5.5.4 Газированный йогурт

Газированный йогурт может выпускаться в жидкой или сухой форме. Первая форма — это действительно газированный ароматизированный питьевой йогурт. Второй

обогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

ДЁЛЕР -
ВЫБОР, СДЕЛАННЫЙ СО ВКУСОМ!

Фирма "Дёлер НФ и БИ" предлагает Вашему вниманию новую программу ингредиентов и высококачественных основ для производства широкого спектра молочных продуктов:

- молочных напитков;
- йогуртовых напитков;
- напитков на основе сыворотки;

а также ингредиенты для производства:

- питьевых йогуртов;
- фруктовых кефиров;
- йогуртов;
- творожных десертов и пудингов

Для производства мороженого компания "Дёлер" готова разработать совместно с клиентом инновационные продукты, соответствующие его запросам.

О "Дёлер НФ и БИ"
100, г. Москва, ул. 2-я Звенигородская,
/1, стр. 1
.: (095) 916-74-11, 916-58-58;
c: (095) 246-55-01, 916-58-88
w.doehler.ru
mail: mailbox@doehler.ru

Россия,
127051, Москва,
Средний
Каретный пер., 5
Тел./факс: (095)
923-46-78, 299-82-70
milk@nauka-biznes.ru

МОЛОЧНАЯ РЕКА

ежеквартальный журнал-каталог

"Молочная река" - ежеквартальный полноцветный журнал, формат А4, тираж 10 тыс. экз., распространяется бесплатно среди заводов по переработке молока и производству всех видов молочной продукции и мороженого, предприятий-изготовителей и поставщиков оборудования и ингредиентов для молочной промышленности, производителей тары и упаковочных материалов, фирм оптовой торговли молочными продуктами, лизинговых компаний и банков, а также государственных структур.

вариант — это сухая смесь, которая при соединении с водой постепенно выделяет углекислый газ. Жидкий газированный йогурт может быть изготовлен одним из следующих способов:

- в составе йогуртово-молочной смеси используется соевый белок со стабилизаторами (карбоксиметилцеллюлоза и ксантановая камедь); жидкий продукт при взбалтывании образует пену, которая сохраняется при потреблении [434];
- обработанная молочная основа газируется углекислым газом с последующим сквашиванием закваской [204, 611];
- газирование йогуртового напитка достигается гомогенизацией продукта (йогурт, содержащий сахар, и стабилизатор йогурта типа 428) при 4,8 Па и 4 °С [220, 269].

Сухой газированный йогурт подробно описан в патенте [776] с указанием ряда преимуществ использования тех или иных карбонатов, а именно:

- присутствие карбонатов металлов в смесях ведет к нейтрализации кислоты в йогурте, поэтому газированный йогурт менее кислый и имеет pH около 7;
- возможно применение различных карбонатов, но карбонат кальция предпочтительнее карбоната натрия, поскольку он медленнее растворяется в воде и постепенно выделяет в восстановленный напиток углекислый газ (в противном случае газированный йогурт быстро «выдыхается»);
- добавление в сухую смесь различных соединений кальция снижает прозрачность газированного йогурта, поскольку кальций реагирует с различными кислотами, образуя нерастворимые соли [97].

Концентрат для получения газированного напитка, описанный в работе [508], разводится газированной водой (см. раздел 5.5.2).

5.6 Йогурт с гидролизованной лактозой

При производстве йогурта в качестве источника энергии бактериями закваски используется только часть имеющейся лактозы с образованием молочной кислоты. Избыток лактозы может быть использован, чтобы подсластить йогурт без увеличения его калорийности. Этот эффект может быть достигнут путем гидролиза лактозы с помощью β-галактозидазы (в виде порошка или жидкости), расщепляющей лактозу на глюкозу и галактозу. Относительная сладость лактозы и этих моносахаридов (при сладости сахарозы, принятой за 1): лактоза — 0,4; галактоза — 0,6 и глюкоза — 0,7. Коммерческие препараты β-галактозидазы в основном получают из дрожжей, грибов и — в меньшей степени — бактерий [181, 358]. В работе [297] указано, что для получения приемлемого по сладости йогурта было необходимо только 50% гидролиза лактозы. Данные по производству йогурта с гидролизованной лактозой см. в [269, 430, 486, 854–856].

Гидролиз лактозы в молоке можно осуществить одним из следующих методов:

- процесс *A* – низкотемпературный гидролиз при температуре ниже 10 °С при хранении до следующих суток;

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru
биопродукт®

- процесс *B* – высокотемпературный гидролиз при 30–35 °С в течение получаса;
- процесс *C* – высокотемпературный гидролиз при 30 °С с добавлением к обработанному молоку фермента вместе с закваской.

В процессах *A* и *B* необходимо перемешивать молоко и довести pH до 6,6, после чего перейти к изготовлению йогурта, как показано на рис. 5.1. Инактивация β-галактозидазы достигается термообработкой. В процессе *C* низкая скорость образования кислоты культурой закваски постепенно уменьшает активность β-галактозидазы, и общая активизация может происходить ниже pH 5,0 (см. также [542]).

Гидролиз (осахаривание) желателен только при производстве фруктового/ароматизированного йогурта, поскольку натуральные йогурты (без добавок) не подслащиваются. Тем не менее, хотя снижение уровня лактозы в натуральном йогурте улучшает его лечебно-профилактические свойства [327], клинические исследования подтверждают, что действия β-галактозидазы, источником которой является закваска, достаточно для лиц с непереносимостью лактозы, и необходимости в гидролизе лактозы в молочной основе нет [738, 739]; (см. также главу 9). Работы в этой области связаны с усилением активности *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в молоке с гидролизованной лактозой при наличии в нем глюкозы и/или галактозы. В работах [390, 391, 589] отмечено наличие в коммерческих образцах β-галактозидазы протеолитической активности (возможно из-за загрязнений при производстве). Рост активности йогуртовых заквасок связан скорее с высвобождением необходимых аминокислот [537], чем с наличием глюкозы и/или галактозы. Несмотря на эти противоречия во взглядах, многие исследователи отмечают ускорение коагуляции молока с гидролизованной лактозой [107, 240, 276, 440, 515, 798]. В работах [108] и [109] сделан вывод, что причины усиленной активности заквасок в молоке с гидролизованной лактозой лучше выявляются с помощью чистой культуры *S. thermophilus*. В другой работе [107] усиление активности одной из двух коммерческих йогуртовых заквасок не наблюдалось, а в [796] было высказано предположение, что интенсивность кислотообразования любых микроорганизмов закваски в гидролизованном молоке зависит от конкретного штамма.

На качество йогурта с гидролизованной лактозой (ЙГЛ) может влиять множество факторов. Во-первых, молоко с гидролизованной лактозой может тормозить рост некоторых штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в смешанных культурах [4]. Во-вторых, некоторые препараты β-галактозидазы могут вызывать в продукте посторонние привкусы, если уровень гидролиза превышает 60%, другие препараты были пригодны при 80%-ном гидролизе [181, 240, 885]. Поэтому йогурт, обработанный β-галактозидазой при сквашивании, получил несколько более низкие оценки по вкусу (аромату), текстуре и консистенции, чем контрольный [441].

Для получения более высокого содержания олигосахаридов (в 4–19 раз), чем в контрольном йогурте, в некоторых случаях желательно использовать β-галактозидазу *Aspergillus oryzae* [886]. Использование гидролизованного концентрата сыворотки или гидролизованного восстановленного СОМ и сухой сыворотки может вызывать желирование молочной основы или ухудшать стабильность сгустка. Рекомендованные методы обработки ЙГЛ описаны в работах [113, 785, 786,]. При использовании в производстве ЙГЛ лактулозы из-за активности β-галактозидазы [660] ее следует до-

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

бавлять после гидролиза лактозы. В работе [622] показано, что из сыворотки или обезжиренного молока можно изготовить алкогольный йогуртовый напиток с гидролизованной лактозой, используя для образования этилового спирта и молочной кислоты соответственно β-галактозидазу из *A. oryzae* и сквашивание с помощью *Zymomonas mobilis* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

К методам обработки для получения низкокалорийного йогурта с малым содержанием лактозы относятся:

- комбинация ультрафильтрации и гидролиза молока с помощью β-галактозидазы, что позволяет получить йогурт с содержанием лактозы менее 0,1 г/100 г [1–3, 488, 840, 784];
- производство йогурта хорошего качества только с *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* культивированием в гидролизованном молоке, обогащенном глюкооксидазой и перекисью водорода [851];
- использование препаратов β-галактозидазы из молочнокислых бактерий, а не дрожжей [505, 817, 823, 887, 940].

Таким образом, ясно, что йогурт может быть изготовлен из молока с гидролизованной лактозой, но особых оснований применять этот процесс в промышленном производстве нет, поскольку по сравнению с добавлением обычных подсластителей он пока недостаточно экономичен. Тем не менее в работе [820] сообщается о чистой экономии $0,0061 на один стаканчик (227 г) йогурта с гидролизованной лактозой типа «сандей» (сливочное мороженое с фруктами, сиропом, орехами, сбитыми сливками и т. п.). Подобные результаты получены также в [172]. Другой вариант снижения стоимости производства ЙГЛ — замена СОМ в молочной основе смесью сыворотки и казеинатов до гидролиза [928]. Возможно, привлекательным решением окажется использование иммобилизованных ферментов, но решающим фактором будут экономические показатели процесса.

5.7 Концентрированный или фильтрованный (процеженный) йогурт

5.7.1 Введение. Возможные наименования

Традиционно на Среднем Востоке кочевники готовили йогурт в кожаных бурдюках, в которых он и оставался вплоть до употребления. Пока йогурт находился в бурдюках, часть жидкости поглощалась кожей, часть же сыворотки просачивалась через кожу и испарялась. Так происходило концентрирование исходного продукта, и новый продукт называли концентрированным/фильтрованным йогуртом. Его сохраняемость была лучше, чем у обычного йогурта — в основном из-за более высокой концентрации молочной кислоты.

Свидетельства о производстве фильтрованного йогурта можно обнаружить во многих балканских странах, на востоке Средиземноморья, в Средней и Центральной Азии, а также на Индийском субконтиненте. В табл. 5.5 приведены наименования, под которыми этот продукт известен в различных странах.

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

Таблица 5.5. **Наименования концентрированного/фильтрованного йогурта в различных странах**

Традиционное название	Страна
Лабне, лабане, лебне, лабна	Восточное Средиземноморье
Тан, тхан	Армения
Лабан зеер	Египет, Судан
Страгисто, сакулас, цацики	Греция
Торба, сузме	Турция
Сюзьма	Россия
Масту, маст	Ирак, Иран
Баса, зимне, кисело, млеко-слано	Югославия, Болгария
Ититу	Эфиопия
«Греческий» йогурт	Великобритания
Чакка, шрикхэнда[a]	Индия
Имера[a]	Дания
Скира[a]	Исландия

[a] См. текст.

В настоящее время вместо кожаных бурдюков по гигиеническим соображениям широко используют мешки из ткани. В некоторых странах делаются попытки ввести стандартизацию, например в Ливане [48], Иордании [61, 425] и Саудовской Аравии [762–764], где установлено, что у лабне (см. табл. 5.5) должен быть определенный химический состав (по жиру, СВ и соли). Соль обычно служит вкусовой добавкой или консервантом; кроме того, она может также нейтрализовать кислый вкус продукта.

Лабне обычно едят с хлебом (как часть основного блюда), и возможность продвижения этого продукта в Европе и Северной Америке серьезно не рассматривалась. Популярными могут оказаться молочная паста, в которой лабне смешан со шнитт-луком (чесноком), или молочный десерт, полученный путем добавления к концентрированному продукту фруктов/ароматизаторов.

Для приготовления очень похожего индийского блюда, называемого *шрикхэнд*, используется чакка и сахар. В качестве вкусовых добавок используют мускатный орех и экстракт шафрана [328]. Подобные продукты, включая *имер* (датский кисломолочный продукт), по составу подобны *лабне* (табл. 5.6). Единственными явными отличиями является то, что чакка производится из молока буйволиц [114], а также то, что и датский, и индийский продукты производятся с помощью смеси штаммов мезофильных молочнокислых бактерий (см. раздел 5.5.3). Микрофлора *скира*, исландского концентрированного кисломолочного продукта, состоит из йогуртовой заквасочной культуры, *L. helveticus* и дрожжей, сбраживающих лактозу [865].

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

Таблица 5.6. **Химический состав (г/100 г) концентрированного/фильтрованного йогурта и родственных продуктов**

Страна/вид	СВ	Жир	Белок	Лактоза [а]	Зола	Источник
Ливан/лабне:						
коммерческий (n = 3)	22,1	9,0	но	но	но	[48, 864]
стандартный	26,0	10,0	–	–	–	[48]
Саудовская Аравия /лабне:						
коммерческий (n = 18)	22,9	7,6	9,6	3,8	1,2	[762–764]
стандартный	22,0	7,0	–	–	–	
Иордания/лабне:						
стандартный	23,0	9,0	–	–	–	[425]
США/лабне:						
экспериментальный (n = 3)	23,2	8,9	7,4	5,0	1,5	[289]
Великобритания/ «греческий йогурт»:						
коммерческий (n = 4)	24,1	10,2	6,2	6,6	0,9	[858]
экспериментальный (n = 4) [б]	24,7	11,5	8,7	3,8	0,7	[867, 869]
экспериментальный (n = 12) [в]	23,0	10,8	8,0	3,5	0,7	
Египет/лабне:						
экспериментальный	26,6	9,8	11,0	4,0	1,5	[401]
экспериментальный	26,1	10,0	10,3	3,6	1,1	
Греция/страгисто:						
коммерческий	22,4	10,7	8,2	но	1,7	[908]
Индия/чакка [г]	23,0	Сл.	14,0	3,3	2,2	[865]
Исландия/скир	20,9	0,4	15,8	3,6	1,0	
Великобритания/лабне анбарис	31,2	4,8	18,6	7,0	но	
Израиль/лабне анбарис	46,5	20,5	17,7	4,0	3,4	
Эфиопия/ититу	20,9	9,1	7,2	но	0,7	[464]

[а] В некоторых случаях содержание лактозы вычисляется как разность.

[б] Продукт изготовлен традиционным методом (мешок из ткани).

[в] Продукт изготовлен ультрафильтрацией теплого йогурта.

[г] Шрикхэнд изготовлен из чакки, подслащенной сахаром, и обогащен сливками [168, 676].

но — не определялось; «–» – не указано; Сл. — следы; n — количество исследованных проб

5.7.2 Способы производства

Традиционный способ получения продукта (в домашних условиях, в сельской местности и/или в малых масштабах) заключается в процеживании холодного и неподслащенного натурального (без добавок) йогурта с помощью мешка из ткани или кожи, а также с использованием керамической посуды [729, 864, 943, 950, 951]. В некоторых регионах лабне производится в широких масштабах с помощью мешков из ткани (вместимостью около 25 кг). Эти мешки укладывают один на другой, что способствует удалению сыворотки. Использование мешков из ткани по сравнению с производством в промышленных масштабах требует много времени, трудоемко, негигиенично, громоздко и малопроизводительно из-за того, что часть продукта остается в

БИФИЛЮКС™ необогащенные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

мешках [288, 858]. Для производства фильтрованного йогурта в больших масштабах используют следующие способы:

- с применением тканевого мешка или по системе Бержа (Berge);
- с применением механических сепараторов;
- с использованием ультрафильтрации;
- из рекомбинированного молока.

5.7.2.1 Использование тканевого мешка или по системе Бержа

Холодный цельный перемешанный йогурт (натуральный/без наполнителей) помещается в мешки из ткани вместимостью около 25 кг. Мешки укладываются один на другой в вертикальный пресс, расположенный в охлаждаемом помещении. Для облегчения удаления сыворотки прикладывается давление (на 12–18 ч). Это время можно уменьшить, увеличив давление до 2 кг/кг йогурта. Лабне готов к расфасовке после прессования в течение 6 ч [13]. Другой вариант предполагает применение длинного горизонтального тканевого фильтра, длинные стороны которого поддерживаются шестами и могут медленно колебаться вверх и вниз. При этом прикладывается боковое давление. Этот метод концентрирования йогурта известен как модифицированная система Бержа и был разработан во Франции в 1960-е гг. для производства творога [157, 554, 891].

Предварительные исследования влияния использования различных штаммов йогуртовых заквасок на скорость выделения сыворотки были впервые опубликованы в работах [855, 857] и [864]. Авторы пришли к выводу, что штаммы, продуцирующие экзополисахариды (ЭПС), не пригодны, поскольку при их использовании для удаления сыворотки требуется длительное время. Лучший лабне был получен из йогурта с содержанием СМО 16 г/100 г (см. также [339, 370, 448]. В работе [32] показано, что у традиционного лабне, изготовленного из свежего молока, органолептические показатели были лучше, чем у подобного же продукта, полученного из восстановленного молока или сквашенной пахты. При производстве чакки или шрикхэнда потери жира с сывороткой были сведены к минимуму с помощью гомогенизации молочной основы перед сквашиванием [254, 679] или путем использования для концентрирования менее 3 л сквашенного молока [713]. В работе [716] описано получение шрикхэнда из снятой чакки, где для уменьшения потерь жира добавляли сливки и сахар. В работах [168] и [169] описано обогащение продукта железом.

Различные способы производства продуктов типа лабне могут включать:

- использование специально сконструированной тары, в которой сыворотка вытекает из йогурта и собирается на дне пластикового стаканчика [355, 906]; эта система показана на рис. 5.4;
- использование йогурта пониженной жирности с высоким содержанием СВ, который может быть смешан со сливками и фруктовым пюре [205];
- использование для концентрирования йогурта вакуумной фильтрации [28].

5.7.2.2 Применение механического сепаратора

В работе [237] описано получение лабне из нагретого йогурта центрифугированием в течение 5 мин при различных скоростях; органолептически все эти йогурты были по-

добны контрольным образцам, полученным в тканевых мешках (см. также [285]. Производство лабне в Саудовской Аравии в промышленных масштабах с помощью сепараторов рассмотрено в работах [762–764].

Для изготовления йогурта должно использоваться обезжиренное молоко. Сквашенное молоко интенсивно перемешивают, подвергают тепловой обработке примерно при 60 °С, фильтруют для удаления больших комков, охлаждают примерно до 40 °С, концентрируют до содержания СВ 18 г/100 г, охлаждают примерно до 15 °С, а затем смешивают со сливками или фруктами (что не обязательно) и фасуют. Этот процесс описан также в работах [192, 375, 541, 636, 717]. Типичный пример приведен на рис. 5.5.

Если вместо обезжиренного используется цельное молоко, то сопла сепаратора могут закупориться. Известны разработки сепараторов, позволяющие для получения концентрированного йогурта использовать сквашенное цельное молоко [541]. После сквашивания молоко обрабатывают, как было описано выше, но перед сепарированием его в течение15–20 минут деаэрируют, что способствует отделению сыворотки в сепараторе. Типичный химический состав концентрированного йогурта (г/100 г): сухие вещества — 24, жир — 9,6; состав сыворотки: СВ (в основном лактоза и минеральные вещества) — 6,1 и жир — около 0,5.

В работе [477] сообщается, что различия в составе между фильтрованным йогуртом и полученным с помощью сепараторов можно объяснить структурными изменениями, возникшими при сквашивании молока (при быстром и медленном сквашивании с помощью термофильных и мезофильных заквасок соответственно). Отмечены также различия в выходе и степени использования СВ молока при производстве йогурта из козьего и коровьего молока (см. [716]). В работе [483] описан процесс по-

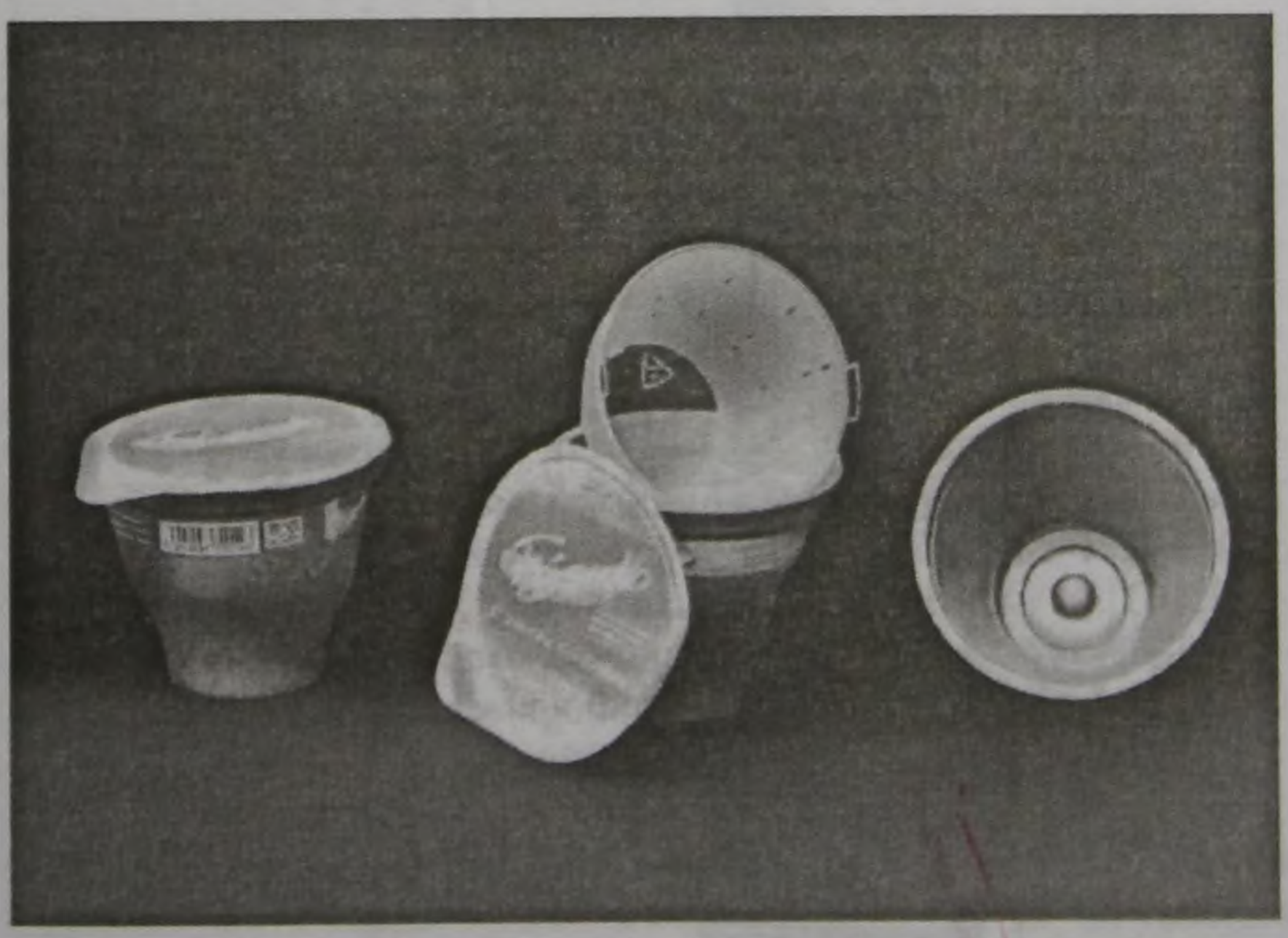


Рис. 5.4. Специальная тара для концентрирования продукта при хранении и реализации в торговой сети

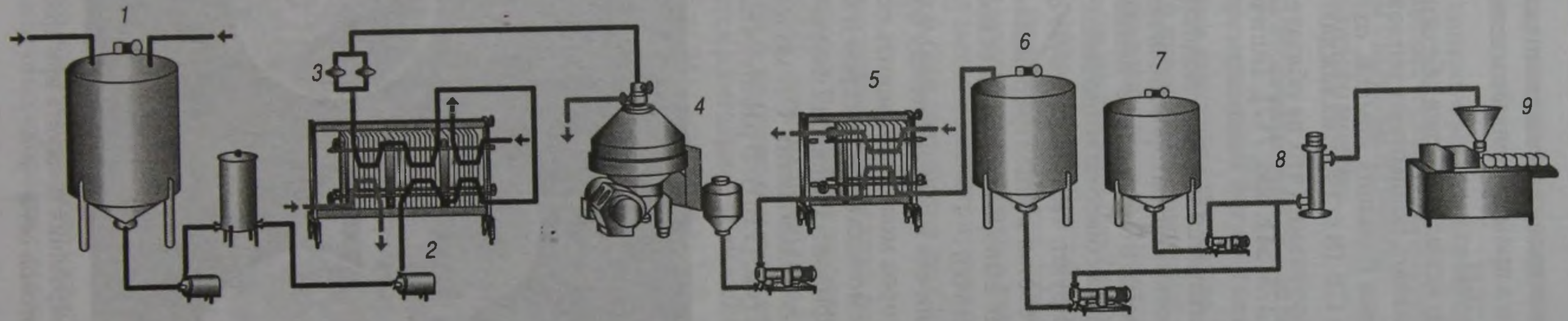


Рис. 5.5. Схема производства фильтрованного йогурта с помощью механического сепарирования

1 — резервуар для сквашивания; *2* — пластинчатый теплообменник для тепловой обработки; *3* — система фильтрации; *4* — сепаратор; *5* — пластинчатый охладитель; *6* — промежуточный резервуар; *7* — резервуар для сливок; *8* —смесительный аппарат (мешалка, миксер); *9* — разливочная машина (фасовочный автомат)

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing system Division) A/B*, Швеция

лучения лабне, в котором йогурт смешивают с рассолом (3–12 г соли на 100 г) в количестве 25–100% объема и смесь концентрируют с помощью центробежного сепаратора.

В Эфиопии для получения продукта под названием «ититу» [160, 464]) сыворотку, выделяющуюся из молока, скоагулировавшего «при копчении» в деревянном сосуде, постепенно удаляли деревянной пипеткой. После удаления сыворотки горфу наполняли свежим молоком для продолжения непрерывного сквашивания. У концентрированного продукта срок хранения составлял два месяца без охлаждения. Роль процесса копчения точно не установлена, но подобный эффект был описан в [495] при получении продукта «ириа ри матии» (кенийский кисломолочный напиток в копченых сосудах из тыкв). Подобным образом, несильно нагрев йогурт и дав сыворотке стечь, можно получить концентрированный йогурт [717]. Этот способ сходен с традиционным способом получения имера (датского концентрированного кисломолочного продукта).

5.7.2.3 Использование ультрафильтрации

Для получения лабне используются два способа ультрафильтрации (УФ): УФ исходного молока с последующим сквашиванием УФ-ретентата с содержанием СВ, необходимым для конечного продукта, и УФ сгустка при 40 °С для получения концентрата с содержанием СВ около 24 г / 100 г. При использовании первого способа [5, 289, 292, 401, 402, 421, 908] УФ-ретентат можно сквашивать в потребительской таре (так же, как при получении натурального густого йогурта), и плотность продукта будет значительно больше по сравнению с плотностью подобного продукта, полученного традиционным способом (с использованием тканевых мешков) или путем ультрафильтрации подогретого йогурта [867]. В работах [678] и [790, 791] описано получение чакки и шрикхэнда методом ультрафильтрации. Продукт был высоко оценен, причем по сравнению с традиционным методом его выход был на 23% выше.

По данным [735, 858, 912], для получения больших объемов фильтрованного йогурта имеется широкая гамма УФ-установок. На рис. 5.6 приведена схема типичного процесса производства.

По данным поставщика, процесс выглядит следующим образом. Нормализованное молоко (СМО 12,5 г/100 г, жир 3,5 г/100 г) предварительно нагревают до 60 °С, гомогенизируют при 14,7 МПа, нагревают в пластинчатом теплообменнике (ПТО) до 95 °С и перед охлаждением до 40–45°С в регенерационной секции ПТО выдерживают 5 мин в резервуаре. После сквашивания теплый йогурт нагревают в ПТО в течение 3 мин при 58–60 °С, охлаждают до 40 °С, концентрируют в УФ-установке (2–4 ступени), охлаждают в пластинчатом охладителе примерно до 20 °С и расфасовывают. Степень концентрирования при использовании четырехступенчатой установки можно отрегулировать для получения СМО 14, 16, 19 и 22 г/100 г. При ультрафильтрации наиболее высокая скорость потока наблюдалась при температуре ≥ 50 °С, но общее количество жизнеспособных микроорганизмов йогуртовой закваски было ниже, чем в лабне, подвергнутом УФ при температуре ≥ 45 °С [869]. В работах [115, 116] сообщается, что УФ при повышенных температурах (> 45 °С) увеличивает скорость засорения УФ-мембран, а это при больших масштабах может тормозить процесс производства, поскольку оборудование необходимо чаще промывать. Можно

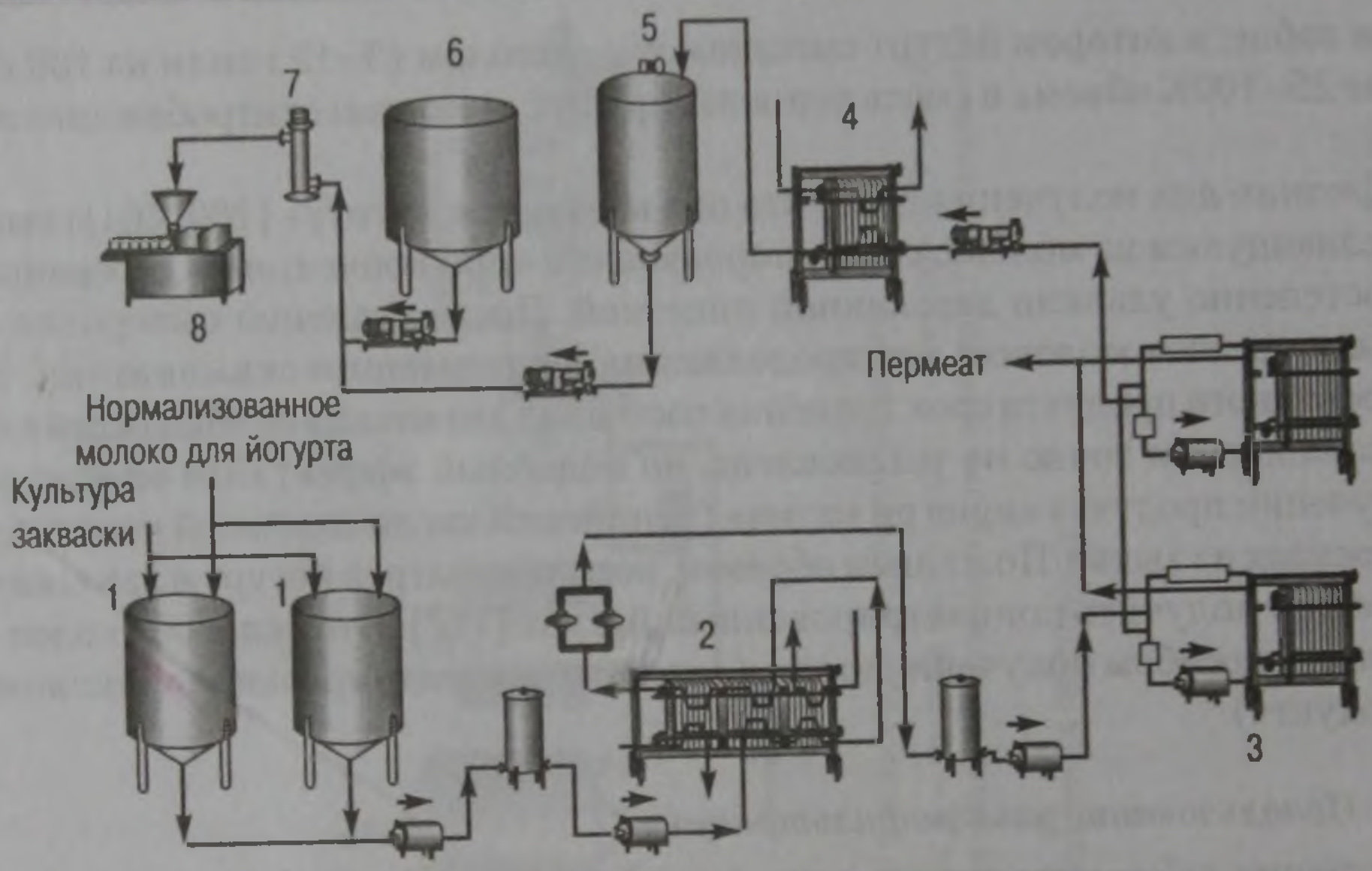


Рис. 5.6. Схема производства фильтрованного йогурта с помощью ультрафильтрации

1 – резервуар для сквашивания; *2* – пластинчатый теплообменник; *3* – 2–4 ступенчатая УФ установка; *4* – пластинчатый охладитель; *5* – буферный резервуар; *6* –резервуар для фруктового наполнителя; *7* – смесительный аппарат (мешалка, миксер) для смешивания в потоке; *8* –фасовочная машина.

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing system Division) A/B*, Швеция.

рекомендовать проводить УФ йогурта при 45–50 °С, так как при этой температуре лабне может быть получен в кратчайшее время и его плотность оказывается такой же, как и у традиционного лабне [869].

В работах [754, 755, 792, 793] всесторонне изучалась ультрафильтрация нагретого (около 50 °С) ферментированного и коагулированного обезжиренного молока с помощью различных УФ-установок для получения мягкого творога высокого качества. Было отмечено, что концентрация L(+)– и D(–)– молочной кислоты в продукте зависит от многих факторов: типа закваски, вида молока и способа концентрирования (УФ или традиционный) [26].

5.7.2.4 Способ производства рекомбинированного йогурта

Фильтрованный йогурт можно получать путем составления его из молочных ингредиентов [858]. Процесс включает разведение сухого молока в воде и смешивание его с обезвоженным молочным жиром, стабилизатором (например, *Cremodan Mousse* 31, производитель – *Danisco Ingredients (U.K.) Ltd.*) и солью (не обязательно). Дальнейшая обработка восстановленного молока ведется так же, как при получении йогурта из натурального молока. После сквашивания продукт предварительно охлаждают примерно до 20 °С, расфасовывают и в холодильной камере выполняют заключительное охлаждение до 5 °С. Типичный состав фильтрованного йогурта (г/100 г):

- жирный: жир 10; СОМО 14,8; соль 0,5; стабилизатор 0,8; СМО 26,1;
- с пониженной жирностью: жир 4,2; СОМО 17,4; соль 0,5; стабилизатор 0,9; СМО 23,0.

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

Как будет показано ниже, реологические свойства восстановленного лабне будут отличаться от свойств лабне, изготовленного традиционным способом или из УФ-ретентата.

5.7.3 Влияние различных факторов на свойства продукта

Помимо способов производства, на качество фильтрованного йогурта могут влиять самые разные факторы.

Плотность лабне (полученного с помощью ультрафильтрации или традиционным способом) из козьего или овечьего молока ниже, чем плотность продукта из коровьего молока [555, 556]. Выход фильтрованного йогурта уменьшается в зависимости от вида молока в следующей последовательности: овечье, козье, коровье [337]. В Индии выход чакки наиболее высок для молока буйволиц (26,2%) и наиболее низок для коровьего молока (24%) [842].

В работе [519] для получения чакки с определенным стандартизованным составом настоятельно рекомендуется нормализация молочной основы (молоко коровье или буйволиц). Этот подход применим и к продуктам типа лабне. Для производства лабне и чакки успешно применяются пахта или концентраты белков сыворотки (КБС) [32, 291, 463, 557]. Для улучшения консистенции чакки можно как добавку использовать желатин (но не альгинат натрия) [20, 21, 255], аналогично действует *Gelodan SB* 253, низин и/или ЭПС-закваска вида *Leuconostoc* [768, 769].

Хотя закваска, используемая для сквашивания молока при получении лабне, должна состоять из *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, в Индии для производства чакки широко используют мезофильные молочнокислые бактерии. В работе [677] рекомендуется использовать йогуртовые закваски, поскольку при этом продолжительность сквашивания уменьшается на 4–6 ч; добавление диацетила (10 мкг/г) улучшает вкус продукта (см. также [450, 482, 684]. Подобный результат (уменьшение продолжительности сквашивания) получен при использовании комбинированной закваски из *S. thermophilus* и *L. acidophilus* [842, 843, 846]. В работах [713, 714] показано, что самый высокий выход продукта и наилучшие органолептические свойства наблюдались в чакке, изготовленной из молока, сквашенного *Lac. lactis* подвида *cremoris*. Лабне, изготовленный с *B. bifidum*, был отвергнут дегустационной комиссией из-за высокого содержания в нем уксусной кислоты [555, 556]. В работах [12] и [40] сообщается об использовании при изготовлении лабне различных комбинаций заквасок. Так, в [290] описано получение удовлетворительного лабне с использованием *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в комбинации с *Enterococcus faecalis*.

Термообработка шрикхэнда при 70 °С в течение 5 мин увеличивает срок хранения продукта до 15 суток при 36 °С или > 70 дней – при температуре <10 °С [699–701]. Индийский лабне в таре, покрытый слоем соевого масла, через 30 суток хранения при комнатной температуре остается удовлетворительным [382]. Подобный метод используется на Среднем Востоке для сохранения *лабне анбарис* (см. раздел 5.7.5). Другие варианты получения фильтрованного йогурта могут включать гидролиз лактозы молочной основы [856, 857, 864], замену молочного жира растительными маслами [386, 849], добавление фруктов [138], прямое сквашивание молока [424], газирование молока для получения геля вместо сквашивания или ферментативной коагуля-

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

ции [201]. В работах [364, 365] для использования удаляемой из лабне сыворотки было предложено получать из нее уксусную и пропионовую кислоту (см. также [112].

Лечебные и питательные свойства фильтрованного йогурта могут быть подобны свойствам обычного йогурта или даже несколько лучше. В работах [132] и [768] сообщается об антибактериальном действии индийских кисломолочных продуктов относительно широкого спектра патогенных микроорганизмов. Исследование рынка в Египте показало, что лабне содержит различные количества витаминов В-комплекса, а именно (мкг/100 г): ниацин — 93,2–184, биотин — 1,3–2,6, витамин B_6 — 23,5–36,1, витамин B_{12} — 0,21–0,29 и фолиевую кислоту — 3,7–5,2). Добавление к йогуртовой закваске пропионовых бактерий увеличивает содержание в лабне витамина B_{12} и фолиевой кислоты на 210% и 25% соответственно. При этом хранение лабне при 6 °С в течение 10 дней не оказывает заметного влияния на содержание этих витаминов [485; см. также 292].

В конечном итоге микробиологические свойства любого типа фильтрованного кисломолочного напитка зависят от уровня гигиены производства и применяющегося способа производства. Так, в работах [528, 529] сообщается, что малое содержание молочнокислых бактерий в фильтрованном йогурте предполагает, что перед концентрированием йогурт подвергался термообработке, а содержание дрожжей и плесеней и общее количество колоний составляли соответственно < 25 кое/г и до $6{,}8 \times 10^5$ кое/г. В работе [939] сообщается, что в традиционном иорданском лабне, полученном от 18 молокозаводов, средние значения количества психротрофных и мезофильных микроорганизмов составляли $2{,}6 \times 10^6$ и $4{,}4 \times 10^6$ кое/г соответственно. Эти количества увеличились после 14 суток хранения при 7 °С до $1{,}1 \times 10^7$ и $1{,}4 \times 10^7$ кое/г соответственно (см. также [612]). В работах [900, 901] показано наличие положительной корреляции между химическими изменениями и количеством микроорганизмов в шрикхэнде с одной стороны, и сенсорной оценкой свежих проб и проб после хранения, с другой. В некоторых случаях при производстве фильтрованного йогурта молоко может быть загрязнено нежелательными компонентами. Например, наличие в молоке радиоактивного йода-131 (до 6–12 килобеккерель/кг, что эквивалентно дозе, полученной греками во время Чернобыльской аварии) снижало количество молочнокислых бактерий в фильтрованном йогурте на 45% [919]. В работе [384] сообщается, что 70% афлатоксина M_1, присутствовавшего в молоке, обнаруживается и в лабне, поскольку этот потенциальный гептоканцероген связывается с казеиновой фракцией продукта.

5.7.4 Микроструктура

Микроструктура лабне (рис. 5.7), изготовленного из коровьего молока с помощью традиционного метода (с использованием тканевых мешков), сквашивания УФ-ретентата или путем ультрафильтрации нагретого йогурта, и результаты гомогенизации этих продуктов пропусканием через структуризатор молочного сгустка впервые были описаны в работе [866].

Было показано, что:

- сканирующая электронная микроскопия при небольшом увеличении делает заметным отсутствие влияния обработки на микроструктуру лабне, но в некоторых неоднородных образцах небольшие комки «пушистых» (ворсинчатых) бел-

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

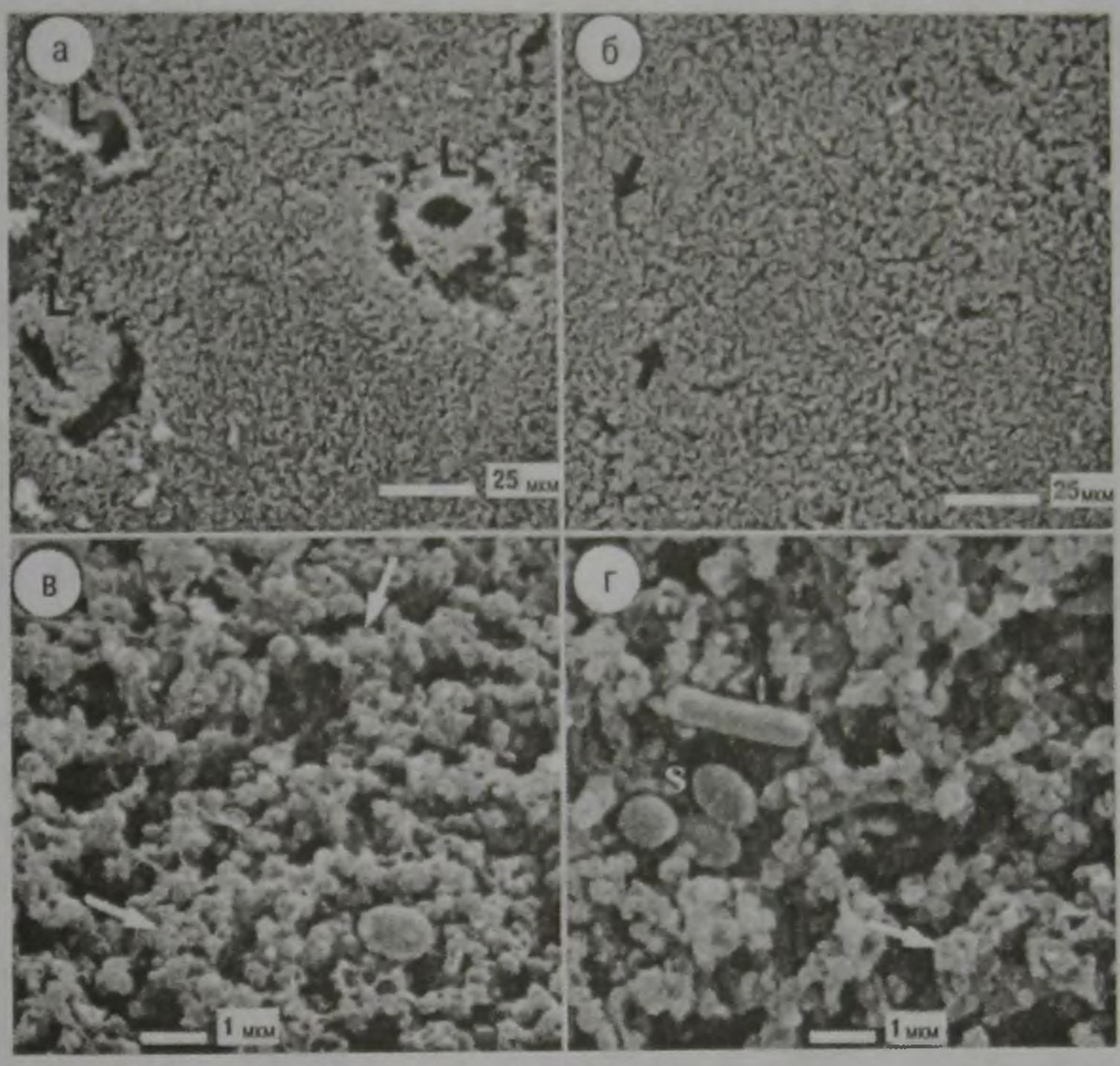


Рис. 5.7. Микроструктура (СЭМ) лабне, полученного с помощью ультрафильтрации, при небольшом увеличении до (а) и после (б) прохождения через структуризатор молочного сгустка.

а – небольшие полые белковые агрегаты; б – черные стрелочки указывают на «пушистые» (ворсинчатые) области после гомогенизации (smoothing); в и г – традиционный лабне (полученный с использованием тканевых мешков) при большем увеличении до (в) и после (г) прохождения через структуризатор; заметно отделение «пушистых» областей (белые стрелочки); L – лактобациллы; S – стрептококки.

По [866]. Воспроизведено с разрешения *Scanning Microscopy International*.

ковых агрегатов оказываются полыми и исчезают после гомогенизации (рис. 5.7, а и б);

- при сильном разрешении СЭМ заметно, что микроструктура всех образцов лабне состоит из цепей казеиновых частиц и скоплений (кластеров), различия между образцами незначительны, а гомогенизированные образцы имеют несколько менее компактные и более открытые матрицы (возможно, благодаря образованию более крупных пор в результате механического действия структуризатора) (рис. 5.7, в и г);
- исследование всех образцов лабне при помощи ТЭМ (трансмиссионной электронной микроскопии) показывает наличие цепи агломерированных (объединенных) казеиновых частиц и жировых шариков; после прохождения через структуризатор цепи оказываются короче и, кроме того, имеются некоторые свидетельства слияния казеиновых мицелл.

В [868] показано, что при температуре ультрафильтрационной обработки 35–55 °С увеличиваются размеры казеиновых частиц, образующих белковую матрицу лабне (рис. 5.8).

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

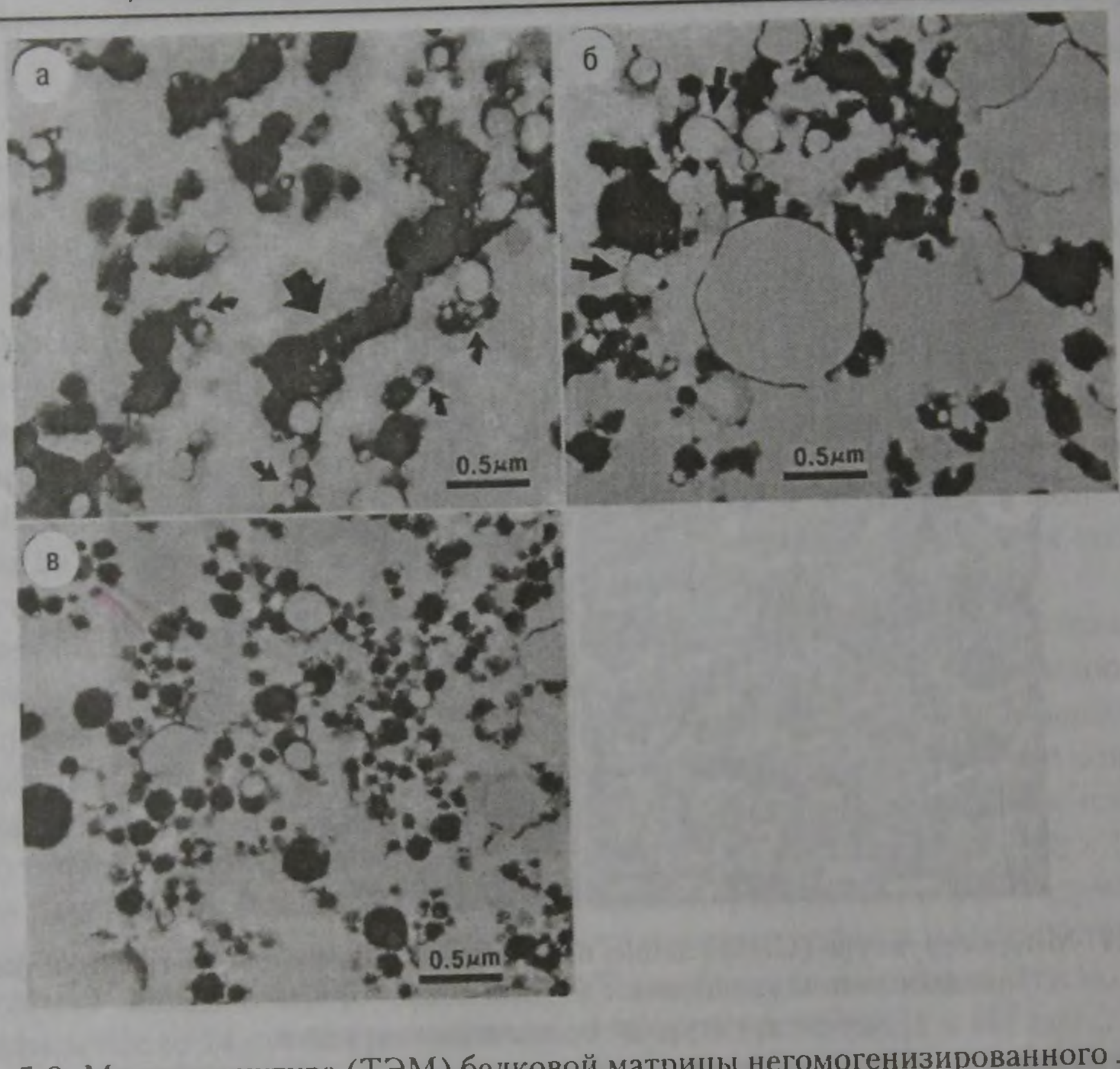


Рис. 5.8. Микроструктура (ТЭМ) белковой матрицы негомогенизированного лабне, полученного с помощью ультрафильтрации

а — концентрированного при 55 °С (белковая матрица (большая стрелка) и небольшие жировые шарики (маленькая стрелка) внедренные в казеиновые мицеллы); б — негомогенизированный лабне, полученный с помощью ультрафильтрации и концентрированный при 35 °С (стрелки указывают на объединения жировых шариков с цепью казеиновых частиц); в — негомогенизированный традиционный лабне

По [868]. Воспроизведено с разрешения *Scanning Microscopy International*.

Концентрирование йогурта при 55 °С ведет к образованию более сложных мицелярных цепей по сравнению с более простой структурой цепей в лабне, сконцентрированном при помощи ультрафильтрации при 35 °С или в традиционном продукте. Гомогенизированные продукты оказываются белее — возможно, из-за формирования отростков на поверхности казеиновых частиц [637, 638]. Лабне, полученный из козьего или овечьего молока, подобен продукту, полученному из коровьего молока, но менее однороден [870] (рис. 5.9).

Как уже отмечалось, для получения лабне используют различные способы. В работах [670, 671] приведена оценка реологических свойств продуктов, полученных следующими способами:

- традиционный способ удаления сыворотки из обычного цельного йогурта через мешок из ткани;
- концентрирование цельного молока ультрафильтрацией или методом обратного осмоса до СМО 23 г/100 г до сквашивания;

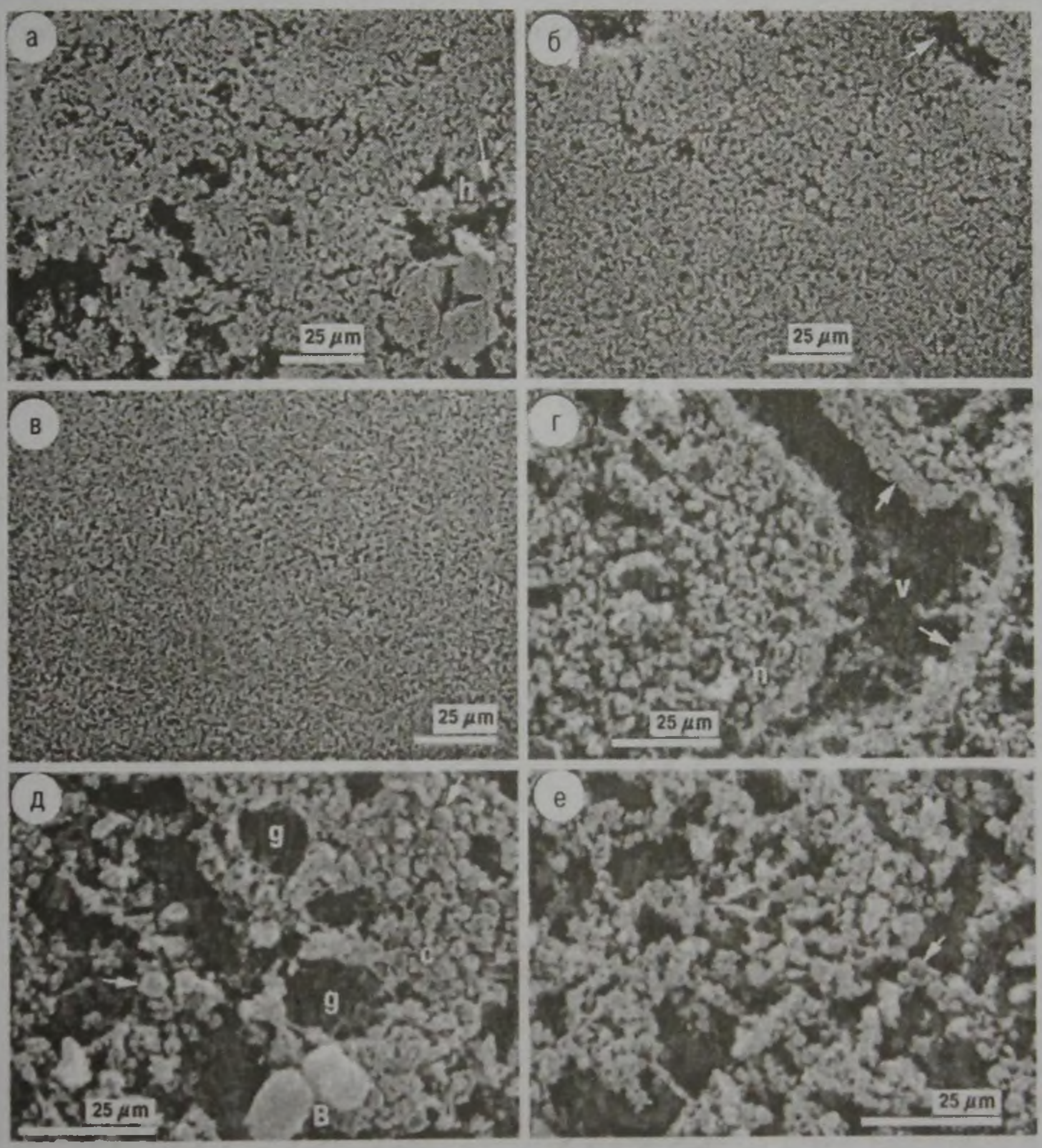


Рис. 5.9. Микроструктура негомогенизированного лабне, изготовленного из козьего молока при помощи ультрафильтрации, содержала полости (а, стрелки)

Овечье молоко (б) было более однородным, а коровье молоко (в) имело однородную структуру. В овечьем лабне (г) видны остатки мембран жировых шариков (звездочки); компактные белковые частицы (стрелки) образуют в матрице стенки небольших пустых зон (v). На снимке (д) приведено изображение гомогенизированного козьего лабне, изготовленного традиционным способом, а на снимке (е) — при помощи ультрафильтрации; g — жировой шарик; B — бактерия; c — компактные казеиновые скопления (кластеры); стрелки указывают на большие казеиновые мицеллы с гладкой поверхностью.

По [868]. Воспроизведено с разрешения *Scanning Microscopy International*.

- концентрирование жирного йогурта (СОМО 14–16 г/100 г) ультрафильтрацией или методом обратного осмоса до СМО 23 г/100 г;
- восстановление сухого цельного молока для получения молочной основы, предназначенной для сквашивания (СМО 23 г/100 г);
- комбинированная обработка, которая может включать, например, концентрирование йогурта из обезжиренного молока с помощью УФ и добавление сливок для получения необходимой жирности.

Таблица 5.7. **Химический состав (г/100 г) некоторых образцов лабне, изготовленного различными способами[a]**

Способ	СМО	Белок	Лактоза	Жир	Зола
Традиционный	23,3	8,0	5,2	9,2	0,8
Ультрафильтрация (до сквашивания)	22,4	8,3	5,2	8,2	0,8
Ультрафильтрация (йогурта)	22,6	8,1	5,5	8,5	0,9
Обратный осмос (до ферментации)	23,2	6,8	9,0	6,3	1,1
Обратный осмос йогурта	22,2	6,4	8,8	6,6	1,0
Непосредственное составление продукта из отдельных ингредиентов (рекомбинирование)	22,5	6,4	8,7	6,1	1,3

[a] Данные приведены в тексте.
По [670].

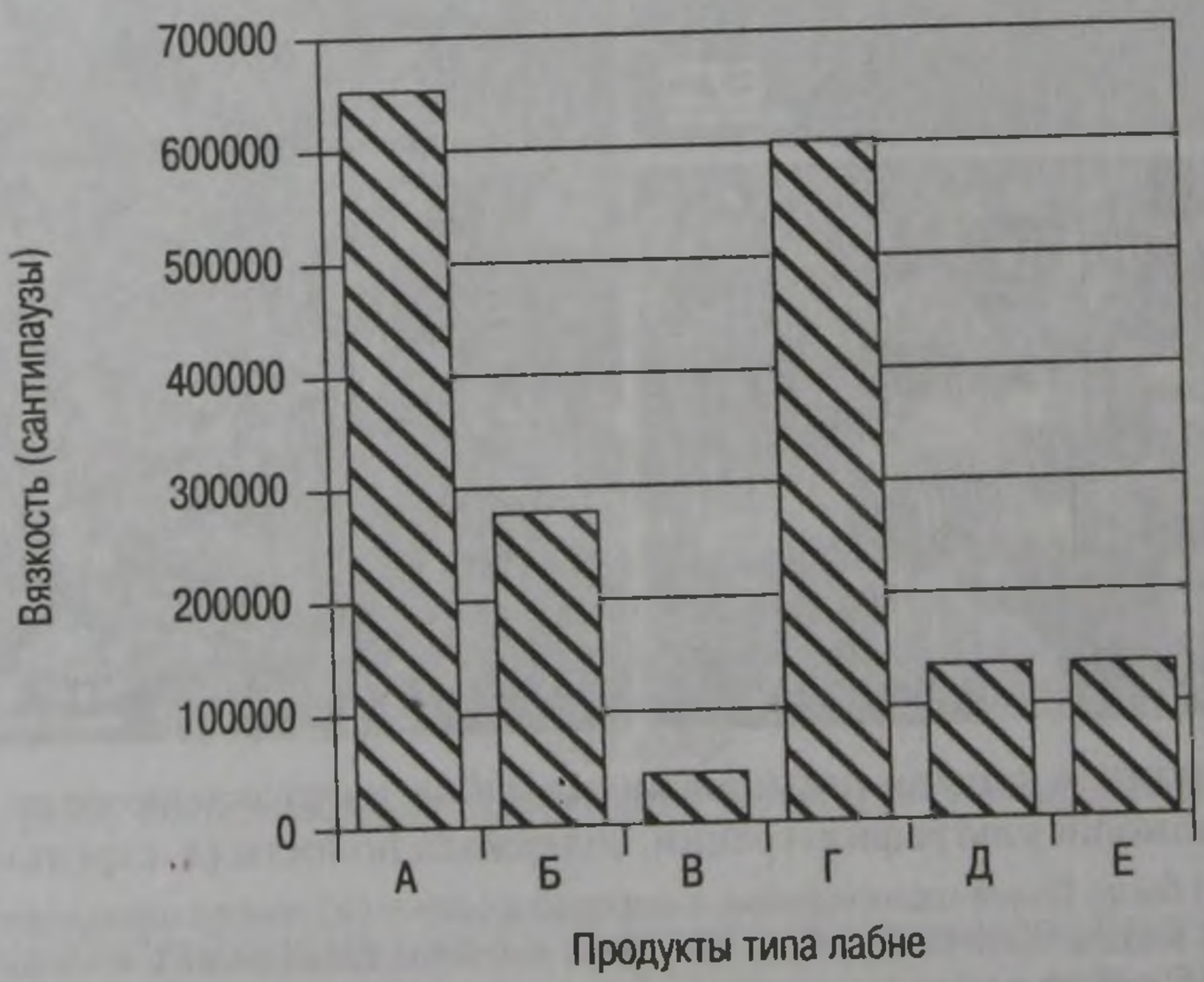


Рис. 5.10. Значения вязкости в исследуемых образцах лабне после хранения при 4 °С в течение ночи. Результат — среднее из трех параллельных испытаний

А — традиционный метод; Б — ультрафильтрация йогурта; В — метод обратного осмоса йогурта; Г — ультрафильтрация до сквашивания; Д — метод обратного осмоса до ферментации; Е — непосредственно составление продукта из ингредиентов.

По [670]. Воспроизведено с разрешения *International Journal of Dairy Technology*.

Конкретный выбор системы будет влиять и на химический состав, и на физические свойства конечного продукта; некоторые типичные значения приведены в табл. 5.7.

Связь между содержанием белка в продукте и его вязкостью видна из рис. 5.10. Тем не менее, очевидно, что физические свойства продукта зависят не только от содержания белка. Хотя в традиционном лабне меньше белка, чем в продукте, получен-

ном ультрафильтрацией йогурта, его вязкость в два раза больше, чем вязкость лабне, полученного из молока, прошедшего ультрафильтрацию. В работах [670, 671] было высказано предположение, что эти вариации являются отражением структурных отличий между гелями, которое в определенной степени подкрепляется некоторыми реологическими исследованиями (выполненными с помощью реометра с регулируемым давлением).

Если под воздействием экспериментальных нагрузок структура традиционного лабне совсем не изменялась, то все остальные образцы продемонстрировали некоторую степень нестабильности. Наиболее близким по структуре к традиционному продукту оказался лабне, полученный с помощью ультрафильтрации перед сквашиванием. Это подтверждает вывод [866, 867] о том, что для изготовления лабне ультрафильрация является прекрасной альтернативой применению тканевых мешков.

5.7.5 Родственные йогурту продукты

Концентрированный/фильтрованный йогурт (лабне) иногда используют как сырье для производства некоторых традиционных молочных продуктов, популярных на Среднем Востоке. В основном процесс их изготовления включает более полное выделение сыворотки из концентрированного йогурта, а в некоторых случаях — даже сушку конечного продукта (см. раздел 5.9). Эти традиционные продукты производят из излишков молока весной и летом, а используют зимой. Примерами таких продуктов служат *лабне анбарис* и *шанклиш* (или *шанкалиш*).

5.7.5.1 Лабне анбарис

Этот вид концентрированного йогурта имеет СМО от 30 до 40 г/100 г [860], а в некоторых случаях даже выше [740] (см. также табл. 5.6). Традиционный процесс начинается с лабне (СМО 24 г/100 г), и конечный продукт формуется в виде шариков и частично высушивается на солнце. Другой вариант — это длительное прессование для еще более полного удаления сыворотки (рис. 5.11) [396], а затем формовка в шарики; при использовании этого метода для получения фильтрованного йогурта с высоким содержанием сухих веществ можно свести к минимуму обсеменение его микроорганизмами.

Готовые шарики помещают в керамические сосуды или стеклянные банки и консервируют в оливковом масле (рис 5.12). В регионах, где коровье молоко заменяют козьим и/или овечьим, вкус конечного продукта гораздо более резкий.

Если продукт погружен в оливковое масло, срок его хранения при комнатной температуре составляет около 12–18 месяцев. В работе [860] описано консервирование *лабне анбарис* с помощью сорбата калия (0,1 г/100 г) или нагреванием продукта в масле в течение 55 мин при 65 °С. Через год хранения при 20 °С количество микроорганизмов в контрольном образце (без обработки) и в продукте с сорбатом калия и термообработанных продуктах составило соответственно:

- общее количество жизнеспособных микроорганизмов (не молочнокислых бактерий) $3{,}0 \times 10^4$, $4{,}5 \times 10^3$ и $2{,}0 \times 10^2$ кое/г;
- дрожжи и плесени — $>1{,}0 \times 10^3$ кое/г в контрольном образце и отсутствие роста при десятикратном разведении в тестировавшихся продуктах;

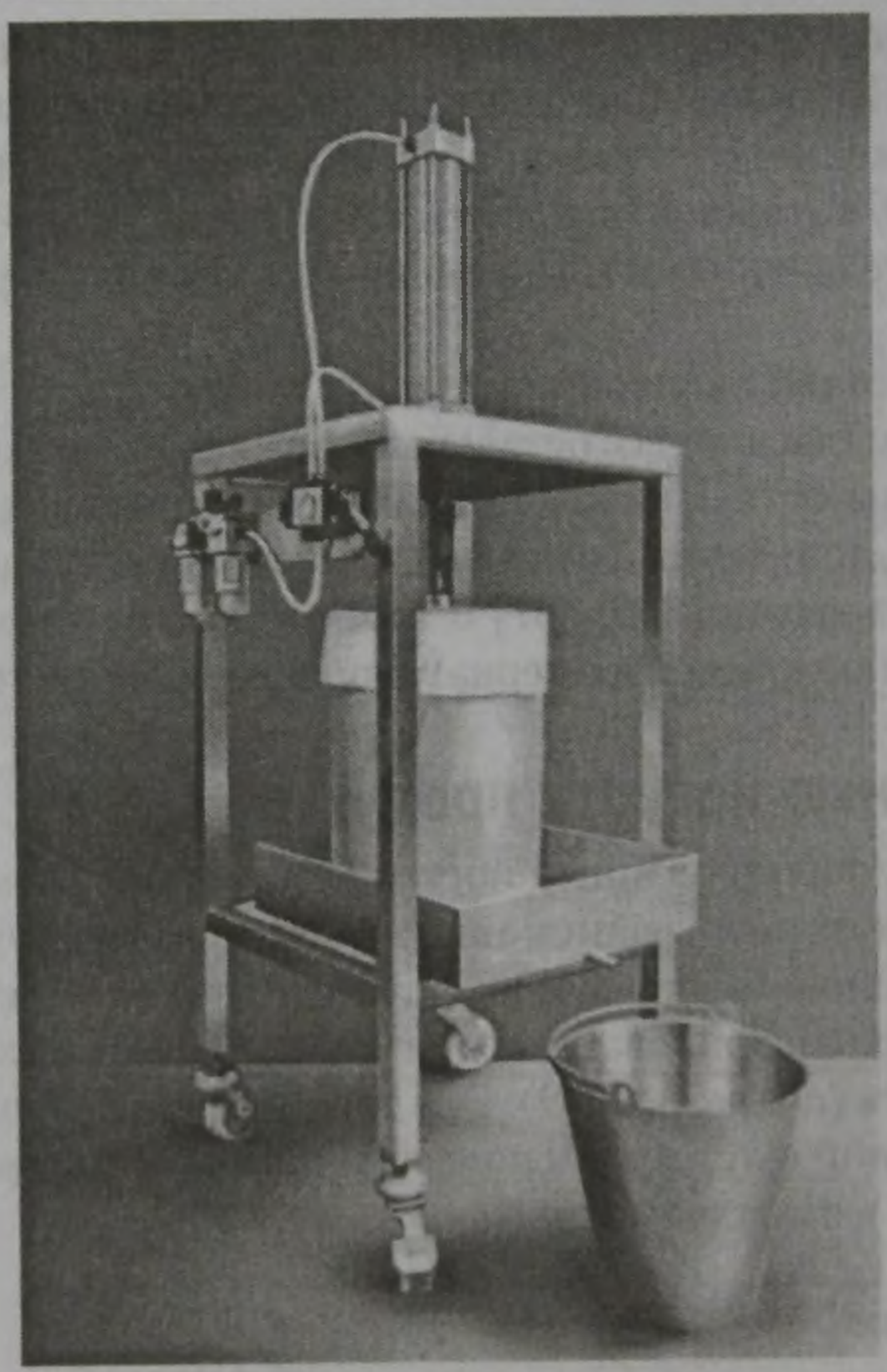


Рис. 5.11. Вертикальный пресс для получения *лабне анбарис* или йогуртового сыра в малых масштабах

Рис. 5.12. Лабне анбарис, консервированный в оливковом масле

- коли-формы не были обнаружены ни в одном из образцов.

Консистенция данного продукта напоминает творог, и в работе [243] сообщалось об аналогичном продукте под названием «йогуртовый сыр». Типичный процесс получения «йогуртового сыра» выглядит так: нагревают молоко (цельное или обезжиренное) до 70 °С, затем охлаждают до 46 °С, добавляют йогуртовую закваску и осторожно перемешивают. Затем дают молоку охладиться до 30 °С без перемешивания, добавляют другие ингредиенты (аннато, сычужный фермент и закваску, состоящую из *Lac. lactis* подвида *lactis* и подвида *cremoris*), перемешивают 2–3 мин, а через 2–3 ч разрезают сгусток на крупные куски (2–3 см). Далее сгусток подвергают самопрессованию (под действием силы тяжести) в мешке из грубой ткани, дают сыворотке стечь в течение суток при 20–25 °С и переносят сгусток в чистый тканевый (полотняный) мешок. Затем его подвешивают для дальнейшего стекания сыворотки в течение суток при 5–10 °С, после чего смешивают сгусток с сорбатом и солью (не обязательно), расфасовывают и хранят в охлажденном виде.

Типовой состав (г/100 г) йогуртового сыра приведен в следующей таблице.

Продукт	СМО	Белок	Жир	Лактоза	pH
Экспериментальный	40	15,0	17,2	5,5	3,8
Продаваемый в Катаре	–	20,0	22,0	7,6	3,95

«–» – не определяли.

При активности воды в пробе ($A_в$) 0,85, содержании соли 1,0 г/100 г и pH 3,8 неудивительно, что продукт был микробиологически стабильным. Единственной реальной проблемой может быть рост плесени на поверхности продукта, но его предотвращают тем, что создают анаэробные условия, покрывая поверхность продукта оливковым маслом.

В Польше предварительно сконцентрированное молоко (например, до 30–40 г СВ/100 г) используется для получения продукта, называемого *суперйогурт*. Такой подход может помочь решить гигиенические проблемы, связанные с использованием полотняных мешков. В США был разработан кисломолочный продукт Йочиз *YoCheese* (йо(гурт) + чиз (сыр)), сочетающий свойства творога (мягкого сыра) и йогурта [933]. В Японии для получения йогуртового сыра к мягкому сыру (аналогичному по виду сливочному сырку или мягкому твороту, *кваргу*) добавляют йогурт, полученный с помощью *S. thermophilus, L. acidophilus* и *Bifidobacterium* [103].

5.7.5.2 Шанклиш (шанкалиш)

Получают *шанклиш* примерно так же, как и *лабне анбарис*. Отличия заключаются в следующем:

- *шанклиш* получают или из нежирного йогурта, или из сквашенной пахты (побочного продукта производства *ги*, топленого масла);
- в *шанклиш* добавляют травы и/или специи, например, тимьян (чабрец);

Таблица 5.8. **Примерный химический состав (г/100 г) образцов традиционного и экспериментального *шанклиша***

Вид продукта	Влага	Белок	Жир	Лактоза	Зола	Источник
Традиционный						
	30,0	–	12,3[a]	–	–	[301]
	44,0	35,0	5,6	3,0	12,2	[236]
Экспериментальный						
коровий	59,8	33,0	2,0	2,3	2,0	
козий	58,9	31,4	4,0	2,6	3,1	[892]
овечий	56,0	32,2	6,1	2,8	3,0	

[a] Содержание жира вычисляется по приведенному содержанию жира в сухом веществе.

- в период созревания в керамических сосудах на поверхности продукта растут некультивированные плесени, участвующие в биохимических изменениях.

В работе [892] указывается, что этот кисломолочный продукт можно классифицировать как продукт типа сыра, созревающий с поверхностной плесенью (это единственный вид сыра «средневосточного» происхождения).

В Ливане *шанклиш* обычно получают из овечьего молока, хотя местные молочные производства изготавливают его также из козьего и коровьего молока. В работах [236, 731, 892] приведены основные этапы изготовления *шанклиша*: холодный йогурт разводят ледяной водой, выделяют жир в виде масляного зерна, образовавшегося за счет сбивания, для максимального выпадения белков в осадок нагревают пахту в течение 15–20 мин при 90 °С, охлаждают и 48 ч выдерживают в полотняном мешке при 6 °С для удаления жидкой фазы. Традиционно концентрат смешивают с солью, пряностями и травами, формуют из него большие шары, подсушивают их на солнце и хранят для созревания в керамических сосудах в течение месяца при комнатной температуре. За это время на поверхности вырастает плесень, и перед отгрузкой шары моют водой и покрывают порошком тимьяна (чабреца) [236].

Шанклиш может быть также частично высушен до влажности около 64 г/100 г в сушильном шкафу при 60 °С, после чего сгусток смешивают с солью (2,5 г/100 г), вручную месят и формуют шарики (например, по 100 г каждый). Затем эти шарики помещают в керамические сосуды и дают созреть при 6 °С и относительной влажности 85% [892].

Состав *шанклиша* в разных странах варьирует из-за различий в традиционных способах его изготовления. В табл. 5.8 приведен примерный общий состав традиционного и приготовленного в лабораторных условиях *шанклиша*. *Шанклиш* и *лабне анбарис* обычно едят как закуску — с хлебом и оливковым маслом. Очевидно, что существует возможность разработки таких продуктов и для рынков Европы и Северной Америки — например, как основных ингредиентов для смешанных соусов.

5.8 Замороженный йогурт

5.8.1 История возникновения, стандарты и маркетинг

Замороженные йогурты можно разделить на три основные группы: мягкие, твердые и муссы (рис. 5.13). Эти продукты по консистенции напоминают мороженое и сочетают его типичные свойства с выраженным кислым вкусом йогурта. По сравнению с йогуртом у таких продуктов высоко содержание сахара и стабилизаторов/эмульгаторов, поскольку эти вещества необходимы в процессе замораживания для поддержания взбитой структуры продукта.

История возникновения и технические данные замороженного йогурта детально рассмотрены в работе [511]. В работах [530, 566, 568, 747] приведены данные нескольких обзоров по замороженному йогурту и рассмотрены разработки в этой области. В большинстве стран государственные нормы (стандарты) на замороженный йогурт (химический состав, минимальное содержание йогурта, тепловая обработка смеси йогурт/мороженное до замораживания, количество микроорганизмов закваски в момент потребления) отсутствуют (см. [92, 95, 218, 494, 620, 747, 925–927]. В работе [927] отмечено, что в Нидерландах стандарты на замороженный йогурт указывают на то, что он должен содержать не менее 70% йогурта и иметь pH < 5, но в США потребители предпочитают йогурт с более высоким pH [182]. Данных по производству и продажам замороженного йогурта мало — известно лишь, что в США в 1993 г. объем продаж этого продукта составлял около 550 млн л.

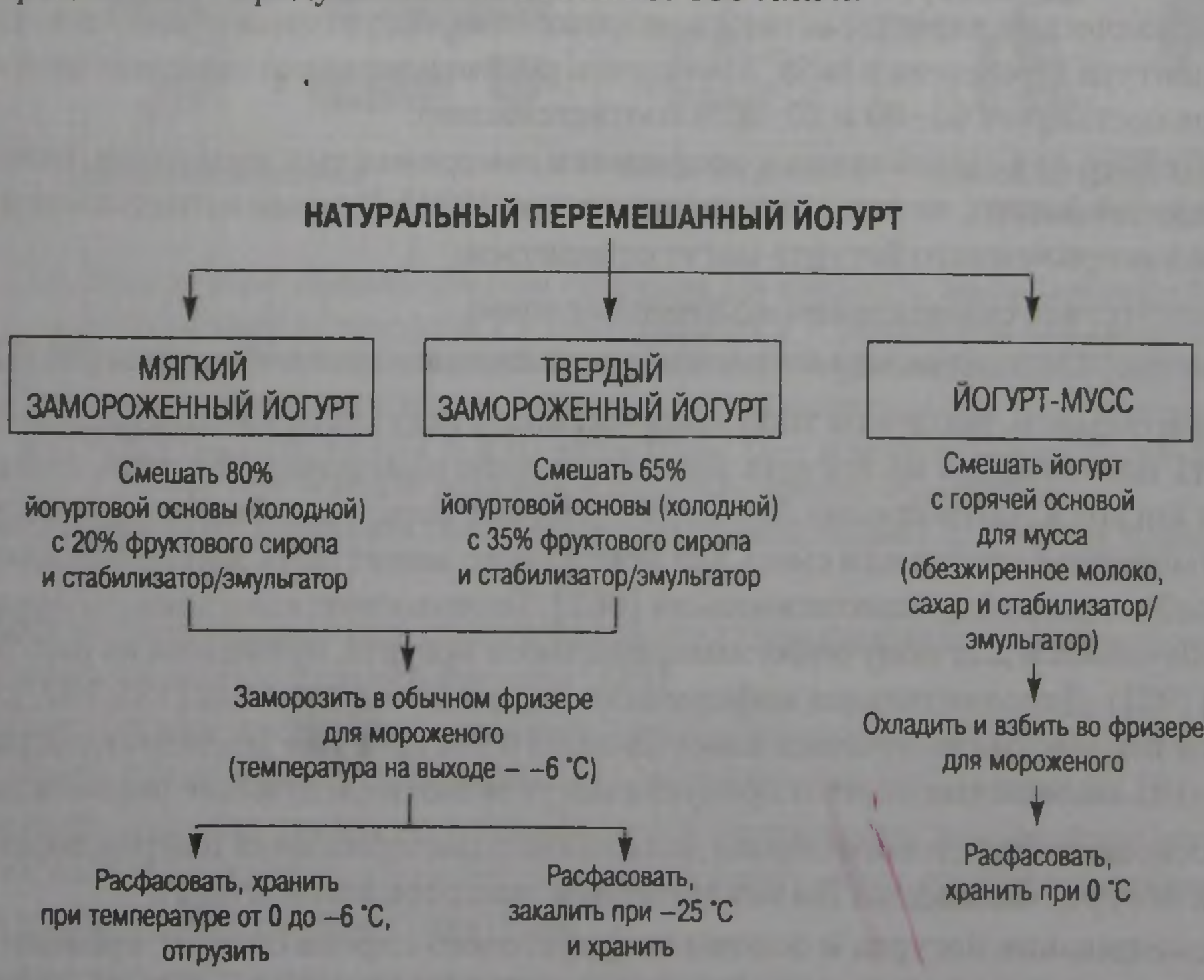


Рис. 5.13. Замороженный йогурт

Таблица 5.9. **Химический состав (г/100 г) различных видов замороженных йогуртовых смесей**

Ингредиенты	Замороженные йогурты		
	Мягкие	Твердые	Мусс
Жир	2–6	2–6	3
СОМО	5–10	5–14	12
Сахар	8–20	8–16	8
Стабилизатор/эмульгатор	0,2–1,0	0,2–1,0	2,4
Взбитость, %	50–60	70–80	90

По [52, 54, 179, 661, 662, 95].

5.8.2 Технология

Этапы производства различных видов замороженного йогурта схожи (см. рис. 5.13), а их рецептура приводится уже в литературе 1980-х гг. [595, 819]. В основе технологического процесса лежит смешивание холодного натурального перемешанного йогурта с холодной основой из фруктового сиропа, стабилизаторами/эмульгаторами и сахаром (при производстве йогурта-мусса отдельные ингредиенты добавляют горячими, см. рис. 5.13), после чего происходит замораживание смеси. Химический состав смеси йогурта с фруктами и температура при хранении могут значительно влиять на физические характеристики замороженных йогуртовых продуктов. Примерная рецептура приведена в табл. 5.9, причем рекомендованное содержание йогурта и фруктов составляет 65–80 и 20–35% соответственно.

Контейнер для смешивания и расфасовки замороженных продуктов, включая замороженный йогурт, не так давно запатентован [604]. К иным особенностям производства замороженного йогурта могут относиться:

- отсутствие сквашивания молочной основы;
- непосредственное или косвенное сквашивание молочной основы [89, 661, 662].

Таким образом, продукты типа замороженного йогурта со взбитостью 89–90% могут быть изготовлены из йогурта или какой-либо замороженой смеси, содержащей сахар и йогурт в соотношении 50 : 50 [661]. Кроме того, в некоторых случаях обработанная молочная основа или смесь для мороженого может быть заквашена концентрированной закваской до замораживания [662]. Технологическая схема с оборудованием, необходимым для получения замороженного йогурта, приведена на рис. 5.14 (см. также [192]). Дополнительная информация содержится в патентах [155, 202, 235, 388].

Хотя технология получения замороженного йогурта уже достаточно отработана, исключить возможные пороки продукта могут помочь следующие рекомендации:

- основа из фруктового сиропа должна быть пастеризована и перед добавлением к йогурту охлаждена (за исключением приготовления мусса);
- смешивание йогурта и основы из фруктового сиропа следует проводить осторожно, поскольку энергичное перемешивание может привести к потере освежающего вкуса замороженного йогурта;

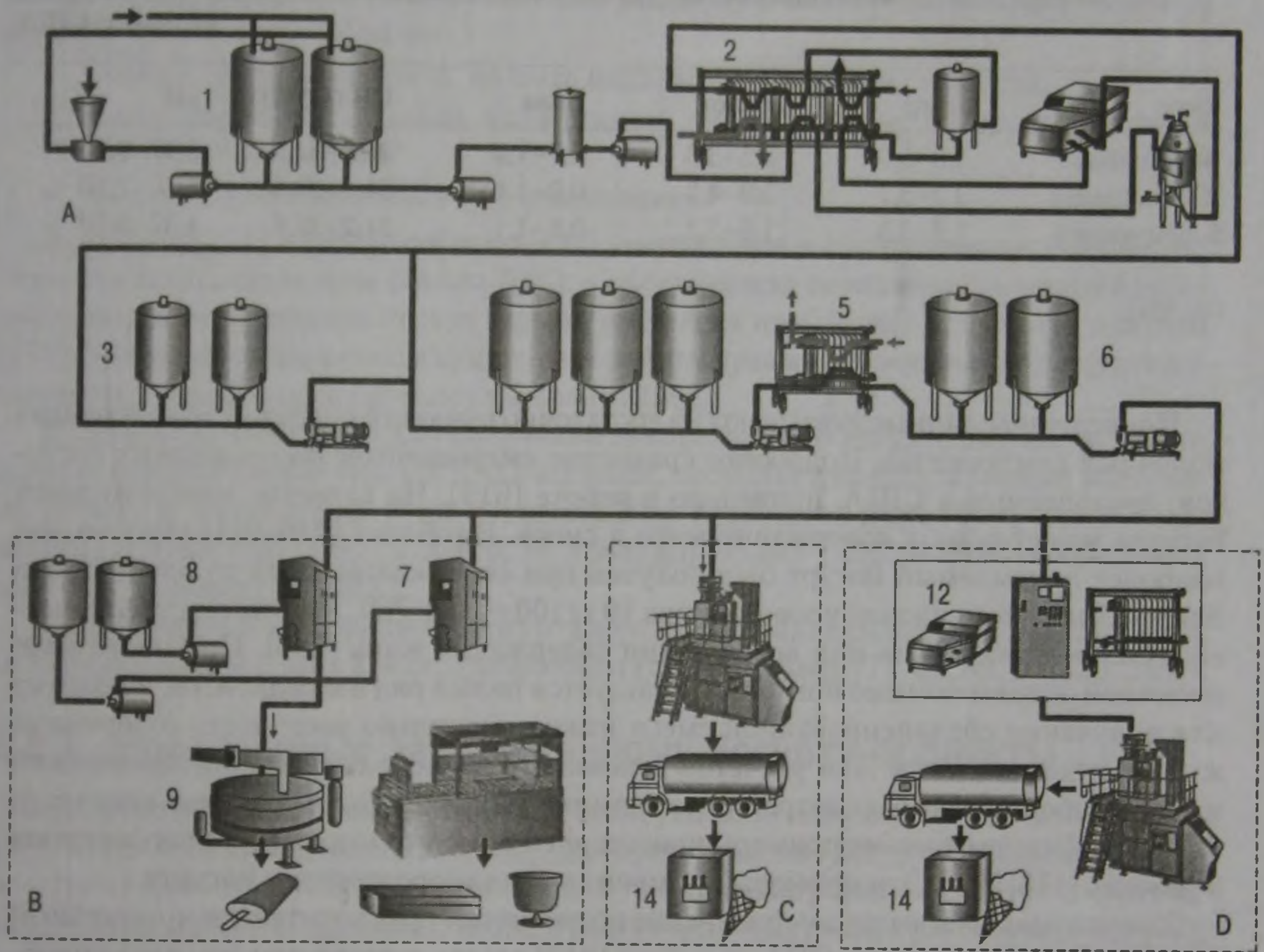


Рис. 5.14. Упрощенная технологическая схема для производства замороженного йогурта:
1 – смесительные резервуары; *2* – пастеризатор; *3* – резервуары для закваски;
4 – резервуары для сквашивания; *5* – охладитель; *6* – промежуточные резервуары;
7 – фризер; *8* – емкости для ароматизаторов; *9* – эскимогенератор; *10* – фасовочный автомат; *11* – упаковка; *12* – УВТ-обработка; *13* – асептическая расфасовка;
14 – автомат для розничной торговли мягким мороженым.

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing System Division) A/B*, г. Лунд, Швеция

- замена воздуха азотом в стадии взбивания/замораживания увеличивает срок хранения замороженного йогурта [449];
- обычный подсластитель фруктовой основы (например, сахар и/или кукурузный сироп) лучше заменить сывороткой с гидролизованной лактозой [101, 102];
- йогурт-мусс без сахара не рекомендуется хранить при температуре ниже 0 °С, поскольку при оттаивании йогурта может иметь место синерезис и происходит частичное разрушение структуры.

Химический состав некоторых замороженных йогуртов, присутствующих на рынке США, приведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10. **Химический состав (г/100 г) коммерческих замороженных йогуртов на рынке США**

Вкус	Жир	Белок	Зола	СВ (СМО)	pH
Ванильный	1,8–5,9	3,5–3,8	0,7–1,0	28,8–34,2	6,37–7,10
Шоколадный	3,2–5,7	2,9–4,2	0,9–1,1	31,1–37,6	6,36–7,10
Клубничный	1,7–5,3	1.6–3,2	0,8–1,1	31,2–37,6	4,37–5,70

По [884].

Приведенные данные указывают на достаточно широкий диапазон используемых молочных компонентов. Подробное сравнение ингредиентов замороженных йогуртов, продаваемых в США, приведено в работе [610]. На качество замороженного йогурта может влиять содержание жира в смеси. В работах [910, 911] указано, что наиболее приемлемый йогурт был получен при содержании жира до 5 г/100 г, а в Египте был рекомендован уровень жира 10 г/100 г [343, 759, 760]; объем увеличивается более значительно при возрастании содержания жира [216]. При подготовке молочной основы помимо йогурта используется целый ряд ингредиентов, и поэтому для получения сбалансированной смеси важно правильно рассчитать содержание жира и сухих веществ. Для расчетов рекомендуется использовать алгебраический метод, особенно при рассмотрении экономических аспектов и качества конечного продукта. Гипотетические примеры приготовления смесей мороженого рассмотрены в работах [415, 590]. Эти примеры применимы и к замороженному йогурту.

Как указывалось выше, американские потребители предпочитают замороженный йогурт с высоким pH [356, 831], а в работе [343] сделан вывод о том, что хотя применение смесей с низким pH ведет к более значительному увеличению объема замороженного йогурта (получению продукта с более высокой взбитостью), после хранения в течение 60 суток продукты имеют несколько более низкие органолептические показатели, чем аналогичные продукты, замороженные при pH 5.

СОМО молочной основы можно регулировать, используя различные ингредиенты, например, при помощи смеси соевых белков и обезжиренного молока (или пахты) в соотношении 50 : 50 [708], ультрафильтрации молока с добавлением сухого гидролизованного сывороточного концентрата [585, 665, 666], обезжиренного молока, сухого обезжиренного молока, йогурта, сливок или растительных масел и сахарозы или мальтодекстрина [323, 561, 562] и сгущенной творожной сыворотки [122, 123].

В работах [759, 760] Salem для производства замороженного йогурта настоятельно рекомендуется сочетание жира (10 г/100г) и закваски (3%). Жизнеспособность *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в замороженном йогурте очень важна для поддержания его имиджа как лечебного продукта. В работах [162, 163] сообщается, что после 10 месяцев хранения при –25°С в замороженном йогурте не происходит инактивации микроорганизмов закваски. В работе [839] указывается на важность использования специальных культур для замороженного йогурта. Жизнеспособность заквасок в замороженном йогурте изучали многие исследователи [44, 183, 218, 322,

405, 596, 613, 883, 931], и отмеченные ими различия в количестве микроорганизмов можно отнести за счет того, что

- смесь, служащая основой, не была надлежащим образом сквашена;
- смесь, служащая основой, подвергалась термообработке после сквашивания (до замораживания);
- закваска чувствительна к замораживанию.

В работах [596] и [883] сообщается об уменьшении в замороженном йогурте активности β-галактозидазы (около 70%), а очень низкая ее активность мешает рекомендовать замороженный йогурт людям, имеющим проблемы с усвоением лактозы [771]. Улучшение жизнеспособности бактерий йогурта в замороженном продукте достигается с помощью микрокапсулирования [802].

В [369] сообщается, что для получения замороженного йогурта оказалось непригодным использование чистых ЭПС-заквасок, поскольку полисахаридные материалы мешали агрегированию жира и казеина. Этот недостаток может быть сведен к минимуму с помощью смеси культур, не продуцирующих ЭПС, и ЭПС-заквасочных микроорганизмов [405, 839].

Потребление замороженного йогурта в разных странах различно [154, 216, 910], отличается также и тара для его расфасовки (см. например, [77, 82, 83, 88, 320, 345]).

5.8.3 Родственные замороженному йогурту продукты

Замороженный йогурт, также как и обычный, успешно получали из овечьего молока [595, 819] и молока буйволиц [558, 850]. Для приготовления йогурта использовали также «греческий» йогурт пониженной жирности или фильтрованный йогурт с кусочками фруктов, однако подробные данные о рецептурах этих продуктов отсутствуют [77].

Низкокалорийный замороженный йогурт можно получить из молока с низким содержанием СВ с помощью заменителей жира или искусственных подсластителей. Примером первого подхода может служить изготовление замороженного йогурта с калорийностью 70 ккал/100 г с путем восстановления сухого обезжиренного молока до 16 г/100 г добавления после сквашивания карбоксиметилцеллюлозы (0,05 г/100 г) и желатина (0,2 г/100 г), гомогенизации и последующего замораживания [881]. Другой вариант изготовления замороженного йогурта описан в работе [934]: йогурт был получен из обезжиренного молока, смеси искусственных подсластителей с аспартамом, неусваиваемых наполнителей, β-галактозидазы для гидролиза лактозы, полиэфиров сахарозы для замены молочного жира и закваски для сквашивания смеси перед замораживанием. Вместо полиэфиров сахарозы можно использовать заменители жира на основе крахмала [838] (см. также [93]).

Разработки смесей для мягкого мороженого на основе йогурта и продуктов, которые можно есть ложкой, когда они находятся при температуре бытового морозильника, описаны в работах [43] и [633]. В работе [226] описано изготовление подобного продукта путем смешивания йогурта перед замораживанием с холодной молочной смесью (например, в соотношении 40 : 60) и 8% виноградного пюре (*Vitis rotudifolia*); органолептические исследования показали приемлемость для потребителя такого замороженного йогурта с фруктовым вкусом. В различных странах описаны сухие смеси для изготовления замороженного йогурта в домашних условиях [80, 87, 258, 410,

828]. Оказалось также, что йогурт может служить средством введения в рацион бифидобактерий и *L. acidophilus* [602, 628]. *B. bifidum* и *L. acidophilus* хорошо сохраняются в замороженном йогурте с высоким pH со средним количеством каждого вида микроорганизмов $3{,}6 \times 10^6$ кое/мл после 8 месяцев хранения при −29 °C ([533]; см. также [669]; аналогичные результаты были получены в [623] для *Bifidobacterium longum*. Такую же микрофлору использовали при изготовлении мороженого, и после хранения в течение 16 недель при −20 °C количество каждого вида микроорганизмов составляло около $1{,}0 \times 10^7$ кое/мл [225]. Вследствие включения воздуха в структуру продукта при взбивании и замораживании возможно некоторое уменьшение количества микроорганизмов до и после замораживания. По данным других исследователей, *B. bifidum* не сохраняются в смесях для мороженого с низким pH 3,9–4,6 [873]. В работе [469] описано изготовление *забади* с заменой при изготовлении молочной основы, из которой сделан замороженный *забади*, трети и половины йогуртовой закваски соответственно на *B. bifidum* DI и BB_{12}. Количество бифидобактерий, сохранившихся после 5 недель хранения, составляло в среднем 10^7 кое/мл.

В работе [405] приводятся оценки трех имеющихся на рынке биокультур (*ABT*, *ABY-2* и *AC-180*) по их влиянию на структуру и вкус замороженного йогурта. Лучшие характеристики по плотности, когезионной (связующей) способности и эластичности имел продукт с культурой *ABT*; органолептические свойства замороженных йогуртов, полученных с этими тремя культурами, отличались незначительно. Замороженный йогурт *Bellevue* обладал повышенной питательной ценностью, поскольку в нем наряду с бифидобактериями и видами *Lactobacillus* в большей степени использовали растительные масла, чем молочный жир ([467]; см. также [850]). Описан также замороженный йогурт без жира, холестерина и без добавления сахара, употребляемый как мягкое мороженое [81].

5.9 Сухой йогурт

5.9.1 Введение

Основная цель производства йогурта в виде порошка — сохранение его в стабильной форме, удобной для применения. Традиционно натуральный (без добавок) йогурт с низким содержанием жира концентрировали, изготавливали из него плоские лепешки и сушили их на солнце (см. [524]). Сухой йогурт жители пустынь обычно используют для приготовления различных блюд, супов и даже употребляют с чаем как печенье. Первые попытки производить коммерческий сухой йогурт были ориентированы на потребителей, которые сами получали восстановленный йогурт. У этого йогурта содержание жизнеспособных микроорганизмов было невелико, отсутствовали приятный вкус, плотная структура и привлекательный внешний вид обычного йогурта. Для улучшения качества сухого йогурта было приложено много усилий, и сейчас можно выделить два основных его вида. При получении сухого йогурта первого типа в течение нескольких часов проводят сквашивание, сопровождаемое коагуляцией. При получении сухого йогурта второго типа гель образуется за очень короткое время — это так называемый «быстрорастворимый» йогурт. Ни один из этих продуктов не пользуется особым спросом у потребителей, поскольку восстановленный продукт даже

близко не напоминает натуральный йогурт, однако сухой йогурт может быть использован для приготовления напитков, многие из которых запатентованы [49, 50, 159, 170, 195, 196, 208, 229, 271, 309, 522, 749, 780, 808, 888, 889, 895, 896, 902, 903].

Для придания восстановленному йогурту вида и вкуса обычного йогурта необходимо использовать различные добавки, среди которых — сахароза, декстроза, стабилизаторы (например, ксантановые камеди, крахмал, камедь рожкового дерева (кароб), альгинат натрия), связывающие вещества, кальциевые копреципитаты, органические кислоты (см. также [165, 166, 213, 333, 600, 706, 777, 778, 914, 915]. Молоко может быть сквашено смесью культур, таких как *S. thermophilus* + *L. helveticus* или йогуртовая культура + *L. acidophilus* [159, 749].

5.9.2 Способы производства

В некоторых странах Среднего Востока бедуинами изготавливаются такие традиционные продукты, как *мадир*, *огт* или простой *кишк* (см. раздел 5.9.3), для получения которых используется молоко различных животных. Обычно обезжиренное молоко или пахту концентрируют, из полученного концентрата формуют плоские лепешки и сушат их на солнце [33–35]. В работе [35] описано успешное получение приемлемого *тамар огт* из заквашенного обезжиренного молока и нарубленных фиников (по-арабски — *тамар*). Свидетельства об изготовлении сухого йогурта можно найти в разных странах — от Западной до Средней и Центральной Азии, где этот продукт называется *чурпи* или *зурпи*, в Непале — *чура*, в Турции — *курут*, в Тибете — *чурра*, на территории бывшего Советского Союза —*катык* и Алжире — *клила* (см. [863]).

Существует два основных способа сушки, которые могут использоваться в промышленных масштабах для производства сухого йогурта, — это распылительная сушка и сушка сублимацией. Второй метод представляется более привлекательным, поскольку используемая температура (20–35 °С) гораздо ниже, чем при распылительной сушке (55–60 °С), и, следовательно, меньше повреждаются компоненты молока и теряются вкусовые качества. Однако сушка сублимацией слишком дорога, чтобы говорить о ее промышленном применении. В работе [124] описано использование для дегидратации *дахи* другого метода сушки — так называемой воздушно-диффузионной (дисперсионной) сушки. При этом высушенный продукт имел такие же свойства, что и при сушке сублимацией, но восстанавливаемость его была лучше. В работах [125, 126] сообщается, что восстанавливаемость сухого *дахи* улучшается в присутствии лецитина и кукурузного крахмала. В [719] дахи подвергали сублимационной сушке при –20 °С в течение 12 ч, и при этом восстановленный продукт по сравнению с натуральным имел несколько более низкие органолептические показатели, гораздо меньшую плотность сгустка и вязкость. Низкие реологические характеристики восстановленного *дахи* обусловливаются разрушением при сушке структуры геля. Процесс изготовления сухого йогурта заранее заданной структуры описан в работе [229], где рекомендуется сушка сублимацией при температуре от +30 до –40 °С. В работах [792] и [794] отмечено, что увеличение содержания СМО в йогурте до 18,8 г/100 г ведет к увеличению выхода продукта сублимационной сушки от 0,22 до 0,31 кг/м^2 · час и уменьшению продолжительности сушки на 25,8%. Дальнейшее увеличение содержания сухих веществ в йогурте придает сухому продукту вкус мела.

В настоящее время при производстве сухого йогурта в промышленных условиях применяется распылительная сушка, но при этом необходимо принимать некоторые меры предосторожности. Во-первых, концентрирование йогурта перед сушкой должно выполняться при 50–60 °С; во-вторых, для сохранения в сухом продукте большого количества жизнеспособных микроорганизмов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* условия сушки должны быть щадящими. Кроме того, концентрирование йогурта при более высоких температурах увеличивает пригорание на поверхностях испарителя и вызывает изменение цвета готового продукта. В работах [199, 597] приводятся данные по распылительной сушке пахты. Сквашенное молоко концентрировали до содержания СМО 36 г/100 г при 58 °С в испарителе со стадией дегазирования и подвергали распылительной сушке (при 43 °С) с охлаждением в псевдоожиженном слое. Для концентрирования йогурта перед сушкой может быть также использован испаритель с очищаемой поверхностью.

В [245, 246] сухие *чакки* и *шрикхэнд* получали с помощью установки для распылительной сушки, поддерживая температуры на входе и выходе равными 190 °С и 95 °С соответственно; скорость распылителя поддерживалась на уровне 25000 об/мин. Для получения сухого шрикхэнда чакку смешивали с сахаром и водой, а перед сушкой смесь гомогенизировали.

Ведущими производителями сушильных установок являются компании *AVP* и *Niro*. Для сушки йогурта можно использовать трехступенчатую сушильную установку, схема которой представлена на рис. 5.12.

Обычно йогурт концентрируют до содержания в нем сухих веществ 35 г/100 г, предварительно нагревают и распыляют в сушильной камере при температуре возду-

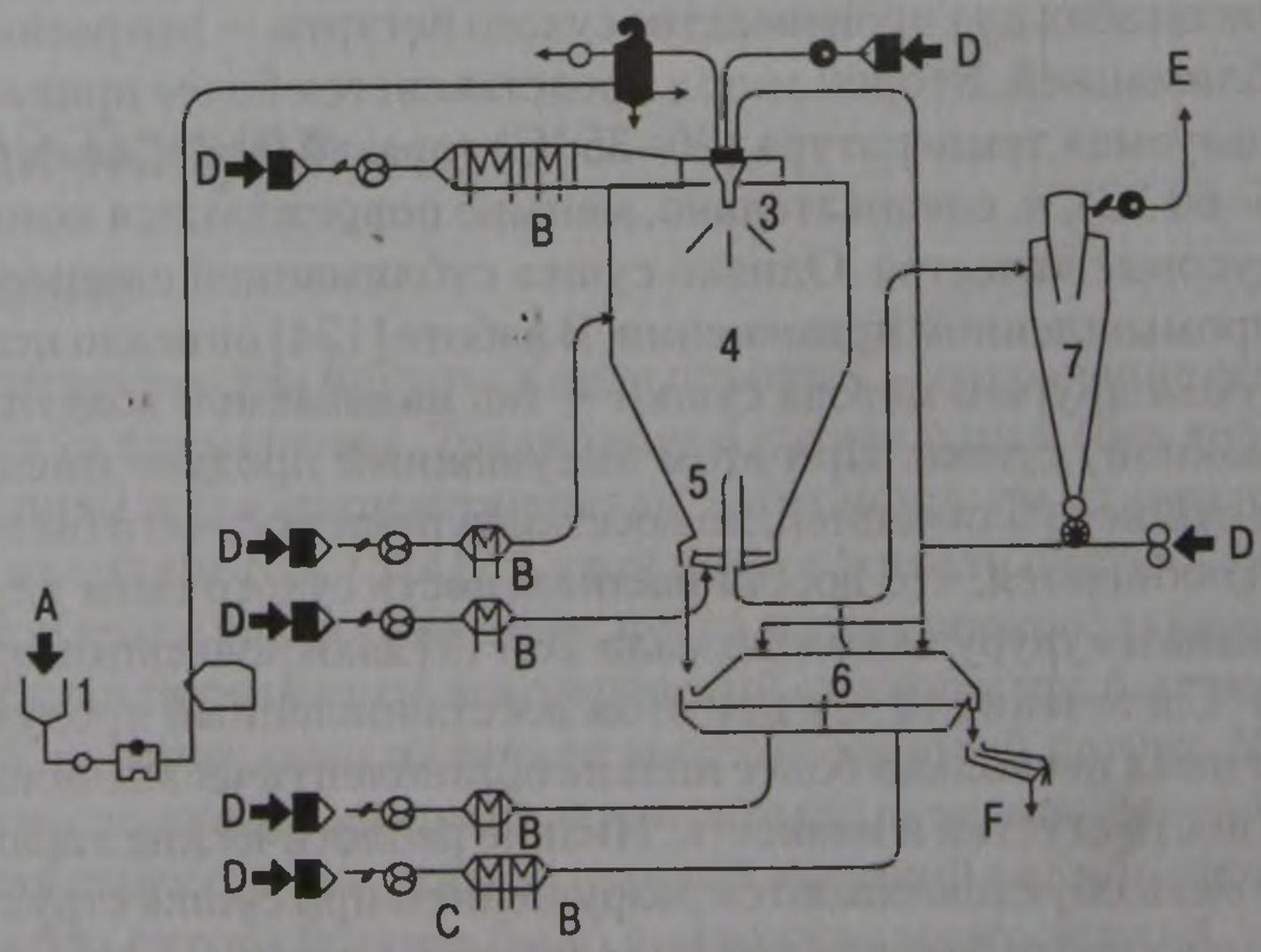


Рис. 5.12. Схема трехступенчатой сушильной установки для производства сухого йогурта:
A – вход продукта; B – пар; C – охлаждающая вода; D – вход воздуха; E – выход воздуха;
F – выход продукта; *1* – питающий резервуар; *2* – подогреватель; *3* – распылитель;
4 – камера распылительной сушки; *5* – комбинированный псевдоожиженный слой;
6 – внешний псевдоожиженный слой; *7* – циклон

Воспроизведено с разрешения *AVP Nordic*, Дания

Таблица 5.11. **Химический состав (г/100 г) различных видов йогуртовых продуктов**

Продукт	СМО (сухие вещества)	Белок	Жир	Лактоза	Зола
Огт:					
овечий (ЦМ)	95,6	31,7	39,3	19,3	5,3
(Пахта)	91,9	37,3	14,5	32,5	7,6
коровий (ЦМ)	96,3	26,2	25,4	38,7	6,0
(Пахта)	93,7	31,1	11,0	44,4	7,2
козий (ЦМ)	92,5	30,4	18,9	37,3	6,5
(Пахта)	93,1	26,3	28,9	34,8	5,3
Мадир:					
нет данных[a]	91,8	36,4	13,4	34,4	7,6
козий	96,1	35,5	15,3	37,4	7,9
Йогурт:					
коровий (ОМ)[a]	96,0	33,0	4,0	52,0	7,0
коровий (ОМ)[a]	96,0	35,0	1,0	54,4	5,6
Кишк (обычный):					
иранский [a]	95,6	54,4	7,9	29,5	3,8

ЦМ – цельное молоко; ОМ – обезжиренное молоко.
[a] Промышленные образцы.
Данные по [33–35, 66, 404, 774, 853].

ха на входе и выходе 160 °С и 65 °С соответственно. Частично высушенные частицы йогурта падают на дно сушильной камеры, образуя псевдоожиженный слой, который далее высушивается. Затем порошок передается на внешнюю сушилку с псевдоожиженным слоем для окончательной сушки и охлаждения. Во время сушки температура продукта составляет 55 °С, а порошок на выходе имеет температуру 25 °С. Отработанный воздух для извлечения из него мелких частиц сухого продукта (пыли) проходит через ряд циклонов. Частички пыли отправляются обратно во внешнюю сушилку с псевдоожиженным слоем, где они для обеспечения максимального выхода смешиваются с основной массой сухого продукта. Такой сухой йогурт имеет влажность 2% и объемную плотность 0,5 г/см^3 (см. также [334]).

Таким образом, потребитель имеет возможность выбирать из различных видов сухих йогуртовых продуктов (традиционных и производимых промышленно). Некоторые примеры представлены в табл. 5.11.

Некоторые из указанных продуктов обладают пониженной жирностью, поскольку для изготовления йогурта использовалось обезжиренное молоко или пахта. В поступающем в продажу сухом йогурте немолочнокислые бактерии, *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, содержатся в количестве $< 1 \times 10^4$, 1×10^3 и 1×10^4 соответственно [64]. В работе [672] приводится количество лактобактерий в сухом йогурте – 7×10^5 кое/г (см. [492, 751]). В Великобритании производятся сильнокислые и слабокислые сухие йогурты, которые находят различное применение в пищевой промышленности. Сухой йогурт упаковывается в многослойные бумажные мешки вместимостью 25 кг, герметизированные полиэтиленовыми вкладышами [75].

В работе [489] отмечается, что выживаемость йогуртовых микроорганизмов зависит от условий обработки в распылительной сушилке. Авторы рекомендуют следующие рабочие условия: температура продукта на входе – 30 °С, температура воздуха на входе и выходе – 160 °С и 65 °С соответственно, давление распыляющего воздуха – 98 кПа и поток горячего воздуха – 0,23 м^3/мин. Выживаемость *S. thermophilus* выше, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, но оба вида микроорганизмов демонстрируют сходную картину выживаемости в сухом йогурте [489, 490]. В работе [587] показано, что ферментационные характеристики йогуртовой микрофлоры и других молочнокислых бактерий в кислом тесте на основе овса (обработанного ферментами) влияют на аромат продуктов. Межклеточная лейцинаминопептидаза *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* сводит к минимуму выделение горьких пептидов [879].

Поскольку формирование йогуртового геля после восстановления некоторых видов сухого продукта полностью зависит от наличия стабилизирующего агента(ов), по ощущению во рту восстановленный йогурт отличается от натурального продукта, и это отличие может оказаться решающим фактором. Что касается других возможностей применения сухого йогурта, то следует отметить следующие направления:

- восстановление сухого продукта до содержания 24–26 г/100 г СМО для производства *лабне* (см. также [484, 588];
- добавление сухого йогурта в выпечные изделия; йогурт в сухом виде предпочтительнее, чем в жидком, поскольку пекарям привычнее добавлять при выпечке сухие ингредиенты ([398]; см. также [314]); сухой йогурт можно также использовать при глазировании в кондитерском производстве [86, 394, 560];
- испытания по кормлению домашней птицы сухим йогуртом показали его превосходство по сравнению с сухим обезжиренным молоком вследствие лучшей усвояемости (по усваиваемой энергии, УЭ) и большего общего содержания белка, или благодаря уменьшению количества лактозы [807];
- в Европе и Северной Америке в продаже появились вафли и шоколадная начинка со вкусом йогурта; производители подобных продуктов, возможно, предпочли бы использовать в процессе производства сухой йогурт;
- сухой йогурт может быть также использован для производства конфет со вкусом йогурта [688], концентратов супов [725], соусов [560] и продуктов с масляными эмульсиями [614].

5.9.3 Кишк и родственные ему продукты

Подобные продукты представляют собой сухие формы смесей йогурта и злаков (или других добавок), которые традиционно готовили на территории между восточным Средиземноморьем и Индийским субконтинентом. В работах [524] и [863] указано, что для сухих кисломолочных продуктов использовали множество наименований, и в зависимости от используемых ингредиентов и/или добавок их можно классифицировать следующим образом:

- продукты, встречающиеся в арабских странах и содержащие проваренные дробленые зерна пшеницы или муку; их называют *кишк*, *кушук*, *кешке*, *кичк*, *бургул*

Таблица 5.12. **Примерный химический состав (г/100 г) различных видов *кишка***

	Продукт	Добавка	Влага	Белок	Жир	Углеводы	Волокно	Зола
1.	Сквашенное молоко							
	Промышленный	ПБ[а]	5,5–13,0	8,9–23,5	1,6–16,1	31,0–65,3	0,7–2,5	2,0–9,1
		ПБ	8,4	17,8	6,4	68,8	9,3	7,0
	Лабораторный	ПБ	7,5–9,5	14,7–19,7	–	–	~2,4	4,4–8,7
		ПМ[б]	6,0–12,5	17,6–19,1	–	~56,3	–	3,6–4,6
		СМ	–	18,3	–	–	–	2,2
		НМ[б]	5,2	25,8	–	–	–	4,9
		МаМ[б]	12,4	19,3	–	62,5	–	4,7
		КМ[б]	11,8	17,6	–	60,1	–	4,6
		ПБ[б, в]	8,7	20,3	6,4	66,7	9,0	[г]
		ОБ[б, в]	8,2	20,5	9,7	63,0		[г]
		ЯБ[б, в]	8,4	18,8	6,8	67,9		[г]
2.	Сквашеннос молоко	ПБ	9,1–9,2	16,1–17,2	–	–	–	–
	+/или соевое молоко	ПБ, ПМ, НМ[b]	5,2–9,9	18,3–28,2	–	–	–	3,5–5,3
3.	Сквашенная сыворотка	ПБ	9,7	13,3	–	–	–	–

ПБ – пшеничный бургол; ПМ – пшеничная мука; МаМ – маисовая мука; НМ – нутовая мука; КМ – кукурузная мука; ОБ – овсяный бургол; ЯБ – ячменный бургол. Прочерк означает отсутствие сведений.

[а] – среднее по 25 коммерческим ливанским образцам кишка;

[б] – рассчитано по сухому веществу;

[в] – по [877];

[г] –более подробно см. табл. 5.13.

По [11, 381, 863].

йогурт, *хугут*, *жум* или *кушик*, в Греции и Турции — *трахана*, в Непале и Тибете — *чура*, в Индии — *кадхи* (см. также [336]);

- продукты с овощами, травами и/или пряностями, встречающиеся в Египте, где такой продукт называют *кишк сиами*, в Греции и Турции — *капестоес*, *трахаосирв* или *зампларикос;*
- продукты, содержащие другие виды злаков, овес и ячмень [876, 877], сорго (*умкушук* в Судане), нут (горох турецкий), рис или кукурузу (см. [264]) и просо [260, 261].

Кишк получают из молока различных видов млекопитающих (коров, коз, овец или буйволиц) или из смеси различных видов молока. Традиционно *кишк* изготавливают из обезжиренного молока или пахты после сбивания сквашенного молока; в лаборатории *кишк* изготавливался из сыворотки или из смеси молока и соевого молока. Все это ставит проблемы с классификацией такого продукта. На качество продукта влияет соотношение злаков и сквашенного молока, которое может составлять от 1 : 2 до 1 : 4. В работе [863] дан обзор, в котором *кишк* рассматривается по его химическому составу (табл. 5.12), микробиологическому качеству, питательной ценности и способам получения (см. также [899]).

Основная злаковая добавка (проваренные дробленые зерна пшеницы) может называться по-разному, например, бургол или булгур. Метод ее изготовления можно описать следующим образом. Зерна мягкой пшеницы очищают от стеблей, загрязнений и зерен других злаков с помощью барабанной цилиндрической установки (сепаратора-сортировщика), которая в Ливане носит название *гхорбал* (см. [863]). Эта же машина сортирует пшеничные зерна на три фракции (крупные, мелкие и поврежденные). Крупные зерна используют для приготовления бургола: их вымачивают в течение 1 ч в кипящей воде до размягчения, а затем сушат на солнце в течение суток. На следующий день высушенные зерна увлажняют водой (около 20 г/100 г), дробят и удаляют с них шелуху. *Бургол* отделяют от шелухи фракционированием по плотности с помощью механической веялки [876]. Та же веялка делит бургол на мелкий и крупный, который используется для изготовления *кишка*. Этот процесс может вызвать потерю питательных веществ зерен пшеницы. В работе [876] приведены данные по потерям бургола, изготовленного из пшеницы, овса или ячменя. Показано, что проваренные и дробленые зерна различных злаков значительно отличаются по содержанию пищевых волокон, углеводов и минеральных веществ, что может в свою очередь влиять на питательные свойства кишка. В работе [663] приведены данные по использованию соевых бобов при изготовлении *трахана*. В работе [863] подробно рассмотрены многие традиционные методы, применяемые для изготовления *кишка* в разных странах Среднего Востока (см. также [236, 300, 301, 307, 445–447]. На рис. 5.16 приведены стадии традиционного изготовления *кишка* в Ливане.

В работе [419] изучалось влияние температуры в барабане, скорости загрузки и скорости шнека тангенциального двухшнекового экструдера на желирующую способность крахмала при изготовлении *траханы*. Уравнение регрессии для прогнозирования желирующей способности крахмала показало, что температура барабана является наиболее значимым фактором, менее выраженное влияние оказывали скорость загрузки и скорость шнека (см. также [420]).

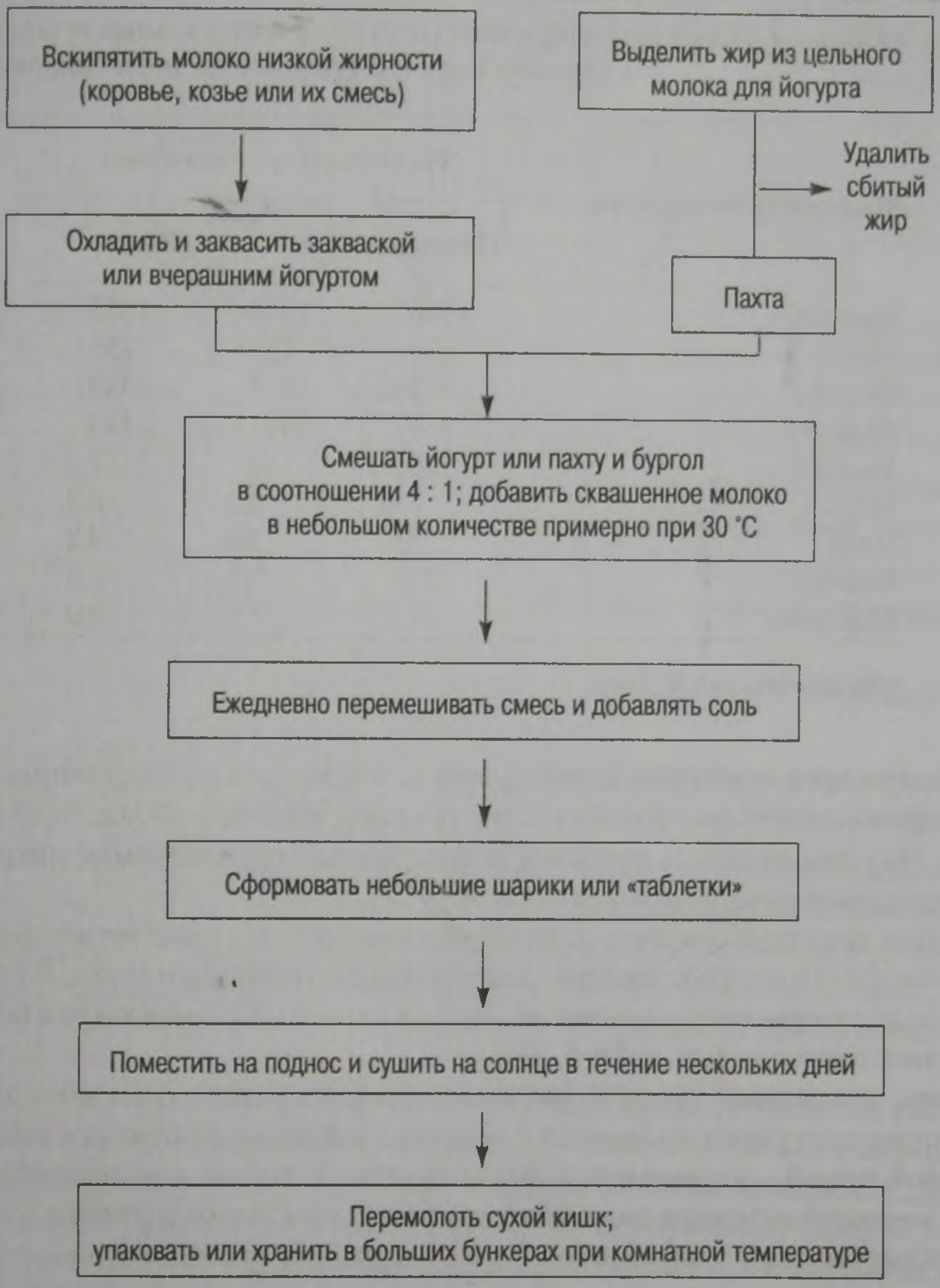


Рис. 5.16. Традиционный метод изготовления ливанского *кишка*

В работах [193, 239, 330, 417, 418, 420, 627, 730, 733, 757] подробно исследовалась возможность использования *кишка* как средства сохранения молочного белка; авторы пришли к выводу о потенциальной ценности этого способа. Кишк содержит большое количество белка с прекрасным сочетанием аминокислот, уровень которых увеличивается благодаря метаболической активности культур закваски при сквашивании. Кишк содержит в высоких концентрациях фенилаланин, треонин, изолейцин, лейцин, аргинин, валин, тирозин и лизин, но содержание в нем триптофана и серосодержащих аминокислот мало. Аминокислотный состав конечного продукта был близок к стандарту ФАО/ВОЗ [301]. Недостаточно было только триптофана и в меньшей степени — лизина и треонина. Потерю триптофана можно объяснить его

Таблица 5.13. **Среднее содержание (мг/100 г)[а] минеральных веществ в кишке, изготовленном с бурголом из пшеницы, овса и ячменя**

Минеральные вещества	Вид используемого злака		
	Пшеница	Овес	Ячмень
Натрий	1360	1360	1356
Калий	799	752	753
Фосфор	552	629	549
Кальций	439	460	425
Магний	116	129	107
Медь	0,4	0,3	0,3
Цинк	3,6	3,9	3,2
Железо	21,6	9,3	7,6
Марганец	1,7	3,2	0,9

[а] Рассчитано по СВ. По [877].

разрушением во время сквашивания и сушки на солнце; кишк, полученный в лаборатории, содержал триптофан в количестве, рекомендованном ФАО/ВОЗ (см. также [193, 774]). На усваиваемость *траханы* in vitro влияли используемые ингредиенты и соотношение сквашенного молока и злаков [417].

Подробные данные о среднем содержании минеральных веществ в *кишке* приводятся в работе [863]; на эти величины влиял вид используемого злака. В работе [877] изучалось содержание минеральных веществ в *кишке*, изготовленном с бурголом из пшеницы, овса и ячменя (см. табл. 5.13).

Очевидно, что данный продукт является хорошим источником минеральных веществ, которые поступают из молока и злаков, а пшеничный бургол с соевым молоком и нутовой мукой — хорошие источники железа, которого в молоке недостаточно.

Кишк — хороший источник витаминов группы В, но в нем содержится мало витамина С и жирорастворимых витаминов. Рост содержания ниацина и рибофлавина или провитамина А можно объяснить деятельностью заквасок и добавлением помидоров соответственно [863]. При высушивании *трахана* в печи при 55 °С в течение 48 ч наблюдались потери тиамина (но не рибофлавина), составлявшие в среднем 30% [420].

Кишк как блюдо готовится путем восстановления сухого продукта водой с последующим кипячением смеси на слабом огне. По консистенции это блюдо весьма напоминает овсяную кашу и обычно употребляется в пищу с хлебом. Иногда в смесь вводят вкусовые добавки — нарубленный лук, помидоры и/или кориандр. Кишк также широко используется на Среднем Востоке для приготовления супа. На вкус кишка и траханы влияет вид молочнокислых бактерий, используемых для сквашивания молока [11, 536], но он может не влиять на выживаемость микроорганизмов, поскольку эти продукты нагревают после регидратации.

Сельское население на Среднем Востоке с удовольствием употребляет кишк, но его внедрение в рацион других групп населения может быть весьма затруднено, так

как для них он малопривлекателен. В работе [193] описан эксперимент по внедрению кишка в Мексике. Кашеобразное блюдо под названием *атоле* было заменено продуктом из йогурта и злаков. Продукт был с готовностью принят детьми и матерями, особенно, когда в него были введены вкусовые добавки — экстракты клубники и ванили. Можно с уверенностью предположить, что подслащенный кишк с вкусовыми добавками может быть положительно принят группами населения, употребляющими кашеобразные блюда.

Для оценки свойств лабораторного кишка и родственных ему продуктов используют широкий диапазон базовых органолептических схем (см. [863]). Для характеристики кишка было предложено [644] использовать органолептический словарь и комиссию из одиннадцати экспертов. Были выделены следующие характеристики:

- семь характеристик запаха (общая интенсивность, сливочный/молочный, кислотный/уксусный/резкий, фруктовый/сладкий, вареный, злаковый, картонный);
- десять характеристик вкуса (общая интенсивность, сливочный/молочный, кислотный/уксусный/резкий, фруктовый/сладкий, вареный, злаковый, картонный, яблочный, горький, соленый);
- пять характеристик послевкусия (общая интенсивность, стойкость, кислотный/уксусный/резкий, злаковый, картонный);
- пять характеристик консистенции (по ощущению во рту): вязкая, зернистая/мучнистая/меловая, липкая/клейкая, слизистая и вяжущая (обволакивание рта).

С помощью этой схемы оценивались шотландские овсяные каши и кишк, изготовленный из козьего или коровьего молока, а также из их смеси. На основе результатов можно констатировать следующее: во-первых, продукты из овса значительно отличались от кишка из-за наличия кисломолочного компонента и, во-вторых, кишк, изготовленный из козьего молока, явно отличался от продукта, изготовленного из коровьего молока.

Как показано в работе [877], злаки, используемые при изготовлении кишка, существенно влияли на его органолептические оценки. С видом злака связаны различия в консистенции, оцениваемой по ощущению во рту (зернистая, липкая, слизистая). Для определения зависимости типа консистенции этих продуктов от химического состава были успешно построены регрессионные модели (методом наименьших квадратов после перекрестной проверки), и при этом лишь модель с зернистым характером обладала прогностической ценностью.

Микробиологическое качество кишка (коммерческого и лабораторного) и родственных ему продуктов сильно варьировало, что отражает различия гигиенического состояния производства (см. обзор [863]). Благодаря высокой кислотности продукта (pH восстановленного продукта около 3,8), низкому содержанию влаги (<10 г/100 г) и присутствию соли (около 3 г/100 г) кишк весьма безопасен в микробиологическом отношении. По данным [863] и [117], количество микроорганизмов (кое/г) в таких продуктах составляло: *Enterococcus faecium* — $3{,}4 \times 10^2$, общее количество — $<10 \times 10^3 - 2{,}6 \times 10^7$, молочнокислые бактерии — $4{,}5 \times 10^3 - 2{,}2 \times 10^7$, а дрожжи и плесени — $9 \times 10^1 - 1{,}4 \times 10^4$. Большинство микроорганизмов, составляющих общее количество, были спорообразующими и относились к роду *Bacillus*. Эти споры не уничтожались при изготовлении кишка, и поэтому если приготовить из него кашу,

Таблица 5.14. **Закваски, используемые в производстве биоферментированных продуктов, и их основные метаболиты**

Микроорганизмы закваски		Основные метаболиты
L. acidophilus	DL	лактат
paracasei ssp paracasei	L(+)	лактат
paracasei biovar shirota	L(+)	лактат
rhamnosus	L(+)	лактат
reuteri	DL	лактат, CO_2
B. bifidum		лактат, ацетат
adolescentis	L(+)	лактат, ацетат
breve	L(+)	лактат, ацетат
infantis		лактат, ацетат
longum	L(+)	лактат, ацетат
lactis		лактат, ацетат
E. faecium	L(+)	лактат
faecalis	L(+)	лактат
P. acidilactici	DL	лактат

вскипятить, а затем оставить перед употреблением при комнатной температуре на несколько часов, токсины, образованные, например, *Bacillus cereus*, могут вызвать проблемы. Возможно, именно поэтому смерть двух человек в Иране с клиническими симптомами пищевого отравления ботулизмом была связана с употреблением кишка. В работе [385] было подтверждено, что *Clostridium botulinum* может сохраняться в лабораторном кишке, затем расти и выделять токсины в «каше», но поскольку этот род микроорганизмов анаэробный, их длительное сохранение в сухом кишке маловероятно.

5.10 Биойогурт

Общая питательная ценность йогурта хорошо известна (см. главу 10), но для диетического и/или лечебного питания часто выпускают специальные виды йогурта, известные под названием *биойогурты*. То, что большинство штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* не сохраняются в кишечном тракте, может ограничивать применение йогурта в антибиотической терапии и/или для других медицинских целей. Закваски, используемые в производстве биоферментированных продуктов, в том числе родственных йогурту, приведены в табл. 5.14 [592, 593].

Основные микроорганизмы принадлежат к родам *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus* и *Pediococcus*. Номенклатура, классификация, физиология и биохимия микрофлоры, используемой в биоферментированном молоке, рассмотрены в ряде работ [139, 161, 325, 821, 873, 936].

Введение видов *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* в йогуртовую закваску может противоречить некоторым существующим определениям йогурта, но получающийся при

Таблица 5.15. **Промышленно выпускаемые и вновь разработанные биоферментированные молочные продукты**

Продукт	Микрофлора																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
AB®, Diphius®, Cultura®, Biomild®, LA7			✓						✓										
Acidophilus-Bifidus йогурт, Lьnebest	✓								✓+	✓+									
Bioghurt®	✓		✓																
Biokys			✓						✓								✓		
Olifus®	✓+		✓						✓						✓+				
Progurt®			✓						✓						✓	✓			
BA®, Biobest, Bifidus йогурт	✓	✓							✓+	✓+	✓+								
Bifidus молоко									✓+	✓+	✓+								
Bifighurt®	✓									✓									
Bifilact, Bifilakt®								✓					✓						
ABT, Biogarde	✓		✓						✓										
Bifilus®, Onak, Procult 3®, BBA										✓									
Aktifit®	✓		✓			✓			✓										
BRA® йогурт			✓	✓							✓								
Pro Viva®, Prima Liv®							✓												
Symbalance®			✓	✓	✓					✓									
Vita®			✓		✓				✓										
Gaio®, Praghurt	✓+	✓															✓		
ABC®, Miru-Miru®			✓		✓							✓+	✓+						
ACT4®	✓		✓		✓				✓										
Yoke®	✓		✓		✓														
Yakult®					✓+	✓+													
Mil-Mil®	✓	✓	✓						✓+			✓+							
Кумыс		✓	✓																✓
Ацидофилин			✓											✓					
LC1®, Fysig®,Timi Active®			✓																✓

1. *S. thermophilus*; 2. *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*; 3. *L. acidophilus*; 4. *reuteri*; 5. *L. paracasei* подвид *paracasei* и биотип *shirota;* 6. *L. rhamnosus*; 7. *Lactobacillus plantarum*; 8. Виды *Lactobacillus*; 9–12 *B. bifidum, longum, infantis, breve* соответственно; 13. Виды *Bifidobacterium*; 14–16. *L. lactis* подвида *lactis*, подвида *cremoris*, биотип *diacetylactis*; 17. *P. acidilactici*; 18. *Ent. faecium*; 19. кефирные дрожжи.

Таблица 5.16. **Классификация и некоторые примеры заменителей жира, используемых в молочных продуктах**

Тип/торговая марка	Техническая информация		Торговая марка	Техническая информация	
	Источник	Энергия		Источник	Энергия
Модифицированные крахмалы и гидроколлоиды					
Камеди (смолы)	Многие		Maltrin®	Кукуруза (пшеница, corn)	4 ккал/г
N-Oil®	Тапиока	3,6 ккал/г	N-Lite D	Тапиока	3,8 ккал/г
Paselli®	Мальтодекстрин	4 ккал/г	Litesse ™	Полидекстроза	1 ккал/г
Lycadex®	Картофель/кукуруза восковой спелости	Нс	NatuReal	Овес	16,8 ккал/г
Crestar®	Картофель	3,8 ккал/г	Amalean®	Крахмал	343 кал/г
Stellar®	Маис	15,4 ккал/г	Rice® Complete	Рис	16 кДж/г
Orbitaron®	Мальтодекстрин	16,7 кДж/г	Optagrade®	Кукуруза	Нс
Tapiocaline®	Тапиока	3,5 кДж/г	Slendid	Метилэфиры полигалактуроновой кислоты	Нс
Модифицированная клетчатка					
Fibraline®	Инулин	4,2 кДж/г	Swelite®	Горох	4,2 кДж/г
Fibrex®	Сахарная свекла	2,8 кДж/г	JustFib®	Целлюлоза	0 кДж/г
Raftaline®	Инулин	4,2 кДж/г	Oatrim®	Овес	~16 кДж/г
Sofalite®	Горох	0,5 ккал/г	Vivacel®	Микрокристаллическая целлюлоза	0 кДж/г
Мелкодисперсный белок					
Simplesse®	Молоко	16,4 кДж/г	Trailblazer®		Нс
Lita®	Кукуруза (corn)	Нс	Miprodan®	Молоко	Нс
Dairy-Lo™	Молоко	4 ккал/г	AMP	Молоко	3,9 кал/г
Danpro®	Соя	11 кДж/г	Nutrilac®	Молоко	~19 кДж/г
Domovictus®	Молоко	15,5 кДж/г	Globula	Молоко	Нс
Синтетические соединения					
Olestra®	Сахароза, полиэфир	Нс	Ряд продуктов	(EPG, TACTA, DUR-Lo и масло жожоба) мало используются в молочных продуктах (см. [872])	

Нс – не сообщается.

Примечание: продукты на жировой основе, такие как Delios® и Tropicana®, изготавливаются из растительного масла и кокосового молока соответственно и используются в молочных продуктах. Для перехода от ккал/г к кДж/г умножьте величину на 4,18.

Данные по [85, 91, 167, 414, 872].

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

этом продукт имеет прекрасные лечебные свойства. В работах [873] и [862] рассмотрен широкий диапазон имеющихся на разных рынках продуктов (сквашенных, сухих, замороженных кондитерских изделий, сыра, детского питания, неферментированного молока). В табл. 5.15 приведены некоторые примеры кисломолочных продуктов, имеющихся на европейском рынке [859].

Очевидно, что информации о потенциальной ценности биойогурта для лечебных целей в настоящее время недостаточно и что финансовая поддержка промышленности будет зависеть от отклика и поддержки медиков. Имеются публикации, в которых описаны действия кисломолочных бактерий в здоровом и больном организме [765, 935]. Стало очевидным, что в кишечном тракте человека могут размножаться и оказывать лечебное действие лишь лактобактерии, выделенные из человеческого организма.

5.11 Йогурт с заменителями жира

Один из методов изготовления йогуртов пониженной жирности (низкокалорийных или легких йогуртов) заключается в использовании в составе молочной основы заменителей жира (то есть веществ с теми же функциональными и органолептическими свойствами, что и жиры, но не дающих калорий). На рынке в настоящее время имеется ряд различных заменителей жира, при этом можно выделить два основных типа:

- модифицированные крахмалы или белки, обладающие наряду с низкой калорийностью хорошими эмульгирующими или гелеобразующими свойствами;
- модифицированные продукты, содержащие соединения, препятствующие их усвоению, например, эфиры глицерина и сложные углеводы или эфиры жирных кислот.

Поэтому можно предложить следующий подход к классификации заменителей жира на основе их происхождения или метода обработки:

- модифицированные крахмалы и гидроколлоиды, включающие продукты на основе клетчатки;
- модифицированные молоко, яйца и/или соевые белки;
- синтетические вещества, содержащие модифицированные эфирные соединения.

К настоящему времени опубликован ряд работ, содержащих технические данные по этим заменителям жира [29, 39, 42, 110, 321, 392, 443, 478, 539, 615, 648]. Имеются также патенты с технической информацией по заменителям жира [654, 659, 727].

В табл. 5.16 приведены некоторые примеры заменителей жира, используемых в йогурте, пастах для бутербродов, сметане, натуральных и плавленых сырах, натуральном молоке и в замороженных десертах, включая мороженое [91, 689, 872].

По заменителям жира написан ряд научных работ, и подробное рассмотрение этого вопроса выходит за рамки данной работы. В работах [94, 266, 267, 605] рассмотрено использование крахмалов в качестве заменителей жира. В ряде работ в качестве ингредиентов йогурта рассмотрены пектин, инулин, рисовая мука, мелкодисперсные

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

сывороточные белки и нерастворимые пищевые волокна [78, 84, 90, 184, 311, 318, 378, 451, 514, 526, 545, 668, 674, 728, 732, 809, 816].

В работе [306] описано успешное создание низкокалорийного йогурта на базе обезжиренного молока, сухих сывороточных белков, модифицированного крахмала, аспартама® и эфиров сахара. Эфиры сахара (в основном стеараты с гидрофильно-липофильным балансом в диапазоне от 5 до 9) были получены из съедобных жиров и масел. Такая замена позволила получить йогурт, по структуре и консистенции подобный аналогичному продукту без эфиров сахара. В работах [140] и [146] рассмотрено получение низкокалорийных йогуртов из восстановленного сухого обезжиренного молока (СМО около 14 г/100 г) и семи видов заменителей жира на основе крахмала (*Litesse*™, улучшенная полидекстроза, *N-Oil*®II, *Lycadex*® 100 и 200 — мальтодекстрин, *Paselli*® SA2 и *P-Fibre* 150*C* и 285*F*), добавленных в количестве 1,5 г/100 г. Эти йогурты сравнивали с контрольными, изготовленными с применением обезвоженного молочного жира (ОМЖ). У готовых йогуртов содержание СМО составляло от 14 до 15,6 г/100 г. Кислотообразователями являлись в основном *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, причем на их метаболическую активность присутствие указанных заменителей жира в молоке не влияло (см. [141]).

Микробиологическое качество этих низкокалорийных йогуртов было превосходным, а количество коли-форм, дрожжей и плесеней в свежих продуктах и продуктах после хранения составляло менее 10 кое/г. Оба вида микроорганизмов закваски хорошо сохранялись (количество стрептококков составляло 10^8 кое/г, а лактобацилл — 10^5 кое/г). Все йогурты были оценены членами экспертной комиссии как удовлетворительные, за исключением продуктов с использованием заменителей жира *P-Fibre* 150*C* и 285*F*, которые не были одобрены ни в свежем виде, ни после хранения [144]. Оценки вкуса и аромата йогуртов были выше после хранения, следовательно, заменители жира не будут влиять на качество йогурта во время хранения и в ходе реализации [144]. Эти йогурты (за исключением йогуртов с заменителями жира *P-Fibre*) оценивались также потребителями (n = 182), но в йогурты были добавлены сахар (1 г/100 г) и клубника (как вкусовая добавка) [142, 737]. Результаты показали, что

- важен порядок представления йогуртов ($P < 0{,}005$); оценки йогуртов, представленных в начале и в конце, были выше;
- пол, возраст, национальность, привычки в употреблении йогурта существенно не влияли на предпочтения потребителей; однако иностранцы (относительно британских потребителей) выше оценивали йогурты, изготовленные с ОМЖ и заменителем жира *N-Oil*®II, и ниже — йогурты с *Lycadex*®.

Отделение сыворотки и плотность у всех йогуртов с заменителями жира были очень близки, за исключением продукта с *P-Fibre* 150*C*, в котором при хранении наблюдался минимальный синерезис [145]. Наблюдалось сочетание линейной и квадратичной зависимости от времени (уменьшение отделения сыворотки или увеличение плотности). Определенные статистически значимые корреляции ($P < 0{,}05$) наблюдались при комбинировании некоторых переменных (содержание белка, вязкость молока, отделение сыворотки и плотность). Кроме того, исследования с помощью электронной микроскопии при использовании различных заменителей жира [875] показали некоторые отличия в микроструктуре густых йогуртов. В молочной

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

основе вокруг казеиновых мицелл были ясно видны структуры, похожие на «шипы» и волоски; они были более светлыми по сравнению с казеином. Их определение в йогуртах очень затруднено. Они были ясно видны только с заменителями *P-Fibre* 150*C* и 285*F* (рис. 5.17, а) — с другими заменителями «шипы» не обнаруживались даже при увеличении концентрации вещества до 5 г/100 г. Йогурт, изготовленный с *Lycadex*® 100, был более пористым и имел несколько более крупные полости, заполненные молочной сывороткой. Использование более высоких концентраций заменителей жира (5 г / 100 г) увеличивало плотность, ухудшало вкус и ощущение во рту.

В работе [147] описан эффект добавления в йогурты белковых заменителей жира или микродисперсных сывороточных белков (*Simplesse*® 100 во влажном и сухом виде). Полученные йогурты сравнивали с йогуртами, содержащими ОМЖ (1,5 г/100 г). Качество йогуртов на основе сывороточных белков (при добавлении около 1,5 г/100 г) оказалось высоким и схожим с качеством йогуртов с ОМЖ, однако у йогуртов, содержавших мелкодисперсные сывороточные белки, отделение сыворотки было выше, а плотность ниже, чем у йогуртов, содержавших ОМЖ. Различие между двумя этими видами йогурта было наиболее выражено при введении влажной формы в ОМЖ эквивалентно СВ. Значимые отличия ($P < 0,05$) между продуктами, содержащими ОМЖ и мелкодисперсные сывороточные белки, обнаруженные в ходе органолептического анализа, заключались лишь в наличии кислого запаха и явном отделении сыворотки. На электронно-микроскопических снимках этих йогуртов видно, что гомогенизация ОМЖ дает жировые шарики, взаимодействующие с белками молока йогуртовой основы, и поэтому жир становится частью микроструктуры йогурта [874]. Подобная картина наблюдается с заменителями жира, частицы которых (0,1–0,3 мкм в диаметре) становятся частью цепочек казеиновых мицелл или связывают соседние цепочки (рис. 5.17, б).

Было установлено, что в йогуртах, изготовленных с заменителями жира во влажной и сухой формах, эти цепочки несколько короче, чем в йогурте с ОМЖ (статистической оценки не проводилось).

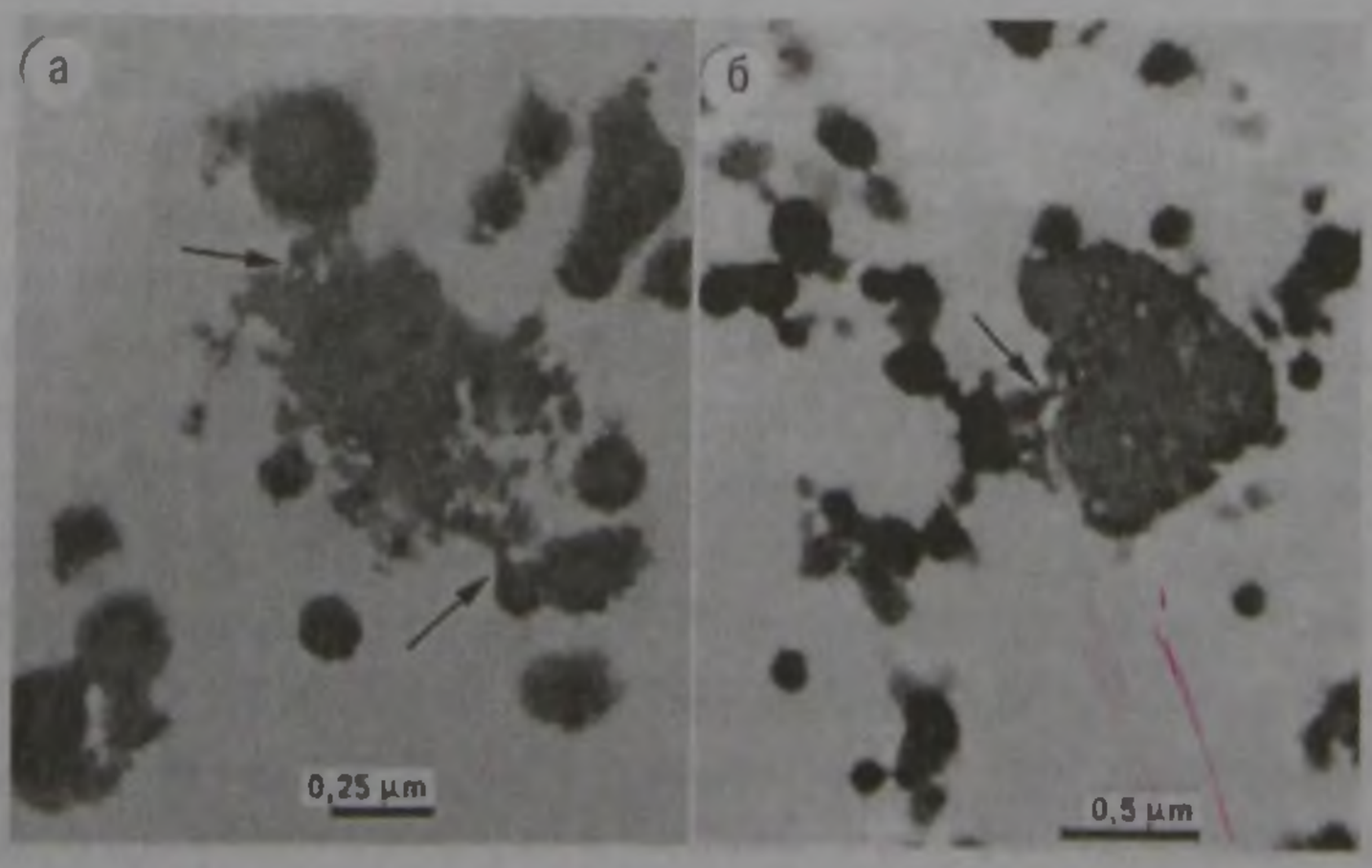


Рис. 5.17. а) — электронные снимки цепочек казеиновых частиц в йогурте, связанных (стрелки) с *P-Fibre* 150C; б) — частицы микродисперсного белка заменителя жира Simplesse®

BioMatrix™
пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

5.12 Йогурт с растительным маслом

В развивающихся странах рекомбинированные молочные продукты производятся из восстановленного сухого молока, а молочный жир при этом заменяется растительными жирами или маслами. Основная причина этого — стремление исключить затраты на импортный жир (несоленое сливочное масло или ОМЖ), сохраняя широкий диапазон молочных продуктов. Такие продукты выпускаются уже более 30 лет. Несомненно, они полезны потребителям, причем для приближения их по питательным свойствам к молочным продуктам рекомендовано добавление витаминов A и D (см. [653]). Диетическое ацидофильное молоко производилось в бывшем СССР из обезжиренного молока, обогащенного 2 г/100 г кукурузного масла, а в США был запатентован процесс получения йогурта, содержащего ненасыщенные жиры или растительные масла [609].

В последние несколько десятилетий во многих странах потребители начали серьезнее относиться к диетическим свойствам пищевых продуктов (особенно с учетом профилактики сердечно-сосудистых заболеваний). Кроме того, медики пришли к выводу о полезности увеличения в рационе доли ненасыщенных жиров и растительных масел, что может быть достигнуто в том числе и путем употребления йогурта с растительным маслом. Данных о кисломолочных продуктах с растительными маслами, к сожалению, немного. Имеются сообщения о двух видах растительного жира, которые могут быть использованы в йогурте с наполнителем [68]. Для получения низкокалорийных соусов с пониженной жирностью была запатентована основа, состоящая из 93% сквашенного молока (полученного с помощью закваски из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. helveticus)*, 3 г/100 г растительного масла (например, арахисового, кукурузного или соевого) и 3 г/100 г модифицированного крахмала [639]. Шаманова и др. [788] разработали специальный йогурт, содержащий 2,4 и 0,8 г/100 г молочного жира и растительного масла соответственно; этот продукт, по данным авторов, пригоден для питания детей 1–6 лет. Ароматизированный манго биойогурт с заменителем молочного жира был успешно изготовлен из молочной основы (18 г и 4,5 г/100 г СОМО и растительного масла соответственно), обработанной и заквашенной йогуртовой закваской и *B. bifidum* [111].

В [37] сообщается, что органолептические свойства йогурта, изготовленного с заменой молочного жира кукурузным и подсолнечным маслом, были хуже, чем у аналогичных продуктов, изготовленных из коровьего или верблюжьего ОМЖ или сливочного масла. В работе [148] сообщается, что в ходе органолептической оценки были обнаружены значительные различия ($P < 0,05$) в натуральном ароматизированном йогурте, содержавшем 1,5 г/100 г ОМЖ и растительные масла (оливковое, кукурузное, арахисовое или подсолнечное). Отличия заключались в явном отделении сыворотки и некоторых вкусовых и ароматических характеристиках (например, кислотный, нечистый привкус и послевкусие). Когда те же йогурты были подслащены и ароматизированы клубникой [143], результаты испытаний ($n = 80$) показали, что

- предпочтения потребителей не зависели от количества йогурта, потребляемого ими в течение недели (< 3, 4–5 или > 5 порций в неделю), или от национальной принадлежности (шотландцы, жители остальной части Великобритании, иностранцы);

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

- йогурты, содержащие ОМЖ и арахисовое масло, оценивались женщинами значительно выше ($P < 0,05$), чем мужчинами;
- все возрастные группы (< 20, 20–30 и > 20 лет) давали йогурту с ОМЖ самую высокую оценку, а йогурту с подсолнечным маслом — самую низкую; лишь возрастная группа от 20 до 30 лет обнаружила различия между йогуртами с остальными тремя видами растительного масла.

О стабильности масляной эмульсии при изготовлении йогурта с растительным маслом сообщалось в работах [142] и [148]. Молочную основу (СМО 14 г/100 г), содержавшую 1,5 г/100 г оливкового, подсолнечного или кукурузного масла, подвергали гомогенизации при 60 °С при трех различных значениях давления (17,3, 20,7 и 24,1 МПа) и обрабатывали в соответствии с обычной технологией изготовления йогурта. Обработанное молоко без закваски выдерживали в 150-миллилитровых пластиковых стаканчиках 3 ч при 42 °С. Содержание растительного масла в верхнем и нижнем слоях анализировали в начале эксперимента и через 3 ч. Любые отличия в результатах измерений могут служить указанием на нестабильность эмульсии. Период 3 ч был выбран потому, что это время приготовления йогурта. Закваску не вносили, так как снижение pH до значения, соответствующего началу формирования геля, препятствовало бы подъему капелек растительного масла на поверхность. Разделения молочной основы не наблюдалось при всех используемых давлениях гомогенизации, поэтому эмульгатор не требовался. Статистически значимых отличий (проверка дисперсионного отношения) между размерами шариков ОМЖ и растительного масла не наблюдалось, распределение частиц по размерам во всех пробах молока было практически одинаковым [148].

Реологические свойства и микроструктура густого натурального йогурта, содержащего различные растительные масла, описаны в работе [149]. Авторы пришли к

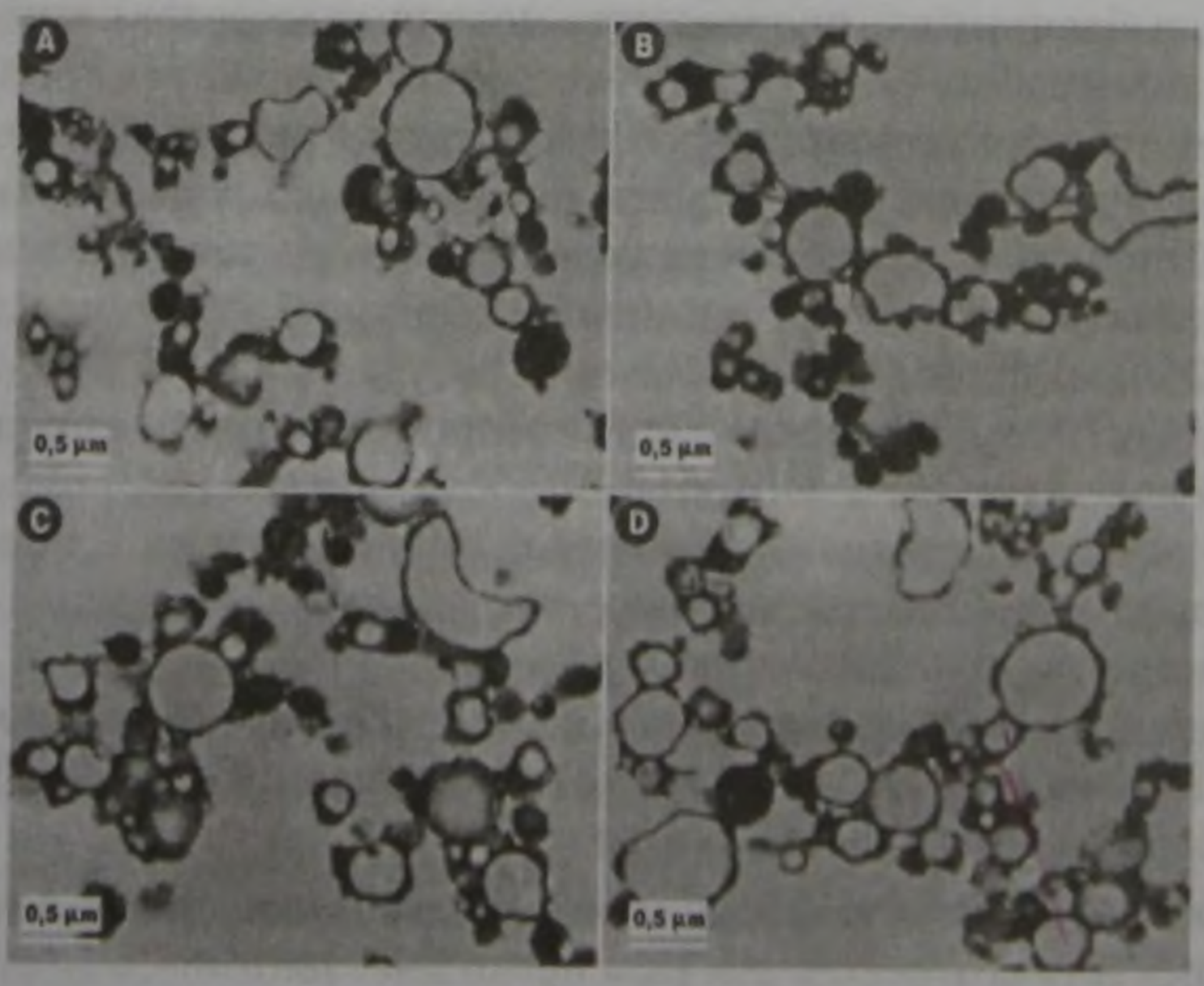


Рис. 5.18. Микроструктура (ТЭМ) йогуртов с различным жировым компонентом
A – сливки; B – оливковое масло; C – подсолнечное масло; D – кукурузное масло.

BioMatrix™ пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: bioproduct@rambler.ru

выводу, что у всех йогуртов на основе растительного масла отделение сыворотки было выше, а плотность — ниже, чем у продукта, содержавшего ОМЖ. Микроскопические исследования (СЭМ) показали, что микроструктура (пористость белковых матриц) всех йогуртов была аналогичной. Исследования методом ТЭМ показали, что и шарики молочного жира, и шарики всех растительных масел взаимодействовали с казеиновыми мицеллами и участвовали в образовании гелевых матриц (см. рис. 5.18). Для иллюстрации формирования мембраны вокруг жировых/масляных шариков и ее соединения с частицами казеиновых мицелл были изготовлены йогурты с ОМЖ (10 г/100 г), сливками или растительными маслами (кукурузным, оливковым, арахисовым и подсолнечным).

5.13 Йогурт, полученный с помощью химических коагулянтов

Добавление к молоку органических кислот (аскорбиновой, уксусной, фумаровой, яблочной, молочной, винной, лимонной, янтарной, щавелевой или фосфорной) или глюконо-δ-лактона (ГДЛ) может вызывать образование сгустка при pH < 4,6. Конечный продукт при этом называют йогуртом, полученным химическим осаждением, и хотя он напоминает йогурт по внешнему виду, структуре и консистенции, у него отсутствует характерный аромат, вкус и лечебные свойства йогурта, полученного сквашиванием молока с помощью закваски. Вопросы производства этого вида йогурта включены в этот раздел только для сравнения. Основы получения этого продукта описаны в ряде патентов [185, 275, 433, 518, 563, 629, 852], а данные по кинетике коллоидной агрегации молока с помощью ГДЛ приведены в работах [136, 137].

Параметры, выбранные для производства молочных десертов с применением коагулянтов, описаны в работе [781] — молочная основа содержит (в г/100 г): белка — 4, жира — 3,4 и сахара — 8. Рекомендуется проводить осаждение молочной, а не лимонной кислотой, что позволяет осуществить непрерывный процесс производства (см. также [371]). Использование глюконата кальция (как средства увеличения содержания кальция в заквашенном микроорганизмами йогурте) влияет на плотность и синерезис геля [313]. В производстве обычного йогурта в работе [25] рекомендуется использование 1 г/100 г ГДЛ для сокращения инкубационного периода на 45% и упрочнения геля (см. также [282, 315, 351]. В работах [152] и [153] отмечено, что при производстве йогурта сочетание закваски и 1 г/100 г ГДЛ улучшает органолептические свойства продукта. Отмечается также, что высококачественный йогурт может быть получен из негомогенизированного молока.

В [917] было проведено сравнение процесса гелеобразования при сквашивании разных видов молока (коровьего и козьего) с помощью ЭПС и не-ЭПС заквасок и ГДЛ. Авторы сделали следующие выводы:

- добавление ГДЛ при сквашивании коровьего молока приводит к получению геля, плотность которого в два раза превышает плотность аналогичного геля, полученного без ГДЛ;

ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 5.17. **Сравнительный химический состав (г/100 г) соевого и коровьего молока**

Компонент	Молоко	
	Соевое	Коровье
Белок	3,6	3,3
Жир	1,9	3,9
Углеводы	2,8	4,7
Зола	0,4	0,7
Вода	91,3	87,4

По [45] и табл. 2.1

- гель йогурта из козьего молока с добавлением ГДЛ был в 8–10 раз плотнее по сравнению с продуктом без ГДЛ;
- применение ЭПС-культур приводило к формированию более слабого геля в обоих типах молочной основы, чем использование культур, не образующих ЭПС и добавление ГДЛ.

5.14 Йогурт из соевого молока*

Поскольку в мире ощущается нехватка продовольствия, предпринимаются попытки найти альтернативные источники белка, особенно для тех развивающихся стран, где население не доедает. Поскольку соевые бобы имеются в изобилии, относительно дешевы и богаты белком (см. табл. 5.17), были предприняты некоторые усилия для использования их при производстве продуктов питания, приемлемых для массового потребителя.

Основные возражения потребителей против продуктов из сои связаны с бобовым вкусом и метеоризмом (выделением углекислого газа, водорода и метана кишечной флорой при разложении и/или метаболизме олигосахаридов, присутствующих в сое). Эти проблемы могут быть преодолены с помощью различной обработки и/или ферментации продукта. Существует два современных подхода к производству ферментированной пищи — использование соевого молока для получения йогуртоподобных продуктов и добавление продуктов переработки сои к молоку млекопитающих.

Многие исследователи в разных странах изучали и разрабатывали различные ферментированные продукты, например, йогурт из соевого молока. Библиография работ с 1910 г. приведена в обзоре [98]. Некоторые аспекты сквашивания соевого молока описаны в работах [363, 617, 818]. Запатентован также ряд методов получения йогурта из соевого молока [295, 319, 462, 664, 938].

* Подобная терминология (соевое молоко, соевый йогурт, соевый сыр и т. п.) получила весьма широкое распространение. Однако применять ее следует с некоторой оговоркой, поскольку в соответствии с CODEX ALIMENTARIUS термин «молоко» должен означать исключительно продукт нормальной молочной секреции без любых добавок к нему и удалений из него (п. 1.1). Это относится и к продуктам, изготовленным из молока. — *Прим. науч. ред.*

DOHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Получение йогурта из соевого молока рассматривается в работах [692–694]. Авторы пришли к следующим выводам:

- из соевого молока можно получить приемлемый йогуртоподобный продукт, используя лишь *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*;
- оптимальное качество ферментированного продукта получается при содержании молочной кислоты около 1,15%, при этом формируется однородный плотный сгусток без отделения сыворотки; вкус его по сравнению с соевым молоком улучшается;
- вкус ферментированного соевого молока непосредственно связан с уровнем *n*-пентанала и *n*-гексанала; *S. thermophilus* образует *n*-пентанал, а *n*-гексанал присутствует в соевом молоке;
- снижение уровня олигосахаридов незначительно.

Примером другого подхода является обогащение коровьего молока или молока буйволиц соевым белком для производства *забади*. Введение соевого белка в молочную основу направлено на уменьшение дефицита молока в Египте. В работе [10] на основе оценки этого *забади* были сделаны следующие выводы:

- уровень кислотности, общее количество азота и летучих кислот и в коровьем молоке, и в молоке буйволиц увеличиваются постепенно при увеличении содержания соевого белка от 10 до 50 г/100 г;
- при органолептической оценке эти соевые йогурты по своей плотности и текстуре, внешнему виду и кислотности были аналогичны контрольным; основное различие заключалось во вкусе; оценка *забади* с добавлением 10 г/100 г соевого белка составила 25 из 45 баллов, а для контрольного продукта (без соевого белка) — 40;
- использование соевого белка в концентрации более 10 г/100 г придает продукту бобовый вкус, который с точки зрения экспертной комиссии неприемлем;
- используемый в данном исследовании способ получения соевого компонента не может быть рекомендован, поскольку существуют другие способы и приемы, позволяющие снизить интенсивность бобового привкуса.

В работе [479] указана возможность использования при производстве *забади* обезжиренного соевого молока для замены молока буйволиц; при этом отделение сыворотки в продукте резко уменьшалось через 24 ч хранения при 5 °С. Однако в работе [293] сделан вывод о том, что не следует добавлять к молоку буйволиц более 10% соевого молока, поскольку количество микроорганизмов закваски снижается с увеличением концентрации соевого молока, а приемлемость *забади* снижается из-за наличия бобового вкуса. В [224] наблюдалось уменьшение (по сравнению с обезжиренным молоком буйволиц) скорости образования кислоты в соевом молоке, которое сквашивали *S. thermophilus*. Йогурт из смеси молока буйволиц и соевого молока в соотношении 65 : 35 был оценен экспертной комиссией как приемлемый; добавление альгината натрия (0,2 г/100 г) улучшало консистенцию продукта по сравнению с контрольным образцом или с образцом с карбоксиметилцеллюлозой.

В работе [263] сообщается о получении диетического продукта, предотвращающего аллергические заболевания, путем смешивания йогурта при 10 °С с равным количеством соевого молока без закваски; таким образом можно компенсировать малое содержание кислоты, продуцируемой микроорганизмами закваски в соевом молоке и/или добиться их выживания при хранении. Хотя рост *L. acidophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и йогуртовой закваски происходит в коровьем молоке (после ультрафильтрации и без нее) и в соевом молоке одинаково, количество микроорганизмов в коровьем молоке при хранении не изменяется, а в ферментированном соевом молоке сильно снижается; кроме того, продукты с соевым молоком имеют явный «бобовый» привкус [517].

Количество соевого молока, добавляемого в коровье молоко, по данным разных авторов значительно отличается. В [825, 826] утверждается, что йогурт из соевого молока, содержащий 10–15% коровьего молока, является удовлетворительным, особенно при введении вкусовых добавок; в [200] получали йогурт из молока, обогащенного соевым изолятом или сухим соевым молоком, причем для маскирования соевого привкуса рекомендуется добавлять сахар, кофе и карамель. В [221] густой йогурт без бобового привкуса был получен при использовании смеси соевого молока и обезжиренного молока (в соотношении 80 : 20) с добавлением сахарозы (1 г/100 г) и сквашивания ее смешанной культурой, состоящей из *S. thermophilus* и *L. acidophilus*. В [621] рекомендуется смесь 50 : 50; при этом лучший йогурт был получен при использовании только *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. также [376, 496, 707]). Имеются сообщения о том, что вкус и консистенцию сквашенного продукта улучшают иные рецептуры, например:

- использование коровьего молока с 20% концентрата белков сыворотки (КБС) и 2% концентрата соевого белка улучшали качество *забади* [286];
- соевое молоко, обогащенное 6–8% сухого обезжиренного молока, давало приемлемый йогурт с хорошим вкусом, плотной структурой и однородной консистенцией [283]; в [683] рекомендуется использовать 2–3% сухого обезжиренного молока;
- йогурт, полученный из соевого молока, обогащенного казеинатами или гидролизатами казеина (но не гидролизатом сывороточного белка), аналогичен по содержанию молочной кислоты, основным летучим компонентам, вкусу и консистенции йогурту, изготовленному из коровьего молока [350, 461, 937];
- соевое молоко, обогащенное подсырной сывороткой или сухими веществами сыворотки и порошком обезжиренного молока или сухой сывороткой и овсяной мукой, дает приемлемый йогурт [673, 742, 743, 803, 804].

Йогурт, изготовленный только из соевых белковых концентратов, имел неприемлемый вкус и консистенцию, а также желтоватый цвет. Подобные дефекты могут быть сведены к минимуму с помощью различных добавок и/или методов обработки, например:

- добавление глюкозы или фруктозы к молочной основе [379] или использование лактозы и цитрата [680]; в работах [186, 189] утверждается, что йогурт из соевого молока был неприемлемым для большинства потребителей;

- ферментная обработка концентрата соевого белка протеазой или папаином и обогащение глюкозой (1 г/100 г) усиливает рост *L. acidophilus* и несколько улучшает органолептические свойства ферментированного продукта (см. [491, 504]);
- добавление сахарозы, стабилизаторов, цитрата натрия и/или сульфата кальция способствует улучшению вкуса и органолептических свойств продукта на основе сои [657, 673, 743, 801, 907]; вместе с тем в работе [217] не отмечено улучшения качества йогурта из соевого молока, обогащенного ацетатом кальция, желатином и лактозой;
- соевое молоко, обработанное активированным углем и обогащенное затем сухим обезжиренным молоком и белковым сывороточным концентратом, дает продукт, вполне сравнимый с йогуртом (за исключением вкуса); в ходе его обработки не удается удалить фенольные вещества, присутствующие в соевом молоке [540, 894].

Кинетика утилизации углеводов микроорганизмами закваски для йогурта была рассмотрена в работе [188] и сделан вывод, что а) лучше действовала смешанная культура с соотношением 1 : 1 по весу клеток, чем по их количеству, и б) культуры, находящиеся в соевом молоке свыше 168 ч, в состоянии гидролизовать стахиозу. В работе [904] отмечается, что наличие *S. thermophilus* в соевом молоке, сквашенном *L. acidophilus*, уменьшает жизнеспособность молочнокислых бактерий в продукте. Сообщается также [924], что лучший вкус йогурта из соевого молока получается при подслащивании молочной основы сахарозой, а затем заквашивании при помощи *L. acidophilus* и *S. thermophilus*; присутствие *B. bifidum* стимулирует рост этих микроорганизмов йогурта в заквашенном соевом молоке [649]. В [799] был изучен рост в соевом молоке ряда молочнокислых бактерий (мезофильных лактококков, йогуртовых микроорганизмов, *L. paracasei* подвида *paracasei* и *L. helveticus)* и сделан вывод, что их рост улучшается при нагреве соевого молока в течение 15–60 мин при 60 °С в присутствии глюкозы и лактозы. Эти противоречивые наблюдения могут быть обусловлены различием использованных штаммов бактерий и видов соевого молока.

Бактерии, культивируемые в экстрактах маниоки (кассавы) и кукурузы, снижают pH соевого молока быстрее, чем коровьего, а культура, полученная на кукурузе, дает в сквашенном соевом молоке наиболее приемлемый йогуртовый аромат [658]. Чтобы свести к минимуму бобовый привкус соевого молока, для его сквашивания лучше использовать не обычные закваски для йогурта, а другие микроорганизмы. Питьевой йогурт из соевого молока был получен при использовании бланшированных семядолей соевых бобов, перемолотых с пахтой (кашицы, включавшей сухие веществ сои и пахты в соотношении 2 : 1 или 1 : 1). Из этой кашицы затем был получен приемлемый сквашенный и подслащенный продукт, напоминающий *ласси* или *дахи* [249, 250, 709].

5.15 Прочие йогуртоподобные продукты, продукты на основе йогурта

В настоящее время на различных рынках мира появляется большое количество разнообразных продуктов, подобных йогурту или приготовленных на его основе. Неко-

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

Таблица 5.18. **Продукты на основе йогурта**

Продукт	Литература
Без холестерина	[609]
Обогащенный витаминами, *Vitana*	[55, 608, 703]
Низкокалорийный	[348, 646]
С пшеничными отрубями или клетчаткой	[65, 228]
Для антибиотической терапии, в форме диетических и фармацевтических таблеток[a]	[51, 56, 456, 497, 746, 862]
Для детского питания	[63, 206, 435, 442, 626, 718]
Для спортсменов	[133]
Сквашенное молоко для искусственного вскармливания, приближенное к женскому	[506]
Гуаровый йогурт	[480, 734]
Диетический йогурт из соевого молока	[262]
С ликером или вином	[69, 79, 207, 459, 634]
Кислый поридж (*uji*, уджи)	[601]
Салатные заправки (дрессинг)	[560, 844]
Йогуртовые торты	[38, 756, 946]
Корм для домашних животных	[387]
Ферментированные сосиски	[847]

[a] Может содержать биокультуры и йогуртовую микрофлору.

торые из них получают широкое распространение, другие характеризуются ограниченным спросом или выпускаются в диетических/лечебных целях, а некоторые призваны просто расширить ассортимент. Некоторые примеры таких продуктов приведены в табл. 5.18; имеются также обзоры таких продуктов [567, 573].

На рынке могут иметь спрос и такие продукты, подобные йогурту, как мусс, вспененный или взбитый йогурт. Для поддержания стабильности воздушных пузырьков во вспененном продукте используется сочетание стабилизаторов и эмульгаторов [238, 513, 948]. Типичный вспененный йогурт состоит (в кг): из йогурта (5,2), сахара (0,7), сливок (3,3, с жирностью около 48 г/100 г), фрукты (25%), *Hamulsion* SPR (0,34; получен от фирмы *G. C. Hahn*; его растворяют в 1,7 л горячей воды при 90 °С и добавляют в смесь при 60 °С). Смесь вспенивают (аэрируют) с помощью специальной установки (*Mondomix*) и достигают увеличения объема на 65–70%.

5.16 Дальнейшие перспективы и выводы

Естественно, что некоторые традиционные продукты (например, концентрированный или процеженный йогурт) были видоизменены технологами для промышленного производства с использованием механизированного оборудования при минимальном изменении качества продукта. Это позволяет обеспечить выпуск и модификацию продукта в промышленных масштабах для удовлетворения запросов потребителей

DÖHLER ДЁЛЕР – 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

на различных рынках. Можно с уверенностью предположить, что до 1950-х гг. йогурт был практически неизвестен за пределами Среднего Востока и Балкан, однако подслащивание и добавление в него фруктов увеличили его популярность во всем мире. Весьма вероятно, что благодаря новым разработкам продукты на основе йогурта будут иметь сходную судьбу. Особенно это касается таких продуктов, как сухой йогурт (кишк) и родственные ему продуктов, обладающих полезными питательными свойствами.

5.17 Литература

1. Ahbas, M., Huyghbeart, A., Ismail, A., Youssef, A. and El-Deeb, S. (1996a) *Alexandria Journal of Agricultural Research*, **41(1)**, 99.
2. Abbas, M., Huyghbeart, A., Ismail, A., Youssef, A. and El-Deeb, S. (1996b) *Alexandria Journal of Agricultural Research*, **41(1)**, 101.
3. Abbas, M., Huyghbeart, A., Ismail, A., Youssef, A. and El-Deeb, S. (1996c) *Alexandria Journal of Agricultural Research*, **41(1)**, 115.
4. Abd El-Hady, S. M., Abdou, S. M., Dawood, A. H. and Younis, M. P. (1985) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **13**, 19.
5. Abd El-Salam, M. H. and El-Alamy, H. A. (1982) In *Research Bulletin – Am Shams University*, No. 1803, pp. 1–11.
6. Abdou, S. M., Abd El-Hady, S. M., Dawood, A. H. and Younis, M. F. (1984) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **12**, 275.
7. Abd-Rabo, F. H., Ahmed, M. S., Abou-Dawood, A. E. and Hassan, F. A. M. (1992) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **20**, 317.
8. Abou-Dawood, A. E., Abd-Rabo, F. H., Ahmed, N. S. and Hassan, F. A. M. (1993) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **21**, 21.
9. Abou-Donia, S. A. (1984) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **19**, 7.
10. Abou-Donia, S., El-Soda, M. and Mashally, R. (1980) *Journal of Dairy Research*, **47**, 151.
11. Abou-Donia, S. A., Attia, I. A., Khattab, A. A. and El-Shenawi, Z. (1991) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **19**, 283.
12. Abou-Donia, S. A., Attia, I. A., Khattab, A. A. and El-Khadragy, S. M. (1992a) *Egyptian Journal of Food Science*, **20**, 1.
13. Abou-Donia, S. A., Khattab, A. A., Attia, I. A. and El-Khadragy, S. M. (1992b) *Egyptian Journal of Food Science*, **20**, 13.
14. Abrahamsen, R. K. (1991) *Dairy Science Abstracts*, *S3*, 495.
15. Abrahamsen, R. K. and Holmen, T. B. (1981) *Journal of Dairy Research*, **48**,4 57.
16. Abrahamsen, R. K. and Rysstad, G. (1991) *Cultured Dairy Products Journal*, **26(3)**, 20.
17. Abu-Tarboush, H. M. (1994) *Milchwissenschaft*, **49**, 379.
18. Abu-Tarboush, H. M. (1996) *Journal of Dairy Science*, **79**, 366.
19. Abu-Tarboush, H. M., Al-Dagal, M. M. and Al-Royli, M. A. (1998) *Journal of Dairy Science*, **81**, 354.
20. Agnihotri, M. K. and Pal, U. K. (1996) *Indian Journal of Small Ruminants*, **2(2)**, 24.
21. Agnihotri, M. K. and Pal, U. K. (1997) *Indian Journal of Small Ruminants*, **3(2)**, 86.
22. Ahmed, T. K. (1992) *Sudan Journal of Animal Production*, 5, 93.
23. Ahmed, N. S. and Ismail, A. A. (1978a) *Journal of Dairy Research*, **45**, 119.
24. Ahmed, N. S. and Ismail, A. A. (1978b) *Milchwissenschaft*, **33**, 228.
25. Akbulut, N. and Kinik, O. (1991) *Ege Universitesi Ziraat Fakullesi Dergisi*, **28**, 129.
26. Akin, N. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 341.
27. Akin, N. and Rice, P. (1994) *Cultured Dairy Products Journal*, **29(3)**, 23.
28. Akin, N., Rice, P. and Holdich, R. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30(2)**, 2.
29. Akoh, C. C.and Swanson, B. G. (Eds.) (1994) In *Carbohydrates Polyesters as Fat Substitutes*, Marcel Dekker, New York.
30. Al-Dahhan, A. H., Ali, M. M. and Sibo, N. H. (1984) *Iraqi Journal of Agricultural Sciences «Zanco»*, 2(2), 51.
31. Alexiou, H., Kehagias, C., Konidari, P., Lambrakos, M. and Garifallidis, N. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 165.

32. Al-Kanhal, H. A. (1993) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **21**, 123.
33. Al-Mashhadi, A. S., Saadi, S. R., Ismail, A. and Salji, J. P. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, **22**(1), 24.
34. Al-Mohizea, I. S., Abu-Lehia, I. H. and El-Behery, M. M. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, **23**(3), 20.
35. Al-Ruqaie, I. M. and El-Nakhal, H. M. (1987) *Journal of Food Science and Technology - India*, **24**, 230.
36. Al-Ruqaie, I. M., El-Nakhal, H. M. and Wahdan, A. N. (1987) *Journal of Dairy Research*, **54**, 429.
37. Al-Saleh, A. A. and Hammad, Y. A. (1992) *Annals of Agricultural Science - Cairo*, **37**, 467.
38. Altman, L. and Landis, W. (1995) *Journal of Nutrition in Recipe and Menu Development*, **1**(4), 45.
39. Altschul, A. M. (Ed.) (1993) In *Low-Calorie Foods Handbook*, Marcel Dekker, New York.
40. Amer, S. N., Girgis, E. S., Taha, S. H. and Abd El-Moeety, S. H. (1997) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **25**, 179.
41. Amin, J. B., Singh, R. S. and Chander, H. (1992) *Indian Journal of Animal Sciences*, **62**, 93.
42. Anderson, K. (1990) In *Foods for the '90s*, Ed. by Birch, G. G., Campbell-Platt, G. and Lindley, M. G., Elsevier Applied Science, London, pp. 149–168.
43. Andreasen, T. (1990) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 166–169.
44. Andreini, R. (1997) *Dairy Science Ablracts*, **59**, 583.
45. Angeles, A. G. and Marth, E. H. (1971) *Journal of Milk and Food Technology*, **34**, 30.
46. Anifantakis, E. M. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. I, pp. 420–432.
47. Anifantakis, E. M., Kehagias, C., Kotouza, E. and Kalantzopoulos, G. (1980) *Milchwissenschaft*, **35**, 80.
48. Anon. (1965) In *Lebanese Standards LS: 24 Milk and Milk Products*, Lebanese Standards Institution, Beirut.
49. Anon. (1973a) British Patent Application, GB 1 330793.
50. Anon. (1973b) British Patent Application, GB I 330794.
51. Anon. (1974) *The Milk Industry*, 74(5), 19.
52. Anon. (1977a) *Food Engineering International*, 2(9), 31.
53. Anon. (1977b) *The Milk Industry*, **79**(8), 21.
54. Anon. (1977c) *Food Engineering International*, **2**(1), 24.
55. Anon. (1977d) *Dairy Science Abstracts*, **39**, 262.
56. Anon. (1977e) French Patent Application, FR 2335157.
57. Anon. (1978a) *Food Engineering International*, **3**(2), 24.
58. Anon. (1979a) *Milk Produter*, **26**, 9.
59. Anon. (1979b) French Patent Application, FR 2423 163.
60. Anon. (1980a) *Packaging*, **51**, 17.
61. Anon. (1980b) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 841.
62. Anon. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 173.
63. Anon. (1983a) *North European Dairy Journal*, **49**, 195.
64. Anon. (1983b) *Dairy Industries International*, **48**(2), 9.
65. Anon. (1983c) *Food Engineering International*, 8 (October), 37.
66. Anon. (1983d) *Confectionery Manufacture and Marketing*, **20**(5), 12.
67. Anon. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 493.
68. Anon. (1985a) *ASEAN Food Handling Newsletter*, No. 17, 10.
69. Anon. (1985b) *Milk Industry*, **87**(4), 11.
70. Anon. (1986a) *Dairy Field*, **169**(7), 32.
71. Anon. (1986b) *Food Engineering*, **58**, 168.
72. Anon. (1986c) *Dairy Industries International*, **51**(4), 34.
73. Anon. (1986d) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 152.
74. Anon. (1987a) *Dairy Foods*, **88**(1), 39.
75. Anon. (1987b) *Milk Industry*, **89**(5), 15.
76. Anon. (1989) *European Dairy Magazine*, No. 1, 70.
77. Anon. (1990a) *Food Processing*, **59**(11), 11.
78. Anon. (1990b) *Food Technology*, **44**(3), 92.
79. Anon. (1990c) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 437.
80. Anon. (1991a) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 541.
81. Anon. (1991b) *Dairy Foods*, **92**(5), 62.
82. Anon. (1991c) *Dairy Foods*, **92**(1), 58.
83. Anon. (1991d) *Dairy Foods*, **92**(2), 73.
84. Anon. (1991e) *Food Technology*, **45**(12), 116.
85. Anon. (1991f) *International News on Fats, Oils and Related Materials*, **2**(2), 115.
86. Anon. (1991g) *Prepared Foods*, **160**(7), 53.

87. Anon. (1992a) *Dairy Foods*, **93**(9), 106.
88. Anon. (1992b) *Dairy Industries International*, **57**(12), 10.
89. Anon. (1993a) *European Dairy Magazine*, **5**(2), 29.
90. Anon. (1993b) In *Food Technology International Europe*, Ed. by Turner, A. Sterling Publications, London, pp. 143–145.
91. Anon. (1994) *International Food Ingredients*, **August/September**, No. 5, 70.
92. Anon. (1995a) *European Dairy Magazine*, **7**(1), 49.
93. Anon. (1995b) *European Dairy Magazine*, **7**(2), 55.
94. Anon. (1995c) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 857.
95. Anon. (1996) *European Dairy Magazine*, **8**(1), 10.
96. Anon. (1997) *Dairy Industries International*, **62**(8), 30.
97. Anon. (1998) *Dairy Foods*, **99**(1), 42.
98. Aoyagi, A. (Ed.) (1994) In *Soy-Yogurt/Bibliography and Sourcebook 1910 to 1994*, Soyfoods Center, Lafayette.
99. Arany, C. B., Hackney, C. R., Duncan, S. E., Kator, H., Webster, J., Pierson, M., Boling, I. W. and Eigel, W. (1995) *Journal of Food Protection*, **58**, 1142.
100. Araujo, W. M. C., Pires De Freitas, C., Pipes, E. M. F. and Lima De Olivera, S. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 48.
101. Abies, R. (1977) *North European Dairy Journal*, **43**, 257.
102. Aries, R. (1978) *Confectionery Manufacture and Marketing*, **15**, 7.
103. Ariga, H., Takahashi, S., Sakamoto, A. and Tsutsui, S. (1989) *Japanese Journal of Dairy and Food Science*, **38**(4), A-153.
104. Arkhipova, A. N. and Krasnikova, L. V. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 437.
105. Arolski, A. T., Usheva, V. B., Gruev, P. V., Richev, G. T. and Doncheva, Ts. S. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 76.
106. Arsov, A. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 170.
107. Arsov, A. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 930.
108. Arsov, A. and Godic, K. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 887.
109. Arsov, A. and Torkar, K. G. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 575.
110. Artz, W. E. and Hansen, S. L. (1996) In *Food Lipids and Health*, Ed. by McDonald, R.E. and Min, D.B. Marcel Dekker, New York, pp. 385–415.
111. Asgar, A. and Thompkinson, D. K. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, **47**, 698.
112. Atamer, M., Yildirim, M. and Daglioglu, O. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 723.
113. Atamer, M., Aydin, G. and Sezgin, E. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 176.
114. Atreja, S. K. and Deodhar, A. D. (1987) *Journal of Food Science and Technology - India*, **24**, 266.
115. Attia, H., Bennasar, M. and Tarodo De La Fuente, B. (1991a) *Journal of Dairy Research*, **58**, 39.
116. Attia, H., Bennasar, M. and Tarodo De La Fuente, B. (1991b) *Journal of Dairy Research*, **58**, 51.
117. Aytac, S. A. (1996) *Advances in Food Sciences*, **18**(12), 28.
118. Azimov, A. M. (1982) *XXI International Dairy Congress*, **Vol. 1**, Book 2, pp. 619.
119. Aziz, T. (1985) *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, **22**(3), 80.
120. Bach, J. (1977) *Deutsche Milchwirtschaft*, **28**, 1376.
121. Bach, J. (1978) British Patent Application, GB 1507069.
122. Baig, M. I. and Prasad, V. (1996a) *Indian Journal of Dairy Science*, **49**, 585.
123. Baig, M. I. and Prasad, V. (1996b) *Journal of Dairying, Foods and Home Sciences*, **15**, 99.
124. Baisya, R. K. and Bose, A. N. (1974) *Journal of Food Science and Technology - India*, **11**, 128.
125. Baisya, R. K. and Bose, A. N. (1975) *Journal of Food Science and Technology - India*, **12**, 306.
126. Baisya, R. K., Chattoraj, D. K. and Bose, A. N. (1978) *Journal of Food Science and Technology - India*, **15**, 71.
127. Bake, K. (1979) *Milchwissenschaft*, **26**, 536.
128. Baker, D. B. (1983) United States Patent Application, US 4410549.
129. Baker, D. B. (1985) British Patent Application, GB 2147188 A.
130. Baker, D. B. and Hulet, V.(1988) PCT International Patent Application, WO 88/09125 A 1.
131. Baker, D. B. and Hulet, V. (1989) British Patent Application, GB 2210769A.
132. Balasubramanyam, B. V. and Varadaraj, M. C. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(1), 22.
133. Baltadzhieva, M., Savov, S. and Batinov, K. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 328.
134. Baltadzhieva, M., Tchoroleva, M. and Panayotov, P. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 91.
135. Banerjee, S. (1995) In *Cooking with Yogurt*, Sangam Books, London.
136. Banon, S. and Hardy, J. (1991) *Journal of Dairy Research*, **58**, 75.
137. Banon, S. and Hardy, J. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 935.
138. Bardale, P. S., Waghmare, P. S., Zanjad, P. N. and Khedkar, D. M. (1986) *Indian Journal of Dairy Science*, **39**, 480.

139. Barlows, A., Truper, H. G., Dworkin, M., Harder, W. and Schleifer, K.-H. (Eds.) (1992) In *The Prokaryotes – A Handbook on the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications*, 2nd Edition, **Vol. 1 and 2**, Springer-Verlag, New York.
140. Barrantes, E. (1993) In *Some Aspects of the Production and Quality of Set Yoghurt Using Fat-Substitutes and Vegetable Oils*, PhD Thesis, University of Glasgow, Glasgow.
141. Barrantes, E. and Tamime, A. Y. (1992) *Dairy Industries International*, **57**(8), 27.
142. Barrantes, E., Tamime, A. Y. and Sword, A. M. (1993) *Dairy Industries International*, **58**(11), 33.
143. Barrantes, E., Tamime, A. Y. and Sword, A. M. (1994a) *Dairy Industries International*, **59**(8), 25.
144. Barrantes, E., Tamime, A. Y. and Sword, A. M. (1994b) *Milchwissenschaft*, **49**, 205.
145. Barrantes, E., Tamime, A. Y. and Sword, A. M. (1994c) *Milchwissenschaft*, **49**, 263.
146. Barrantes, E., Tamime, A. Y., Davies, G. and Barclay, M. N. I. (1994d) *Milchwissenschaft*, **49**, 135.
147. Barrantes, E., Tamime, A. Y., Mliir, D. D. and Sword, A. M. (1994e) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **47**, 61.
148. Barrantes, E., Tamime, A. Y., Sword, A. M., Muir, D. D. and Kalab, M. (1996a) *International Dairy Journal*, **6**, 811.
149. Barrantes, E., Tamime, A. Y., Sword, A. M., Muir, D. D. and Kalab, M. (1996b) *International Dairy Journal*, **6**, 827.
150. Barua, N. N. and Hampton, R. J. (1986) United States Patent Application, US 4609554.
151. Basseit, H. J. (1983) *Cultured Dairy Products Journal*, **18**(1), 27.
152. Bayoumi, S. and Madkor, S. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**,233.
153. Bayoumi, S. and Reuter, H. (1989) *Kieter MUchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **41**, 159.
154. Van Beckevoort, Y. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 367.
155. Bee, R. D., Needham, D. and Smallwood, K. (1994) PCT International Patent Application, WO 94/12050 A1.
156. Berg, L. and Moeller, J. L. (1994) *Danish Dairy and Food Industry - Worldwide*, **9**, 48.
157. Berge, J. (1964) *Dairy Industries*, **29**, 664.
158. Beuchat, L. R. (1983) In *Biotechnology: Food and Feed Production with Micro-organisms*, **Vol. 5**, Ed. by Reed G., Verlag Chemie, Weinheim, pp. 477–528.
159. Beutler, W., Favre-Galliand, L., Illi, J. and Slitter, A. (1993) European Patent Application, EP0538646 A1.
160. beyene, F. and abrahamsen, r.k. (1997) *Tropical Science*, **32**, 75.
161. Bezkorovainy, A. and Miller-Catchpole, R. (1989) In *Biochemistry and Physiology of Bifidobacteria*, CRC Press, Boco Raton.
162. Bielecka, M., Przewozna, A. and Kowalczuk, J. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 2, pp. 282.
163. Bielecka, M., Przewozna, A. and Kowalczuk, J. (1988) *Acta Alimentaria Polonica*, **14**, 163.
164. Black, M. (1977) In *Home-Made Butter, Cheese and Yoghurt*, EP Publishing, Wakefield, U.K.
165. Blanchaud, M. (1973a) *Dairy Science Abstracts*, **35**, 32.
166. Blanchaud, M. (1973b) *Dairy Science Abstracts*, **35**,165.
167. Blenford, D. E. (1993) *International Food Ingredients*, April/May No. 3, 41.
168. Boghra, V. R. and Mathur, O. N. (1992) *Journal of Food Science and Technology - Mysore*, **29**, 121.
169. Boghra, V. R., Rajorhia, G. S. and Mathur, O. N. (1997) *Indian Journal of Dairy Science*, **50**, 107.
170. Bohren, H. U. (1974) United States Patent Application, US 3793465.
171. Bonczar, G., Wszolek, M., Serafin, M. and Prazuch, T. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 155.
172. Botha, L. J., Downes, T. E. H., Lombard, S. H. and McGill, A. E. J. (1987) *South African Journal of Dairy Technology*, **19**, 99.
173. Bottazzi, V. (1996) In *International Symposium on Buffalo Products*, Ed. by Gigli, S., Chupin, D., Galal, S., Grasso, R., Boyazoglu, J. and Matassino, D. EAAP Publication No. 82, Wageningen Pers, Wageningen, Netherlands, pp. 15–16.
174. Bourlioux, P. and Pochart, P. (1988) *World Review of Nutrition and Dietetics*, **56**, 217.
175. Boylan, W. J. (Ed.) (1989) In *North American Dairy Sheep Symposium*, University of Minnesota, St. Paul.
176. Bozanic, R. and Tratnik, L. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 188.
177. Bozanic, R., Tratnik, L. and Mark, O. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 343.
178. Bradley Jr., R. L. and Hekmati, M. (1981) United States Patent Application, US 4293573.
179. Bradley Jr., R. L. and Winder, W. C. (1977) *American Dairy Review*, **39**(6), 30B.
180. Bray, F. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 502.
181. Broome, M. C., Roginski, H. and Hickey, M. W. (1983) *Australian Journal of Dairy Technology*, **38**, 35.
182. Brown, D. P., Bandler, D. K. and Scofield, K. T. (1991a) *Journal of Dairy Science*, **74** (Supplement 1), 115.
183. Brown, D. P., Bandler, D. K. and Wolff, P. S. (1991b) *Journal of Dairy Science*, **74** (Supplement 1), 141.
184. Buchheim, W. and Hoffmann, W. (1994) *European Magazine*, **6**(1), 30.
185. Budolfsen, G. and Nielsen, P. M. (1994) PCT International Patent Application, WO 94/21129 A1.

186. Buono, M. A. (1989) *Dissertation Abstracts International B*, **49**, 2434.
187. Buono, M. A., Erickson, L. E. and Fung, D. Y. C. (1990a) *Journal of Food Processing and Preservation*, **14**, 179.
188. Buono, M. A., Erickson, L. E., Fung, D. Y. C. and Jeon, I. J. (1990b) *Journal of Food Processing and Preservation*, **14**, 135.
189. Buono, M. A., Setser, C., Erickson, L. E. and Fung, D. Y. C. (1990c) *Journal of Food Science*, **55**, 528.
190. Butross, W. H. (1982) In *Waddad's Kitchen*, Wimrner Brothers, Memphis, Tennessee.
191. Buttriss, J. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 21.
192. Bylund, G. (1995) In *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden.
193. Cadena, M. A. and Robinson, R. K. (1979) *Ecology of Food and Nutrition*, **8**, 169.
194. Caglayan, S., Acar, U., Kasirga, E. and Kologlu, F. (1989) *Turkish Journal of Pediatrics*, **31**, 25.
195. Cajigas, S. D. (1981a) United States Patent Application, US 4289788.
196. Cajigas, S. D. (1981b) United States Patent Application, US 4289789.
197. Cajigas, S. (1990) United States Patent Application, US 4956185.
198. Cardoso Castaneda, F., Iniguez Rojas, C. and De Hombre Morgado, R. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 637.
199. Caric, M. (1994) In *Concentrated and Dried Dairy Products*, VCH Publishers, New York, pp. 149–150.
200. Caric, M., Milanovic, S., Gavaric, D. and Opancarev, L. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 801.
201. Caron, J. P., Pean, J. L., Flamant, H., Roussel, H., Cuq, J. L. and Alloitte, T. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 408.
202. Carvel, T. A. (1990) United States Patent Application, US 4956980.
203. Castagnetti, G. B. and Turtura, G. C. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 681.
204. Castberg, H. B. and Rysstad, G. (1990) PCT International Patent Application, WO 90/09106 A2.
205. Cavaliere, V. R., Giani, G., Cingoli, V. and Maiocchi, G. (1994a) European Patent Application, EP 0 617 899 A1.
206. Cavaliere, V. R., Giani, G., Cingoli, V. and Maiocchi, G. (1994b) European Patent Application, EP 0 622 024 A1.
207. Celestino, E. L. and Dulay, T. A. (1990) *Philippine Agriculturist*, **73**, 249.
208. Chamay, C. J. (1967) Swiss Patent Application, CH 420815.
209. Chandan, R. C. (1977) *Food Products Development*, **11**(9), 118.
210. Chander, H., Batish, V. K., Mohan, M. and Bhatia, K. L. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(1), 11.
211. Chander, H., Batish, V. K., Mohan, M., Chand, R. and Singh, R. S. (1992) *Cultured Dairy Products Journal*, **27**(2), 8.
212. Charalambous, G. (Ed.) (1986) In *Developments in Food Science*, Vol. **12**, Elsevier, Amsterdam.
213. Charon, M. A. (1968) *Dairy Science Abstracts*, **30**, 475.
214. Chawla, A. K. and Balachandran, R. (1993) *Indian Journal of Dairy Science*, **46**, 220.
215. Chawla, A. K. and Balachandran, R. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, **47**, 762.
216. Chen, M. T., Tseng, Y. Y. and Chen, H. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 307.
217. Cheng, Y. J., Thompson, L. D. and Brittin, H. C. (1990) *Journal of Food Science*, **55**, 1178.
218. Childs, J. (1994) *Cultured Dairy Products Journal*, **29**(1), 18.
219. Choate, *l.* (1993) In *Cooking with Yogurt*, Grove Atlantic Publishers, New York.
220. Choi, H. S. and Kosikowski, F. V. (1985) *Journal of Dairy Science*, **68**, 613.
221. Chopra, C. S., Mital, B. K. and Singh, S. (1984) *Journal of Food Science and Technology – India*, **21**, 81.
222. Choprea, R. and Gandhi, D. N. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(4), 4.
223. Choprea, R. and Gandhi, D. N. (1990) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **27**,182.
224. Choprea, R. and Prasad, D. N. (1992) *Microbilogie, Aliments, Nutrition*, **10**, 295.
225. Christiansen, P. S., Edelsten, D., Kristiansen, J. R. and Neilsen, E. W. (1996) *Milchwissenschaft*, **51**, 502.
226. Collier, P. S. and Cardwell, J. T. (1988) *Journal of Dairy Science*, **71** (Supplement 1), 70.
227. Collins, W. F. (1977) *American Dairy Review*, 39(6), 30F.
228. Costamagna, L. and Rossi, L. (1980) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 127.
229. Costanzo, L. and Calcavecchia, B. (1989) PCT International Patent Application, WO 89/12407 Al.
230. Cramwinckel, A. B. and Herstel, H. (1988a) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 552.
231. Cramwinckel, A. B. and Herstel, H. (1988b) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 552.
232. Creed, M. (1996) *Sheep Dairy News*, **13**, 61.
233. Crisp, D. E. and John, M. G. (1969) British Patent Application, GB 1141 950.
234. Cunin, C. (1997) *Dairy Industries International*, **62**(10), 37.
235. Curry, E. W. and Beach, M. F. (1991) United States Patent Application, US 5030465.
236. Dagher, S. M. (Ed.) (1991) In *Traditional Foods of the Near East*, Food and Nutrition Paper No. 50, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 53–72.
237. Dagher, S. and Ali, A. (1985) *Journal of Food Protection*, **48**, 300.

238. Dalziel, K. M., Swerman, M. N., Amen. R. J., Smith, C. F. and Bakal, A. I. (1989) PCT International Patent Application. WO 89/02702 Al.
239. Damir, A. A., Salama, A. A. and Mohamed, M. S. (1992) *Food Chemistry*, **43**, 265.
240. Dariani, D. N., Frank, J. K. and Loewenstein, M. (1982) *Cultured Dairy Products Journal*, 17(2), 18.
241. Dave, R. I., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1992) *Indian Journal of Dairy Science*, **45**, 607.
242. Dave, R. I., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1993) *Indian Journal of Dairy Science*, **46**,544.
243. davis, j.g. (1971) *Milk Industry*, **64**(4), 8.
244. De, S. (1980) In *Outlines of Dairy Technology*, Oxford University Press, Delhi.
245. De, A. and Patel, R. S. (1989) *Japanese Journal of Dairy and Food Science*, **34**, A-169.
246. De, A. and Patel, R. S. (1990) *Cultured Dairy Products Journal*, **25**(2), 21.
247. Deeth, H. C. and Tamime, A. Y. (1981) *Journal of Food Protection*, **44**, 78.
248. Deiana, P., Catzeddu, P., Caredda, M. and Fois, M. L. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 920.
249. Deka, D. D. and Rajor, R. B. (1988) *Indian Journal of Dairy Science*, **41**, 474.
250. Deka, D. D., Rajor, R. B. and Patil, G. R. (1984) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **12**, 291.
251. dellaglio, P. (1977) In *The Production of Long-life Yoghurt by Frau "LL" System*, Report No FDII/77, Nouva Frau S. P. A., Vincenza, Italy.
252. Dellaglio, F. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 478.
253. Van Dender, A. C. F., Moreno, I. and Garcia, S. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 871.
254. Desai, H. K., Vyas, S. H. and Upadhyay, K. G. (1985) *Indian Journal of Dairy Science*, **38**, 102.
255. Desai, H. K., Upadhyay, K. G. and Vyas, S. H. (1987) *Asian Journal of Dairy Research*, **6**, 40.
256. Deschamps, J. (1985) French Patent Application. FR 2 563 084 Al.
257. Devriese, L. A. and Pot, B. (1995) In *The Genera of Lactic Acid Bacteria*, Vol. 2, Ed. by Wood, B.J.B. and Holzapfel, W.H., Blackie Academic & Professional, London, pp. 327–367.
258. Devshony, S. (1987) European Patent Application, EP 0240 326 A2.
259. Dewit, O., Pochart, P. and Desjeux, J. F. (1988) *Nutrition*, **22**, 131.
260. Dhankher, N. and Chauhan. B. M. (1987a) *International Journal of Food Science and Technology*, **22**, 173.
261. Dhankher, N. and Chauhan, B. M. (1987b) *Journal of Food Science*, **52**, 828.
262. Dimov, N., Dzhondzhorova, O. and Kozhev. A. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 329.
263. Dimov, N., Dzhondzhorova, O. and Kozhev, A. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, p. 297.
264. Dirar, H. A. (1993) In *The Indigenous Fermented Foods of the Sudan*, CAB International, Wallingford, UK.
265. Doeff, G. (1994) *Dairy Foods*, **95**(9), 24.
266. Doreau, A. (1993) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 284–287.
267. Doreau, A. (1994) In *Dairy Industries International*, 59(8), 31.
268. Driessen, F. M. (1984) In *Fermented Milks*, Doc. No. 179, International Dairy Federation, Brussels, pp. 107–115.
269. Driessen, F. M. and Loones, A. (1992) In *New Technologies for Fermented Milks*, Doc. No. 277, International Dairy Federation, Brussels, pp. 28–40.
270. Dryer, J. (1994) *Dairy Foods*, **95**(2), 22.
271. Duffy, J. I.(Ed.) (1981) In *Snack Food Technology – Recent Developments*, Noyes Data Corporation, New Jersey.
272. Duitschaever, C. L. (1978) *Cultured Dairy Products Journal*, **13**(4), 20.
273. Duitschaever, C. L. and Ketcheson, G. (1974) *Dairy & Ice-Cream Field*, **157**(9), 66H.
274. Dzurec, D. J., Seneviratne, Y. and Richter, E. R. (1992) *Milchwissenschaft*, **47**, 22.
275. Edwards, I. R. (1976) United States Patent Application, US 3432306.
276. Effat, G., Bednarski, W., Chojnowski, W., Kuncewicz, A., Paznanski, S. and Kowalewska, J. (1983) *Acta Alimentaria Polonica*, **9**, 65.
277. Egli, F. and Egli, F. (1976a) Swiss Patent Application, CH 580920.
278. Egli, F. and Egli, F. (1976b) United States Patent Application, US 3932680.
279. Egli, F. and Egli, F. (1977) British Patent Application, GB 1 467670.
280. Egli, F. and Egli, F. (1980) United States Patent Application, US 4235934.
281. El-Deeb, S. A. and Hassan, H. N. (1987) *Alexandria Science Exchange*, **8**, 87.
282. El-Etriby, H. M., El-Dairouty, R. K. and Zaghlodl, A. H. (1997) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **25**, 349.
283. El-Gazzar, H. and Hafez, E. H. (1992) *Egyptian Journal of Food Science*, **20**, 25.
284. El-Gendy, S. M. (1983) *Journal of Food Protection*, **46**, 358.
285. El-Kenany, Y. M. (1995) *Annals of Agricultural Science – Moshtohor*, **33**, 1413.
286. El-Neshawy, A. A. and El-Shafie, N. M. (1988) *Nahrung*, **32**, 939.
287. El-Samragy, Y. A. (1988) *Milchwissenschaft*, **43**, 92.
288. El-Samragy, Y. A. (1997) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **25**, 165.
289. El-Samragy, Y. A. and Zall, R. R. (1988) *Dairy Industries International*, **53**(3), 27.

290. El-Samragy, Y. A., Fayed, E. G., Aly, A. A. and Hagrass, A. E. A. (1988a) *Journal of Food Protection*, **51**, 386.
291. El-Samragy, Y. A., Khorshie, M. A., Abd-Rabou, N. and Mahran, G. A. (1988b) *Dairy and Food Sanitation*, **8**, 300.
292. El-Samragy, Y. A., El-Sayed, M. M. and Abd-Rabou, N. S. (1997) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **25**, 85.
293. El-Sayed, N. H. and El-Sayed, M. M. (1988) *Egyptian Journal of Food Science*, **16**, 165.
294. El-Shibiny, S., Ghita, I. and Abdou, S. M. (1977) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **5**, 109.
295. Emura, T. and Ohba, K. (1989) French Patent Application, FR 2629310 A1.
296. Endres, K. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 878.
297. Engel, W. G. (1973) *Cultured Dairy Products Journal*, **8**(3), 6.
298. Epstein, H. (1985) In *The Awassi Sheep with Special Reference to the Improved Dairy Type*, Animal Production Health Paper No. 57, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
299. Evers, P. H. J. M. (1983) United States Patent Application, US 4376126.
300. Fao (1982) In *Food Composition Tables for the Near East*, Food and Nutrition Paper No. 26, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 100–103, 226, 231.
301. Fao (1990) In *The Technology of Traditional Milk Products in Developing Countries*, Animal Production and Health Paper No. 85, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 238–266.
302. Fao/Who (1973) Cited by Cadena and Robinson (1979).
303. Fao/Who (1985) In *Energy and Protein Requirements*, Technical Report Series No. 724, World Health Organisation, Geneva, pp. 64–66.
304. Farah, Z. (1993) *Journal of Dairy Research*, **60**, 603.
305. Farah, Z., Streifp, T. and Bachmann, M. R. (1990) *Journal ofDairy Research*, **57**, 281.
306. Farooq, K. and Haque, Z. U. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 2676.
307. Farr, D. (1982) In *Nestle Research News 1980/81*, Ed. by Boella, C. Nestle Products Technical Assistance, La Tour-de-Peilz, pp. 31–37.
308. De Felip, D., Croci, L. and Gizzarelli, S. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 613.
309. Ferguson, E. A. Jr. (1963) United States Patent Application, US 3080236.
310. Fernandes, C. F. and Shahani, K. M. (1989) *Journal of Applied Nutrition*, **41**, 50.
311. Fernandez-Garcia, E. and McGregor, J. U. (1997) *Zeitschrift fuer Lebensminel Untersiichung und Forschung*, **204**, 433.
312. Flanagan, J. F. and Holsinger, V. H. (1985) *Cultured Dairy Products Journal*, **20**(2), 6.
313. Flinger, K., Lindamood, J. B. and Hansen, P. M. T. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, **23**(1), 5.
314. Fluckiger, R. (1973) *Dairy Science Abstracts*, **35**, 217.
315. Fly, J. A., Clarke, P. T., Du Parquet, H., Toyne, S. and Augustin, M. A. (1997) *Australian Journal of Dairy Technology*, **52**, 20.
316. Foley, J. and Mulcahy, A. J. (1989) *Irish Journal of Food Science and Technology*, **13**, 43.
317. Forschino, R. and Ottogalli, G. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 503.
318. Franck, A. (1995) *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, **116**, 1038.
319. Feidman, E. (1976) United States Patent Application, US 3950544.
320. Friedman, M. (1991a) *Dairy Foods*, **92**(6), 23.
321. Friedman, R. B. (1991b) In *Biotechnology and Food Ingredients*, Ed. by Goldberg, I. and Williams, R.,Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 327–347.
322. Frison, P. and Agostini, V. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 326.
323. Fuisz, R. C. (1993) United States Patent Application, US 5238696.
324. Fuller, L. K. (1994) In *Yoghurt: An International Cookbook*, Haworth Press, Burghawton.
325. Fuller, R. (Ed.) (1997) In *Probiotics 2 – Applications and Practical Aspects*, Chapman & Hall, London.
326. Gabriel, J. M. (1990) French Patent Application, PR 2 636 506 A1.
327. Gallagher, C. R., Molleson, A. L. and Caldwell, J. H. (1974) *Journal of American Dietetic Association*, **65**, 418.
328. Ganguly, A. A. (1972) British Patent Application, GB 1282356.
329. Garg, S. K. (1988) *Indian Dairyman*, **40**, 57.
330. Garnier, M. (1957) In *Les Produits Laitiers due Liban et de La Syrie-Etude Biologique et Vitaminologique*, Vigot Frores Editeurs, Paris, France.
331. Gautneb, T., Steinsholt, K. and Abrahemsen, R. K. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 478.
332. Gavin, M. (1966) *XVII International Dairy Congress*, **E1P**, 663.
333. Gavin, M. (1969) *Dairy Science Abstracts*, **31**, 8.
334. Gendrel, D., Richard-Lenoble, D., Dlipont, C., Gendrel, C., Nardod, M. and Chaussain, M. (1990) *Presse Medical*, **19**, 700.
335. Georgala, A. L. K.,Tsakalidou, E., Kandarakis, I. and Kalantzo-Poulos, G. (1995) *Lait*, **75**, 271.

336. Ghosh, B. C. and Kulkarni, S. (1990) *Indian Dairyman*, **42**, 11.
337. Giannoukou, M., Kehagias, H. and Katsipes, A. (1992) *Dairy Science Abstracts*. **54**, 784.
338. Gigli, S., Chupin, D., Galal, S., Grasso, F., Boyazoglu, J. and Matassino, D. (Eds.) (1996) In *International Symposium on Buffalo Products*, EAAP Publication No. 82, Wageningen Pers, Wageningen, Netherlands.
339. Gilles, J. and Lawrence, R. C. (1981) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **15**, 1.
340. Gilliland, S. E. and Kim, H. S. (1984) *Journal of Dairy Science*, **61**, 1.
341. Glaser, H. (1992) *European Dairy Magazine*, 4(3), 6.
342. Goh, J. S. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 562.
343. Gooda, E., Attia, La., Salem, S. A. and Kamar, M. S. (1993) *Egyptian Journal of Food Science*, **21**, 57.
344. Gorban, A. M. S. and Izzeldin, O. M. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 471.
345. Gorski, D. (1996) *Dairy Foods*, **97**(2), 39.
346. Gosh, J. and Rajorhia, G. S. (1990a) *Indian Journal of Dairy Science*, **43**, 239.
347. Gosh, J. and Rajorhia, G. S. (1990b) *Lait*, **70**, 147.
348. Grabs, G. R. (1979) Cited by Tamime and Deeth (1980).
349. Gran, S. O., Mohammed, M. O., Shareha, A. M. and Igwegbe, A. O. (1990) In *Proceedings of International Conference on Camel Production and Improvement*, 10–13 December, Tobruk, Libya, pp. 183–188.
350. Granata, L. A. and Morr, C. V. (1996) *Journal of Food Science*, **61**, 331.
351. Gregurek, L., Tratnik, L. and Milesevic, L. (1996) *Mljekarstvo*, **46**, 155.
352. Gritsenko, T. T., Taradii, A. K., Masich, L. V. and Zakma, T. L. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 505.
353. Grosser, V. (1978) *American Dairy Review*, **40**(5), 20.
354. Grozdova, G. N. (1971) *Dairy Science Abstracts*, **33**, 435.
355. Grusin, G. (1994) United States Patent Application, US 5 373 779.
356. Guinard, J. X., Little, C., Marty, C. and Palchak, T. R. (1994) *Journal of Dairy* Science, **77**, 1232.
357. Guldas, M. and Atamer, M. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 722.
358. Gunther, E. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 44.
359. Gupta, P. P. (Ed.) (1992) In *Dairy India*, 4th Edition, Devarsons Stylish Printing Press, New Delhi.
360. Gupta, R. K and Prasad, D. N. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, **23**(3), 17.
361. Gupta, R. K and Prasad, D. N. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(1), 9.
362. Gupta, R. C. and Tiwari, M. P. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. II, p. 507.
363. Gupta, S. K., Patil, G. R. and Patel, A. A. (1987) *Indian Dairyman*, **39**, 199.
364. Haddadin, M. S., Al-Muhirat, S. R., Batayneh, N. and Robinson, R. K. (1996) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **49**, 79.
365. Haddadin, M. S., Batayneh, N., Batarseh, R. Y. and Robinson, R. K. (1997) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **25**, 205.
366. Hafez, E. H. and Hamzawi, L. F. (1991) *Annals of Agricultural Science – Moshtohor*, **29**, 835.
367. Haggag, H. P. and Fayed, A. E. (1988) *Food Chemistry*, **30**, 29.
368. Hagrass, A. E., Hassan, A. A., Soryal, K. A., Mervat, A. S. and El-Shabrawy, S. A. (1987) *Egyptian Journal of Food Science*, **15**, 15.
369. Halambeck, S. M., Schellhaass, S. M., Smith, D. E. and Morris, H. A. (1984) *Journal of Dairy Science*, **67** (Supplement 1), 88.
370. Hamad, A. M. and Al-Sheikh, S. S. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(1) 25.
371. Hammelehle, B., Schkoda, P. and Kessler, H. G. (1997) *Milchwissenschaft*, **52**, 671.
372. Hamzawi, L. F. and Kamaly, K. M. (1992) *Cultured Dairy Products Journal*, **27**(3), 26.
373. Han, O., Tae, W. T., Kim, Y. W., Lee, J. K. and Lee, C. H. (1985) *Korean Journal of Applied Microbiology and Bioengineering*, **13**, 191.
374. Hansen, R. (1989a) *North European Food and Dairy Journal*, **55**, 208.
375. Hansen, R. (1989b) *North European Food and Dairy Journal*, **55**,154.
376. Hardi, J. and Novakovic, P. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 725.
377. Der Haroutunian, A. (1983) In *The Yoghurt Book*, Penguin Books, Harmondsworth, U.K.
378. Harrigan, K. A. and Breene, W. M. (1989) *Cereal Foods World*, **7**, 261.
379. Hasenmaile, B. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 578.
380. Hashimoto, E. M. and Antunes, L. A. F. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 127.
381. Hassan, E. M. and Hussein, W. A. (1987) *Egyptian Journal of Food Science*, Special Issue, 137.
382. Hassan, M. N., Islam, M. N. and Masud Ul-Alam, M. (1986) *Livestock Adviser*, **11**(7), 21.
383. Hassan, A. A., Hagrass, A. E., Soryal, K. A. and El-Shabrawy, S. A. (1987) *Egyptian Journal of Food Science*, **15**, 1.
384. Hassanin, N. I. (1994) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **65**, 31.
385. Haydarymia, A. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 1, pp. 105.
386. Hefnawy, S. A., Ibrahim, S. A. and Ab Del-Kader, S. (1992) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **20**, 351.
387. Heinemann, G. and Fedder, H. (1995) European Patent Application, EP 0649598A1.

388. Heinrich, D. B. (1995) United States Patent Application, US 5435143.
389. Hekmati, M. and Bradley Jr., R. L. (1979) *Cultured Dairy Products Journal*, **14**(2), 6.
390. Hemme, D., Vassal, L. and Auclair, J. (1978) *XX International Dairy Congress*, **E**, 513.
391. Hemme, D., Vassal, L., Foyen, H. and Auclair, J. (1979) *Lait*, **59**, 597.
392. Hendley, B. G. and Seymour, V. (1988) In *Low-Calorie Products*, Ed. by Birch, G.G. and Lindley, M.G. Elsevier Applied Science, London, pp. 1–9.
393. Hendricus, P. and Evers, J. M. (1980) British Patent Application, GB 2044068.
394. Herbertz, G. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 813.
395. Hermann, L. F. (1980) United States Patent Application, US 4216243.
396. Hessabi, I. (1995) PCT International Patent Application, WO 95/16356 A1.
397. Hidalgo, J. and Dalan, E. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 230.
398. Hill, L. G. (1974) United States Patent Application, US 3846561.
399. Hinfey, M. (1980) In *Making and Using Yogurt and Soft Cheeses*, Thorsons Publishers, Wellingborough, U.K.
400. Hoffman, M. and Hoffman, G. (1990) In *Frozen Yoghurt*, Fountain Press, Montgomery.
401. Hofi, M. A. (1988) *Scandinavian Dairy Industry*, **2**(1), 50.
402. Hofi, M. A. (1990) *Scandinavian Dairy Information*, **4**(1), 30.
403. Von Holdt, P. (1978) *Deutsche Milchwirtschaft*, **29**, 301.
404. Holland, B., Welch, A. A., Unwin, I. D., Buss, D. H., Paul, A. A. and Southgate, D. A. T. (1991) In *McCance and Widdowson's – The Composition of Foods*, 5th Edition, The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
405. hong, s.m., shin, j.h., kim, e.r., lee, j.i. and yu, j.h. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 246.
406. Van Hooydonk, A. C. M., Smalbrink, L. and Hagendoorn, H. G. (1984a) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 390.
407. Van Hooydonk, A. C. M., Smalbrink, L., Hagendoorn, H. G. and Reitsma, J. C. E. (1984b) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 390.
408. Hottinger, H., Mignot, O. and Mollet, B. (1992) European Patent Application, EP 0518096 A1.
409. Hoyda, D. L., Streiff, P. J. and Epstein, C. E. (1990) United States Patent Application, US 4971 810.
410. Huber, C. S. and Rowley, D. M. (1988) United States Patent Application, US 4737374.
411. Hulsbusch, J. (1980) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 573.
412. Hunt, C. C. and Maynes, J. R. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 2639.
413. Hunter, B. T. (1973) *In Fact/Book on Yogurt, Kefir & Other Milk Cultures*, Keats Publishing, New Canaan.
414. Huyghebaert, A. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 3, pp. 1987–1993.
415. Hyde, K. A. and Rothwell, J. (1973) In *Ice Cream*, Churchill Livingstone, London.
416. Ibanoclu, S. and Ainsworth, P. (1997) *International Journal of Food Science and Nutrition*, **48**, 201.
417. Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson, G. and Hayes, G. D. (1995a) *Food Chemistry*, **53**, 143.
418. Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson, G. and Hayes, G. D. (1995b) *International Journal of Food Science and Technology*, **30**, 579.
419. Ibanoglu, S., Ainsworth, P. and Hayes, G. D. (1996) *Food Chemistry*, **57**, 541.
420. Ibanoglu, S., Ainsworth, P. and Hayes, G. D. (1997) *Food Chemistry*, **58**, 541.
421. Ibrahim, E. I. (1979) French Patent Application, FR 2 397 156.
422. Ibrahim, E. M. (1991) *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, **22**, 165.
423. Ibrahim, E. M., Mohran, M. A. and Hanafy, N. E. (1990) *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, **21**, 205.
424. Ibrahim, S. A., Kandeel, A. A. and El-Dairy, S. Y. (1994) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **22**, 253.
425. Ibrahim, S. A., Al-Khatib, K. A., Al-Haik. S. A. and Daguir, M. H. (1996) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **16**, 296.
426. IDF (1977) In *Consumption Statistics for Milk and Milk Products*, Doc. No 93, International Dairy Federation, Brussels, pp. 3–4.
427. IDF (1981) In *The Composition of Ewe's and Goat's Milk*, Doc. No. 140, International Dairy Federation, Brussels.
428. IDF (1983) In *Production and Utilization of Goat's and Ewe's Milk*, Doc. No. 158, International Dairy Federation, Brussels.
429. IDF (1986) In *Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk*, Doc. No. 202, International Dairy Federation, Brussels.
430. IDF (1993) In *Lactose Hydrolysis*, Doc. No. 289, International Dairy Federation, Brussels.
431. IDF (1996) In *Production and Utilization of Ewe and Goat Milk*, Special Issue 9603, International Dairy Federation, Brussels.
432. Igoe, R. S. (1979a) United States Patent Application, US 4178390.
433. Igoe, R. S. (1979b) United States Patent Application, US 4169854.
434. Igoe, R. S. and Taylor, R. J. (1983) United States Patent Application, US 4 373155.
435. Ilyin, A. A., Padalka, N. A. and Babich, V. V. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 2, p. 104.

436. Iniguez, G., Cardoso, F. and De Hombre, R. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 705.
437. Iniguez, G., Cardoso, F., Nunez De Villavicencio, M. and Interain, T. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 436.
438. Iniguez, G., Cardoso, F. and De Hombre, R. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**, 727.
439. Irvine, D. M. (1989) In *North American Dairy Sheep Symposium*, Ed. by Boylan, W.J. St. Paul, pp. 135–146.
440. Ismail, A. A. and El-Nimer, A. A. (1980) *Journal of Food Protection*, **43**, 566.
441. Ismail, A. A., Mogensen, G. and Poulsen, P. P. (1983) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **36**, 52.
442. Ivanov, I. E., Velev, S., Obertenova, S. and Tosheva, I. (1973) *Dairy Science Abstracts*, **35**, 336.
443. Iyengar, R. and Gross, A. (1991) In *Biotechnology and Food Ingredients*, Ed. by Goldberg, 1. and Williams, R. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 287–313.
444. Jandal, J. M. (1988) *Agricultural Reviews*, **9**, 47.
445. Jandal, J. M. (1989) *Indian Dairyman*, **41**, 479.
446. Jandal, J. M. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, **47**, 357.
447. Jandal, J. M. (1996) *Small Ruminant Research*, **21**, 217.
448. Jensen, G. K. and Nielsen, P. (1982) *Journal of Dairy Research*, **49**, 515.
449. Jochumsen, a. (1978) *Cultured Dairy Products Journal*, **13**(1), 26.
450. Kadu, S. S., Sammanwar, R. D. and Sorte, G. (1994) *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, **19**, 266.
451. Kalab, M. (1990) *Journal of the American College of Nutrition*, **9**, 374.
452. Kalantzopoulos, G. C. (1993) In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 2,2nd Edition, Ed. by Fox, P.F. Chapman & Hall, London, pp. 507–553.
453. Kalantzopoulos, G. C. (1994) *XXIV International Dairy Congress*, computer diskette – Section Farm Programme.
454. Kalantzopoulos, G. C., Tsakalidou, E. and Georgala, C. (1990a) In *Processing and Quality*, Vol. 2, Ed. by Zenthen, P., Cheftel.J. C, Eriksson, C., Gormley,T. R., Linko, P. and Paulus, K. Elsevier Applied Science, London, pp. 2.52–2.60.
455. Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. and Manolopoulou, E. (1990b) *Journal of Dairy Research*, **57**, 593.
456. Kanbe, M. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 773.
457. Kang, K. H. and Lee, C. N. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 686.
458. Kankare, V. and Antilar, V. (1980) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 391.
459. Kao, H. (1987) United States Patent Application, US 4714616.
460. Karabasevic, S., Jovic, R., Milojkovic, V., Videnovic, S. and Milijic, P. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 801.
461. Karleskind, D., Laye, I., Halpin, E. and Morr, C. V. (1991) *Journal of Food Science*, **56**, 999.
462. Karmas, E. and Bachmann, M. R. (1991) United States Patent Application, US 5017387.
463. Karthikeyan, S., Desai, H. K. and Upadhyay, K. G. (1996) *Indian Journal of Dairy Science*, **49**, 613.
464. Kassaye, T., Simpson, B. K., Smith, J. P. and O'Connor, C. B. (1991) *Milchwissenschaft*, **46**, 649.
465. Katara, R. V. and Lavania, G. S. (1991) *Asian Journal of Dairy Research*, **10**, 63.
466. Kaufman, S. P., Langler, J. E. and Padhye, V. W. (1990) United States Patent Application, US 4952414.
467. Kawano, Y. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 362.
468. Kay, S. (1978) In *Yogurt Cookery*, HP Books, Tucson.
469. Kebary, K. M. K. (1996) *Food Research International*, **29**, 431.
470. Keeper, D. K. and Murray, M. E. (1988) European Patent Application, EP 0257941 A2.
471. Keehner, K. (1996) *Dairy Field*, **179**(1), 22.
472. Kehagias, C. H. (1987) *XXII International Dairy Congress*, pp. 683–690.
473. Kehagias, C. H. and Dalles, T. N. (1984) *Journal of Food Protection*, **47**, 760.
474. Kehagias, H. H., Konidare, P. E., Laskaris, H. I. and Kazazes, I. S. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 286.
475. Kehagias, C., Zervoudaki, A. and Parlama, C. (1989) *Small Ruminant Research*, 2(1), **35**.
476. Kehagias, C., Kalavritinos, L. and Triadopoulou, C. (1992) *Cultured Dairy Products Journal*, **27**(3), 10.
477. Kehagias, C., Latsi, E., Bithimitris, G. and Koulouris, S. (1994) *Dairy Industries International*, **59**(9) 47.
478. Keuning, R. (1990) In *Foods for the '90s, Ed.* by Birch, G.G., Campbell-Platt, G. and Lindley, M.G. Elsevier Applied Science, London, pp. 115–133.
479. Khader, A. E., Hamed, A. I. and Abd-El-Hamid, L. B. (1983) *Minufiya Journal of Agricultural Research*, **6**, 217.
480. Khan, P. (1980) In *Some Aspects of the Behaviour of Guar Gum in Food and Human Nutrition*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
481. Khana, A. and Singh, J. (1979) *Journal of Dairy Research*, **46**, 681.
482. Khanna, S., Kaul, A., Kuila, R. K. and Singh, J. (1982) *Cultured Dairy Products Journal*, **17**(4), 24.
483. Kharrazi, N. M. (1984) United States Patent Application, US 4 434 184.

484. Kharrazi, N. M. (1990) United States Patent Application, US 4 968 512.
485. Khattab, A. A. (1991) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **19**, 231.
486. Khedkar, C. D., Mantri, J. M. and Khedkar, G. D. (1994) *Cultured Dairy Products Journal*, **29**(2), 1.
487. Khorshid, M. A., Khalil, S. A., Mahran, G. A. and Hofi, M. A. (1992) In *Proceedings of the 5th Egyptian Conference for Dairy Science and Technology*, Cairo, pp. 250–258.
488. Khorshid, M. A., Saada, M. Y., Khlil, S. A., Mahran, G. A. and Hofi, M. A. (1993) In *Protein and Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenization and Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 430–139.
489. Kim, S. S. and Bhowmik, S. R. (1990) *Journal of Food Science*, **55**, 1008.
490. Kim, S. S. and Bhowmik, S. R. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(4), 11.
491. Kim, K. H., Bang, I. R. and Ko, V. T. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 1018.
492. Kim, S. S., Shin, S. G., Chang, K. S., Kim, S. Y., Noh, B. and Bhowmik, S. R. (1997) *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, **30**, 573.
493. Kimbrell, W. and Willman, M. (1993) *Dairy Field*, **176**(8), 74.
494. Kimbrell, W., Levitt, A., Rogers, P. and Stube, C. (1990) *Dairy Foods*, **91**(2), 42.
495. Kimonye, J. M. and Robinson, R. K. (1991) *Dairy Industries International*, **56**(2), 34.
496. Kinik, O. and Akbulut, N. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 757.
497. Kisza, J., Zbikowski, Z. and Kolenda, H. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 545.
498. Kisza, J., Domagala, J., Wszolek, M. and Kolczak, T. (1993) *Acta Academiae Agriculturae Technical Olstenensis, Technologia Alimentorum*, **25**, 75.
499. Von Klupsch. H. I. (1977a) In *Symposium on New Technology of Fermented Milk Products and Milk Specialities*, 24–26 October, Vratna Dolina.
500. Von Klupsch, H. J. (1977b) *Dairy Science Abstracts*, **39**, 791.
501. Von Klupsch, H. J. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 83.
502. Von Klupsch, H. J. (1984) In *Cultured Milk Products, Flavoured Milk Drinks and Desserts*, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
503. Knuston, R. D. (1978) *Cultured Dairy Products Journal*, **13**(4), 11.
504. Ko, Y. T. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 975.
505. Kobayashi, Y., Kan, T. and Terashima, T. I. (1989) European Patent Application, EP 0323201 A2.
506. Kochkova, Z. and Spasov, S. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 329.
507. Kolars, J. C., Levitt, M. D., Aouji, M. and Savaiano, D. A. (1984) *New England Journal of Medicine*, **310**, 1.
508. Kolesnikova, L. A., Romanskaya, N. N., Cherednichenko, V. P. and Ptashnaya, A. B. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 590.
509. Kondratenko, M. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 639.
510. Koroleva, N. S., Pyatnitsyna, I. N. and Lozovetskaya, V. T. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 722.
511. Kosikowski, F. V. (1977) *Dairy & Ice Cream Field*, **160**(8), 84.
512. Kosikowski, F. V. (1981) *Journal of Food Protection*, **44**, 853.
513. Kozhev, A. and Tsonkova, R. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 738.
514. Kratz, E.(1993) In *Food Technology International Europe, Ed.* by Turner,A. Sterling Publication, London, pp. 147–149.
515. Kreuder, K. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 491.
516. Kroger, M., Kurmann, J. A. and Rasic, J. L. (1992) In *Applications of Biotechnology to Traditional Fermented Foods*, National Academy Press, Washington DC, pp. 61–67.
517. Krsev, L. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 839.
518. Kulkarni, M. B., Bhosale, D. N. and Chavan, I. E. (1980) *Indian Journal of Dairy Science*, **33**, 381.
519. Kulkarni, S., Sarwar, M., Vedavathi, M. K., Ghosh, B. C. and Unnikrishnan, V. (1995) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, **6**, 23.
520. Kumar, S. and Mathur, B. N. (1986) *Indian Dairyman*, **38**, 384.
521. Kumar, S. and Pal, D. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, **47**, 766.
522. Kunizhev, S. M., Shuvaev, V. A., Shamanova, G. P., Tupitsa, Y. V. and Nedaivozova, N. N. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 412.
523. Kurmann, J. A. (1969) *Dairy Science Abstracts*, **31**, 500.
524. Kurmann, J. A., Rasic, J. L. and Kroger, M. (1992) In *Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products*, Van Nostrand Reinhold, New York.
525. Kuwabara, S. (1970) British Patent Application, GB 1 197 257.
526. Labarge, R. G. (1988) *Food Technology*, **42**(1), 84.
527. Lal, M., Sachdeva, M., Gandhi, D. N. and Nambudripad, V. K. N. (1978) *Journal of Food Science and Technology – India*, **15**, 20.
528. Lalas, M. and Mantes, A. (1984) *Ellenike Kteniatrike*, 26, 211.
529. Lalas, M. and Mantes, A. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 668.

530. Lang, F. (1979) *The Milk Industry*, **81**(5), 7.
531. Lang, F. (1980) *The Milk Industry*, 82(3), 44.
532. Lanigan, A. (1978) In *Complete Yogurt Cookbook*, Turtle Press, New York.
533. Laroia, S. and Martin, J. H. (1991) *Cultured Dairy Products Journal*, **26**(4), 13.
534. Lavrenova, G. S., Inozemtseva, V. F. and Pyatnitsyna, I. N. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 174.
535. Law, A. J. R. (1995) *Milchwissenschaft*, 50, 384.
536. Lazos, E. S., Aggelousis, G. and Bratakos, M. (1993) *Plant Foods for Human Nutrition*, **44**, 45.
537. Lee, I. S., Kim, S. H., Kang, K. H. and Hawer, W. D. (1990a) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 398.
538. Lee, J. J., Kim, H. Y., Shin, J. G. and Baek, Y. J. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 69.
539. Lee, S. M. (1989) In *Fat-Substitutes/A Literature Survey*, Leatherhead Food R.A. Publication, Leatherhead, UK
540. Lee, S. Y., Morr, C. V. and Seo, A. (1990b) *Journal of Food Science*, **55**, 532.
541. Lehmann, H. R., Dolle, E. and Buker, H. (1991) In *Processing Lines for the Production of Soft Cheese*, 3rd Edition, No. 8, GEA Mechanical Separation Division, Westfalia Separator AG, Oelde.
542. Lelieveld, H. L. M. (1984) European Patent Application, EP 0119329 A1.
543. Lerebours, E., N'Djitoyap Ndam, C., Lavoine, A., Hellot, M. F., Antoine, J. M. and Colin, R. (1989) *American Journal of Clinical Nutrition*, **49**, 823.
544. Lick, S., Keller, M., Krusch, U. and Heller, K. J. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 607.
545. Lieske, B. and Konrad, G. (1994) *Zeitschrift fuer Lebensmiltel Untersuchung und Forschung*, **199**, 289.
546. Linssen, J. P. H., Verheul, A., Roozen, J. P. and Posthumus, M. A. (1992) *International Dairy Journal*, **2**, 33.
547. Litopoulou-Tzanetaki, E., Tzanetakis, N., Kalogridou-Vassiliadou, D. and Vafoplou-Mastrojiannaki, A. (1993) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, **11**, 31.
548. Lokeshwar, R. R. (1992) In *V International Conference on Goats*, Vol. II, Part II, Everest Press, Delhi.
549. Van Der Loo, L. G. W. (1980) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 492.
550. Van Der Loo, L. G. W. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 25.
551. Luck, H. and Mostert, J. F. (1971) *South African Journal of Dairy Technology*, **3**, 75.
552. Lusiani, G. and Bianchi-Salvadori, B. (1978) *XXth International Dairy Congress*, E, 351.
553. Magdolib, M. N., Fayed, E. O., Mahamed, N. H. and Salem, M. M. (1992) *Egyptian Journal of Food Science*, **20**, 253.
554. Maggs, M. M. (1964) *Dairy Industries*, **29**, 661.
555. Mahdi, H. A. (1990) In *Some Aspects of Production and Quality of Strained Yoghurt (Labneh)*, PhD Thesis, University of Strathclyde, Glasgow.
556. Mahdi, H. A., Tamime, A. Y. and Davies, G. (1990) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **18**, 345.
557. Mahfouz, M. B., El-Dein, H. F., El-Etriby, H. M. and Khamy, A. F. (1992) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **20**, 9.
558. Mahran, G. A. (1996) In *International Symposium on Buffalo Products*, Eds. by Gigli, S., Chupin, D., Galal, S., Grasso, R, Boyazoglu, J. and Matassino, D. EAAP Publication No. 82, Wageningen Pers, Wageningen, Netherlands pp. 59–72.
559. Mahran, G. A., El-Samragy, Y. A., Khorshid, M. A. and Abd-Rabou, N. S. (1996) In *International Symposium on Buffalo Products*, Ed. by Gigli, S., Chupin, D., Galal, S., Grasso, R, Boyazoglu, 1 and Matassino, D., EAAP Publication No. 82, Wageningen Press, Wageningen, Netherlands, pp. 205–211.
560. Main, A. (1991) *CSIRO Food Research Quarterly*, **51**(1-2), 120.
561. Malone, M. J. and Sage, J. G. (1993) United States Patent Application, US 5256436.
562. Malone, M. J. and Sage, J. G. (1994) United States Patent Application, US 5 328710.
563. Manabe, M. and Miyake, T. (1985) United States Patent Application, US 4496603.
564. Manjunath, N. and Abraham, M. J. (1986) *Asian Journal of Dairy Research*, **5**, 103.
565. Mann, B. and Joshi, V. K. (1997) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **34**, 425.
566. Mann, E. J. (1977) *Dairy Industries International*, **42**(11), 21.
567. Mann, E. J. (1978) *Dairy Industries International*, **43**(9), 49.
568. Mann, E. J. (1979) *Dairy Industries International*, **44**(4), 35.
569. Mann, E. J. (1983a) *Dairy Industries International*, **48**(7), 13.
570. Mann, E. J. (1983b) *Dairy Industries International*, **48**(8), 7.
571. Mann, E. J. (1985a) *Dairy Industries International*, **50**(2), 13.
572. Mann, E. J. (1985b) *Dairy Industries International*, **50**(3), 15.
573. Mann, E. J. (1985c) *Dairy Industries International*, **50**(10), 11.
574. Mann, E. J. (1987a) *Dairy Industries International*, **52**(2), 13.
575. Mann, E. J. (1987b) *Dairy Industries International*, **52**(3), 9.
576. Mann, E. J. (1988a) *Dairy Industries International*, **53**(8), 13.
577. Mann, E. J. (1988b) *Dairy Industries International*, **53**(9), 9.
578. Mann, E. J. (1990a) *Dairy Industries International*, **55**(9), 35.

579. Mann, E. J. (1990b) *Dairy Industries International*, **55**(10), 16.
580. Mann, E. J. (1992) *Dairy Industries International*, **57**(4), 22.
581. Mann, E. J. (1995) *Dairy Industries International*, **60**(4), 19.
582. Mann, E. J. (1996a) *Dairy Industries International*, **61**(10), 19.
583. Mann, E. Jj. (1996b) *Dairy Industries International*, **61**(11), 19.
584. Mann, E. J. (1996c) *Dairy Industries International*, **61**(5), 18.
585. Maric, O., Krsev, L. and Tratnic, L. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 165.
586. Marin, J. and Zee, J. A. (1992) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, **10**, 23.
587. Marklinder, I. and Lonner, C. (1992) *Food Microbiology*, **9**, 197.
588. Maroudas, J. (1992) United States Patent Application, US 5143742.
589. Marschke, R. J. and Dulley, J. R. (1978) *Australian Journal of Dairy Technology*, **33**, 139.
590. Marshall, R. T. and Arbuckle, W. S. (1996) In *Ice Cream*, 5th Edition, Chapman & Hall, London.
591. Marshall, V. M. E. and El-Bagoury, E. (1986) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **39**, 65.
592. Marshall, V. M. E. and Tamime, A. Y. (1997a) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 2nd Edition, Ed. by Law, B. A. Blackie & Academic Professional, London, pp. 153–192.
593. Marshall, V. M. E. and Tamime, A. Y. (1997b) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 35.
594. Marteau, P., Flourie, B., Pochart, P., Chastang, C., Desjeux, J.-F. and Rambaud, J.-C. (1990) *British Journal of Nutrition*, **64**, 71.
595. Martinou-Voulasiki, I. S. and Zerfiridis, G. K. (1990) *Journal of Food Science*, **53**, 703.
596. Mashayekh, M. and Brown, R. J. (1992) *Cultured Dairy Products*, **27**(1), 4.
597. Masters, K. (1991) In *Spray Drying Handbook*, 5th Edition, Longman Scientific and Technical, Harlow, pp. 616–617.
598. Mathur, B. N. (1991) *Indian Dairyman*, **43**, 61.
599. Mathur, B. N. (1994) *XXIV International Dairy Congress*, computer diskette – Section Farm Programme.
600. Mazaleva, K. and Gugin, A. (1966) *Dairy Science Abstracts*, **28**, 71.
601. Mbugua, S. K., Ledford, R. A. and Steinkraus, K. H. (1984) *Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie*, **17**, 252.
602. McBean, L. D. (1990) *Dairy Council Digest*, **61**(2), 7.
603. McDonough, F. E., Hitchins, A. D., Wong, N. P., Wells, P. and Bodwell, C. E. (1987) *Americal Journal of Clinical Nutrition*, **45**, 570.
604. McGill, S. R. (1995) British Patent Application, UK 2289253 A.
605. McGlinchey, N. (1995) *Dairy Industries International*, **60**(8), 29.
606. McKenna, A. B. (1987) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **22**, 167.
607. Mehnert, D. W. (1996) United States Patent Application, US 5462755.
608. Metzger, J. (1962a) United States Patent Application, US 3025 164.
609. Metzger, J. (1962b) United States Patent Application, US 3025 165.
610. Meyer, A. (1989) *Dairy Foods*, **90**(2), 50.
611. Meyer, J. M. and Mizandjian, J. L. (1991) French Patent Application, FR 2656546 A1.
612. Mihyar, G. F., Yamani, M. I. and Al-Sa'Ed, A. K. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 2304.
613. Miles, J. J. and Leeder, J. G. (1981) *Cultured Dairy Products Journal*, **16**(3), 12.
614. Milkova, I. and Stamova, S. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 706.
615. Miller, M. S. (1994) In *Protein Functionality in Food Systems*, Ed. by Hettiarachchy, N. S. and Ziegler, G. R. Marcel Dekker, New York, pp. 435–465.
616. Miocinovic, D., Ostojic, M. and Karabasevic, S. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 88.
617. Mital, B. K. and Steinkraus, K. H. (1976) *Journal of Milk and Food Technology*, **39**, 342.
618. Mital, B. K. and Steinkraus, K. H. (1979) *Journal of Food Protection*, **42**, 895.
619. Mitten, H. L. (1977) *American Dairy Review*, **39**(6), 23.
620. Mitten, H. L. (1989) *Dairy Field*, **175**(5), 22.
621. Miyamoto, T., Sato, J. and Nakae, T. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 76.
622. Miyamoto, T., Iwamura, S., Komatsu, H., Yoneya, T., Kataoka, K. and Nakae, T. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 205.
623. Modler, H. W. and Villa-Garcia, L. (1993) *Cultured Dairy Products Journal*, **28**(1), 4.
624. Mohamed, M. A. (1990) In *Camel Milk: Chemical Composition, Characterization of Casein and Preliminary Trial of Cheese-Making Properties*, PhD Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
625. Mohammed, F. O., Al-Sawaf, S. D. and Darkazly, M. T. (1985) *Iraqi Journal of Agricultural Sciences – «Zanco»*, **3**(2), 39.
626. Morales De Leon, J., Graue Wiechers, R., Villalobos, M. E. and Borges Rouriguez, H. (1988) *Archives Latinoamericanos de Nutricion*, **38**, 852.
627. Morcos, S. R., Hegazi, S. M. and El-Damhougy, S. T. (1973) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **24**, 1153.

628. Morel, F. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 620.
629. Morgan, D. R., Andersen, D. L. and Mook, D. E. (1970) United States Patent Application, US 3539363.
630. Morley, R. G. (1978) *American Dairy Review*, 40(5), 28.
631. Morley, R. G. (1979a) *Cultured Dairy Products Journal*, 14(1), 30.
632. Morley, R. G. (1979b) *Cultured Dairy Products Journal*, 14(4), 30.
633. Morley, R. G. (1984) United States Patent Application, US 4427701.
634. Morris, C. (1983) *Food Engineering*, 55(11), 51.
635. Morris, R. (1979) *American Dairy Review*, 41(9), 82.
636. Mortensen, H. (1995) *Scandinavian Dairy Information*, 9(4), 8.
637. Mottar, J., Baert, J., Waes, G. and Van Cauwelaert, F. H. (1987) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 41, 207.
638. Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M. and Baert, J. (1989) *Journal of Dairy Science*, 72, 2247.
639. Mouniqua, A. H. (1986) European Patent Application, EP 0 187575.
640. Muir, D. D. and Tamime, A. Y. (1993) *Milchwissenschaft*, 48, 509.
641. Muir, D. D., Horne, D. S., Law, A. J. R. and Steele, W. (1993a) *Milchwissenschaft*, 48, 363.
642. Muir, D. D., Horne, D. S., Law, A. J. R. and Sweetsur, A. W. M. (1993b) *Milchwissenschaft*, 48, 442.
643. Muir, D. D., Hunter, E. A., Guillaume, C., Rychembusch, V. and West, I. E. (1993c) *Milchwissenschaft*, 48, 609.
644. Muir, D. D., Tamime, A. Y. and Hunter, E. A. (1995) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 48, 123.
645. Mulcahy, M. J. (1972) In *Some Practical Research Findings from Moorepark*, Moorepark Research Centre, pp. 13.
646. Munk, W. G. (1980) *Dairy Science Abstracts*, 42, 497.
647. Murad, H. A., Fathy, F. A. and Abdel-Ghani, S. (1997) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 25, 75.
648. Murray, P. P. (1988) In *Low-Calorie Products*, Ed. by Birch, G.G. and Lindley, M.G. Elsevier Applied Science, London, pp. 83–100.
649. Murti, T. W., Bouillane, C., Landon, M. and Desmazeaud, M. J. (1993) *Journal of Food Science*, 58, 153.
650. Neilsen, H., Thygesen, B. and Von Olesen, A. M. (1991) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 94–98.
651. Neirinckx, J. (1972) *Revue Lait Francaise*, 299, 465.
652. Newman, R. (Ed.) (1978) In *The Colour Book of Cheesecakes*, Octopus Books, London.
653. Newstead, D. F., Goldmann, A. and Zadow, J. G. (1979) In *Monograph on Recombination of Milk and Milk Products*, Doc. No. 116, International Dairy Federation, Brussels, pp. 7–13.
654. Nielsen, M., Petersen, B. R. and Budolfsen, G. (1993) PCT International Application, WO 93/22930.
655. Nilson, B. (1973) In *Cooking with Yogurt, Cultured Cream and Soft Cheeses*, Pelham Books, London.
656. Norris, P. E. (1972) In *About Yogurt*, Thorsons Publishers, Wellingborough, UK.
657. Nsofor, L. M. and Chukwu, E. U. (1992) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, 29, 301.
658. Nsofor, L. M., Nsofor, O. N. and Nwachukwu, K. E. (1992) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 60, 515.
659. Ohkuma, K., Matsuda, I. and Nogami, Y. (1993) European Patent Application, EP 0530111 A1.
660. Olano, A., Lopez-Covarrubias, S. J., Ramos, M. and Sdarez, I. A. (1986) *Biotechnology Letters*, 8, 451.
661. Olsen, S. (1990a) *Dairy Science Abstracts*, 52, 803.
662. Olsen, S. (1990b) In *Frozen Yogurt*, Technical Bulletin TP 2006-le, Danisco Ingredients (U.K.) Ltd., Suffolk.
663. Oner, M. D., Tekin, A. R. and Erdem, T. (1993) *Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie*, 26, 371.
664. Van Oosten, C. W. and Verhue, W. M. H. (1990) European Patent Application, EP 0 386 817 A1.
665. Opdahl, L. J. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73 (Supplement 1), 95.
666. Opdahl, L. J. and Baer, R. J. (1991) *Journal of Dairy Science*, 74, 4151.
667. Orga, I. (1975) In *Cooking with Yogurt*, 2nd edition, Andrew Deutsch, London.
668. Orthoefer, F. T., McCaskill, D. R. and Cooper, D. S. (1995) *Food Technology Europe*, 2(3), 36.
669. Otero, M., Rodriguez, T., Fernandez, M., Gonzalez, J. and Lima, L. B. (1997) *Dairy Science Abstracts*, 59, 726.
670. Ozer, B. H., Robinson, R. K., Grandison, A. S. and Bell, A. E. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, 59, 129.
671. Ozer, B. H., Bell, A. E., Grandison, A. S. and Robinson, R. K. (1998) *Journal of Texture Studies*, 29, 67.
672. Pan, T. A., Xu, G. H., Zhang, H. L. and Gao, F. Y. (1995) *Dairy Science Abstracts*, 57, 345.
673. Paolielo, M. M. B., Reddy, K. V. and Da Silva, R. S. F. (1987) *Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie*, 20, 155.
674. Paquin, P., Lebeuf, Y., Richard, J. P. and Kalab, M. (1993) In *Protein and Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenisation and Other Technological Means for High Quality Dairy Products*, Special Issue No. 9303, International Dairy Federation, Brussels, pp. 389–396.

675. Park, Y. W. (1994) *Small Ruminant Research*, **13**, 63.
676. Patel, R. S. and Abd El-Salam, M. H. (1986) *Cultured Dairy Products Journal*, **21**(1), 6.
677. Patel, R. S. and Chakraborty, B. K. (1985a) *Lait*, **65**, 55.
678. Patel, R. S. and Chakraborty, B. K. (1985b) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **13**, 73.
679. Patel, R. S. and Chakraborty, B. K. (1988) *Indian Journal of Dairy Science*, **41**, 109.
680. Patel, A. A. and Gupta, S. K. (1982) *Journal of Food Protection*, **45**, 620.
681. Patel, R. S. and Mistry, V. V. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 812.
682. Patel, A. M., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1983) *Journal of Food Science and Technology - India*, 20, 317.
683. Patel, J. R., Dave, R. I., Sannabhadti, S. S. and Dave, J. M. (1989) *Indian Journal of Dairy Science*, **42**, 230.
684. Patel, R. S., Kanawjia, S. K. and Singh, S. (1993) *Indian Journal of Dairy Science*, **46**, 166.
685. Pavey, R. L. and Mone, P. E. (1976) United States Patent Application, US 3969534.
686. Pedersen, A. H. and Poulsen, P. R. (1971) *Dairy Science Abstracts*, **33**, 686.
687. Petersen, K. (1989) In *Food Ingredients Europe*, Expoconsult Publishers, Maarssen, pp. 22–28.
688. Peterson, M. A. (1979) United States Patent Application, US 4150163.
689. Phillips, L. G. and Barbano, D. M. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 2726.
690. Pieczonka, W. and Pasionek, B. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 1000.
691. Pina, M. G. M., Ribeiro, C. C. and Dias, J. C. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 343.
692. Pinthong, R., Macrae, R. and Dick, J. (1980a) *Journal of Food Technology*, **15**, 661.
693. Pinthong, R., Macrae, R. and Rothwell, J. (1980b) *Journal of Food Technology*, **15**, 647.
694. Pinthong, R., Macrae, R. and Rothwell, J. (1980c) *Journal of Food Technology*, **15**, 653.
695. Pirkul, T., Temiz, A. and Erdem, Y. K. (1997) *International Dairy Journal*, 7, 547.
696. Pochart, P., Dewit, O., Desjeux, J.-F. and Bourlioux, P. (1989) *American Journal of Clinical Nutrition*, **49**, 828.
697. Pontikis, P. (1992) *Dairy Foods*, **93**(8), 37.
698. Poole, S. C. and Partington, J. (1980) In *The Yogurt Cookbook*, Octopus Books, London.
699. Prajapati, J. P., Upadhyay, K. G. and Desai, H. K. (1991) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **28**, 365.
700. Prajapati, J. P., Upadhyay, K. G. and Desai, H. K. (1992) *Australian Journal of Dairy Technology*, **47**, 18.
701. Prajapati, J. P., Upadhyay, K. G. and Desai, H. K. (1993) *Cultured Dairy Products Journal*, **28**(2), 14.
702. Prekoppova, J. and Slottava, A. (1979) *Dairy Science Abstracts*, 41, 369.
703. Primatesta, G. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 377.
704. Puhan, Z. (1979) *Journal of Food Protection*, **42**, 890.
705. Punjrath, J. S. (1991) *Indian Dairyman*, **43**(2), 75.
706. Radaeva, I. A., Kocherga, S. I., Shulkina, S. P. and Efron, B. C. (1970) *XVIII International Dairy Congress*, **1E**, 408.
707. Radwan, H. M. (1996) *Annals Agricultural Science – Cairo*, **41**, 281.
708. Rajasekaran, M. and Rajor, R. B. (1989) *Indian Journal of Dairy Science*, **42**, 132.
709. Rajor, R. B. (1990) *Indian Dairyman*, **42**, 386.
710. Rakshy, S. E. (1966) *Milchwissenschaft*, **21**, 81.
711. Ramaswamy, H. S. and Basak, S. (1992) *Journal of Food Science*, **57**, 357.
712. Rao, D. R., Pulusani, S. R. and Chawan, C. B. (1985) In *Advances in Nutritional Research*, Vol. 7, Ed. by Draper, H. H., Plenum Publishing, New York, pp. 203–219.
713. Rao, D. R., Alhajali, A. and Chawan, C. B. (1987) *Journal of Food Science*, **52**, 1228.
714. Rao, H. G. R., Atmaram, K. and Nambudripad, V. K. N. (1986) *Current Research/University of Agricultural Sciences – Bangalore*, **15**, 113.
715. Rao, H. G. R., Atmaram, K. and Nambudripad, V. K. N. (1987a) *Mysore Journal of Agricultural Science*, **21**, 465.
716. Rao, H. G. R., Atmaram, K. and Nambudripad, V. K. M. (1987b) *Cheiron*, **16**(1), 31.
717. Rasic, J. L. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, **22**(4), 6.
718. Rasic, J. L., Bozic, Z., Vujicic, B. and Dimic, N. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 2, pp. 136.
719. Rathi, S. D., Deshmukh, D. K., Ingle, U. M. and Syed, H. M. (1990) *Indian Journal of Dairy Science*, **43**, 249.
720. Reddy, D. C., Rao, M. R. and Reddy, C. R. (1987) *Indian Journal of Dairy Science*, **40**, 393.
721. Redfern, R. B. and Rizk, S. F. (1979) United States Patent Application, US 4 163802.
722. Reiter, J. (1994) *Dairy Foods*, **95**(4), 30.
723. Renard, M. (1983) French Patent Application, FR 2525076 A1.
724. Reuter, H. (1978) *Dairy Science Abstracts*, **40**, 320.
725. Rezai, R. (1985) French Patent Application, FR 2558341 A1.

726. Rhodes, K. H. (1978) United States Patent Application, US 4110476.
727. Rhodes, K. H. (1995) United States Patent Application, US 5413804.
728. Riisom, T. (1991) *Scandinavian Dairy Information*, **5**(4), 28.
729. Robinson, R. K. (1977) *South African Journal of Dairy Technology*, **9**, 2.
730. Robinson, R. K. (1978) *South African Journal of Dairy Technology*, **10**, 139.
731. Robinson, R. K. (Ed.) (1995a) In *A Colour Guide to Cheese and Fermented Milks*, Chapman & Hall, London.
732. Robinson, R. K. (1995b) *British Food Journal*, **97**(4), 30.
733. Robinson, R. K. and Cadena, M. A. (1978) *Ecology of Food and Nutrition*, **7**, 131.
734. Robinson, R. K. and Khan, P. (1978) *Plant Food for Man*, **2**, 113.
735. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1993) In *Modern Dairy Technology – Advances in Milk Products, Vol.2*, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 1–48.
736. Robinson, R. K. and Vlahopoulou, I. (1988) *Dairy Industries International*, **53**(12), 33.
737. Ronchetti, L. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 929.
738. Rosado, J. L. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 125.
739. Rosado, J. L., Solomons, N. W. and Allen, L. H. (1992) *European Journal of Clinical Nutrition*, **46**, 61.
740. Rosenthal, I., Juven, B. J., Gordin, S. and Jubran, N. (1980) *Journal of Dairy Science*, **63**, 1826.
741. Ross, A. (1980) *Food Manufacture*, **55**(5), 49.
742. Rossi, E. A., Reddy, K. V. and Da Silva, R. S. F. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 556.
743. Rossi, E. A., Faria, J. B., Borsato, D. and Baldochi, F. L. (1993) *Dairy Science Abstracts*, 55,839.
744. Rossi, J. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, pp. 307.
745. Rossi, J. and Clementi, F. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 436.
746. Rossi, J., Costamagna, L. and Ingi, M. (1978) *Lait*, **58**, 155.
747. Rothwell, J. (1993) *Ice Cream and Frozen Confectionery*, **44**, 258.
748. Rousseau, M. J. (1974) *Dairy Science Abstracts*, **36**, 570.
749. Rudin, R. E. (1984) European Patent Application, EPO 118 048 A1.
750. Ryan, J. M., White, C. H., Gough, R. H. and Burns, A. C. (1984) *Journal of Dairy Science*, **67**, 1369.
751. Rybka, S. and Kailasapathy, K. (1995) *Australian Journal of Dairy Technology*, **50**, 51.
752. Ryckeboer, E. and Louis, L. (1992) French Patent Application, FR 2668896A1.
753. Rystaad, G., Knusten, W. J. and Abrahamsen, R. K. (1990) *Journal of Dairy Research*, **57**, 401.
754. Sachdeva, S., Reuter, H., Prokopek, D. and Klobes, H. (1992a) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **44**, 17.
755. Sachdeva, S., Reuter, H., Prokopek, D. and Klobes, H. (1992b) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **44**, 27.
756. Saintain, M. (1995) French Patent Application, FR 2716341 A1.
757. Salama, A. A., Damir, A. A. and Mohamed, M. S. (1992) *Ada Alimentaria – Budapest*, **21**, 67.
758. Saleh, N. (1996) In *Fragrance of the Earth – Lebanese Home Cooking*, Saqi Books, London.
759. Salem, S. A., Attia, I. A., Gooda, E. and Kamar, M. S. (1994a) *Egyptian Journal of Food Science*, **22**, 27.
760. Salem, S. A., Gooda, E., Attia, I. A. and Kamar, M. S. (1994b) *Egyptian Journal of Food Science*, **22**, 13.
761. Salji, J. (1991) *Food Science and Technology Today*, **5**, 18.
762. Salji, J. P., Sawaya, W. N. and Ayaz, M. (1983) *Cultured Dairy Products Journal*, **18**(4), 14.
763. Salji, J. P., Sawaya, W. N., Ayaz, M. and Mashhadi, A. (1987a) *Milchwissenschaft*, **42**, 27.
764. Salji, J. P., Sawaya, W. N., Ayaz, M. and Mashhadi, A. (1987b) *Milchwissenschaft*, **42**, 291.
765. Salminen, S. and Von Wright, A. (Eds.) (1993) In *Lactic Acid Bacteria*, Marcel Dekker, New York.
766. Sarkar, S. P., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1992a) *Indian Journal of Dairy Science*, **45**, 131.
767. Sarkar, S. P., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1992b) *Indian Journal of Dairy Science*, **45**, 135.
768. Sarkar, S., Kuila, R. K. and Misra, A. K. (1996a) *Indian Journal of Dairy Science*, **49**, 270.
769. Sarkar, S., Kuila, R. K. and Misra, A. K. (1996b) *Indian Journal of Dairy Science*, **49**, 176.
770. Sato, I., Umemura, S. and Kanazawa, H. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 241.
771. Savaiano, D. A. (1994) In *Dairy Products in Human Health and Nutrition*, Ed. by Rios, M. S., Sastre, A., Perez Juez, M. A., Estrala, A. and de Sebastian, C. A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 401–405.
772. Savaiano, D. S. and Levitt, M. D. (1987) *Journal of Dairy Science*, **70**, 397.
773. Savaiano, D. A., Abou El-Anouar, A., Smith, D. E. and Levitt, M. D. (1984) *American Journal of Clinical Nutrition*, **40**, 1219.
774. Sawaya, W. N., Salji, J. P., Ayaz, M. and Khalil, J. K. (1984) *Ecology of Food and Nutrition*, **55**, 29.
775. Schaafsma, G., Derikx, P., Dekker, P. R. and De Waard, H. (1988) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **42**, 121.
776. Schenk, R. U. (1980) United States Patent Application, US 4206244.
777. Schober, G. (1973) *Dairy Science Abstracts*, **35**, 448.
778. Schober, G. and Landwehr, W. O. (1973) *Dairy Science Abstracts*, **35**, 448.
779. Von Schulz, M. E. (1969) *Dairy Science Abstracts*, **31**, 429.
780. Schur, S. (1978) United States Patent Application, US 4066794.

781. Schwab, C. (1996) *International Food Marketing and Technology*, **10**(5), 8.
782. Scolari, G. L., Bottazzi, V. and Gliozzi, M. T. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 680.
783. Sebela, F. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 326.
784. Shady, T. S. M. and Abdel-Razik, M. B. (1997) *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, **5**, 177.
785. Shah, N. and Jelen, P. (1987) *Milchwissenschaft*, **42**, 782.
786. Shah, N. P., Spurgeon, K. R. and Gilmore, T. M. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 494.
787. Shalaby, S., El-Shobery, M. and El-Nagar, E. (1992) *Egyptian Journal of Food Science*, **20**, 331.
788. Shamanova, G. P., Pronyagina, N. A., Ladodo, K. S., Fateeva, E. M. and Zozina, G. V. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 673.
789. Sharma, D. K. and Prasad, D. N. (1990) *Cultured Dairy Product Journal*, **25**(3), 16.
790. Sharma, D. K. and Reuter, H. (1989) *Indian Journal of Dairy Science*, **42**, 401.
791. Sharma, D. K. and Reuter, H. (1992) *Indian Journal of Dairy Science*, **45**, 209.
792. Sharma, D. K., Reuter, H., Prokopek, D. and Klobes, H. (1992a) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **44**, 35.
793. Sharma, D. K., Reuter, H., Prokopek, D. and Klobes, H. (1992b) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **44**, 47.
794. Sharma, N. K. and Arora, C. P. (1993) *Drying Technology*, **11**, 1863.
795. Sharma, N. K., Arora, C. P. and Mital, B. K. (1992a) *Journal of Food Engineering*, **15**, 187.
796. Sharma, R. K. and Dutta, S. M. (1986) *Asian Journal of Dairy Research*, **5**, 13.
797. Shazer, Jr., W. H., Keller, S. E. and Speckman, R. A. (1993) United States Patent Application, US 5 176928.
798. Shchelokova, I. F., Kudrya, V. A., Tikhonyuk, S. P., Radovets, L. V. and Chernykh, S. H. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 295.
799. Shehata, A. E., Magdoub, M. N. I., El-Samragy, Y., Mohammad, N. H. and Nageib, M. (1984) *Annals of Agricultural Science – Ain Shams University*, **29**, 779.
800. Shekar, S. and Bhat, G. S. (1983) *Journal of Food Protection*, **46**, 321.
801. Shelef, L. A., Bahnmiller, K. R., Zemel, M. B. and Monte, L. M. (1988) *Journal of Food Processing and Preservation*, **12**, 187.
802. Sheu, T. Y., Marshall, R. T. and Heymann, H. (1993) *Journal of Dairy Science*, **76**, 1902.
803. Shirai, K., Glitierrez-Duran, M., Marshall, V. M. E., Rivah-Moiseev, S. and Garcia-Garibay, M. (1992a) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **59**, 205.
804. Shirai, K., Pedraza, G., Gutierrez-Duran, M., Marshall, V. M. E., Revah-Moiseev, S. and Garcia-Garibay, M. (1992b) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **59**, 199.
805. Shukla, F. C. and Jain, S. C. (1991) *Indian Journal of Dairy Science*, **44**, 130.
806. Shukla, F. C., Jain, S. C. and Sandhu, K. S. (1986) *Indian Journal of Dairy Science*, **39**, 486.
807. Simhaee, E. and Keshavarz, K. (1974) *Journal of Poultry Science*, **53**, 184.
808. Simon, P. and Devallerie, R. J. L. (1968) French Patent Application, PR 1529590.
809. Singer, N. S. and Dunn, J. M. (1990) *Journal of the American College of Nutrition*, **9**, 388.
810. Singer, N. S., Pookote, H., Hatchwell, L. C., Anderson, G., Shazer, A. G. and Booth, B. J. (1993) United States Patent, US 5 202146.
811. Singh, J. (1979) *Indian Dairyman*, **31**, 117.
812. Singh, J. (1983) *Journal of Food Protection*, **46**, 497.
813. Singh, I. and Kaul, Y. (1982) *Milchwissenschaft*, **37**, 731.
814. Singh, R. G., Singh, K. and Ogra, J. L. (1991) *Indian Journal of Dairy Science*, **44**, 620.
815. Singh, R. G., Singh, K., Mor, S. and Ogra, J. L. (1996) *Indian Journal of Dairy Science*, **49**, 109.
816. Singhal, R. S., Gupta, A. K. and Kulkarni, P. R. (1991) *Trends in Food Science and Technology*, **2**, 241.
817. Sinha, P. R. and Dutta, S. M. (1985) *Asian Journal of Dairy Research*, **4**, 177.
818. Siscar, M. J. O., Dizon, E. L. and Sanchez, P. C. (1985) *Phillippine Agriculturist*, **68**, 102.
819. Smith, D. E. (1989) In *North American Dairy Sheep Symposium*, Ed. by Boylan, W. J. St. Paul, pp. 147–156.
820. Smith, K. E. and Bradley, Jr., R. L. (1984) *Cultured Dairy Products Journal*, **19**(4), 31.
821. Sneath, P. H. A., Mair, N. S., Sharpe, M. E. and Holt, J. G. (Eds.) (1986) In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2, Williams and Wilkins, Baltimore.
822. So, M. H. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 694.
823. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1995) *Biotechnology and Applied Biochemistry*, **22**, 23.
824. Song, G. S., Lee, K. I., Baick, S. C. and Yu, J. H. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 505.
825. De Souza, G., De Oliveira, A. J. and Shirose, I. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 621.
826. De Souza, G., De Oliveira, A. J. and Shirose, I. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 729.
827. Spanghero, M. and Susmel, P. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 629.
828. Spano, A. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 622.
829. Speck, M. L. (1977) *Journal of Food Protection*, **40**, 863.
830. Speck, M. L. and Geoffrion, J. W. (1980) *Journal of Food Protection*, **43**, 26.

831. Speck, M. and Hansen, A. (1983) *Cultured Dairy Products Journal*, 18(4), 6.
832. Spillman, D. and Farr, S. (1983) *Cultured Dairy Products Journal*, 18(4), 10.
833. Srivastava, M. K., Trimurtulu, N. and Lohani, P. P. (1985) *Indian Dairyman*, **37**, 507.
834. Steinberg, A. (1983a) *Dairy Record*, 84(9), 151.
835. Steinberg, A. (1983b) *Dairy Record*, 84(4), 117.
836. Steinkraus, K. H. (Ed.) (1996) In *Handbook of Indigenous Fermented Foods*, 2nd Edition, Marcel Dekker, New York.
837. Steinkraus, K. H. (1997) *Food Control*, 8, 311.
838. Steinsholt, K. and Bjorke, T. J. (1995) *Dairy Science Abstracts*, 57, 622.
839. Stenby, E. (1993) *Scandinavian Dairy Information*, 7(4), 37.
840. Streiff, P. J., Hoyda, D. L. and Epstein, E. (1990) United States Patent, US 4956186.
841. Stuart, S. L. (1979) In *The Danone Book of Yoghurt*, Carol Publishing, Secaucus.
842. Subramonian, B. S., Nareshkumar, C. and Narasimhan, R. (1995) *Cheiron*, 24(1), 1.
843. Subramonian, B. S., Kumar, C. N., Narasimhan, R., Shanmugam, A. M. and Khan, M. M. (1997) *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, **34**, 340.
844. Suhaj, M. and Krkoskova (1995) *Dairy Science Abstracts*, 57,106.
845. Surono, I. S. and Hosono, A. (1995) *Japanese Journal of Dairy and Food Science*, 44, A91.
846. Suryawanshi, S. U., Lembhe, A. K., Khedkar, C. D. and Kaurwar, H. V. (1993) *Indian Journal of Dairy Science*, **46**, 269.
847. Swartz, W. E. (1982) United States Patent Application, US 4362750.
848. Tagliaferri, E. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 459.
849. Taha, S. H., Girgis, E. S., Amer, S. N. and Abd-El-Moeety, S. H. (1997a) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 25, 193.
850. Taha, S. H., Girgis, E. S., El-Dairy, S. Y. and Rizk, N. R. (1997b) *Annals of Agricultural Science - Moshtohor*, **35**, 847.
851. Tahajod, A. S. and Rand, A. C. (1993) *Cultured Dairy Products Journal*, 28(1), 10.
852. Takahata, J. (1980) United States Patent Application, US 4212893.
853. Von Taleban, H. and Renner, E. (1972) *Mitchwissenschaft*, 27, 753.
854. Tamime, A. Y. (1977a) In *Some Aspects of the Production of Yoghurt and Condensed Yoghurt*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
855. Tamime, A. Y. (1977b) *Dairy Industries International*, 42(8), 7.
856. Tamime, A. Y. (1978a) *Cultured Dairy Products Journal*, 13(3), 16.
857. Tamime, A. Y. (1978b) *The Milk Industry*, 80(3), 4.
858. Tamime, A. Y. (1993) In *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Vol. 7, Ed. by MaCrae, R., Robinson, R. K. and Sadler, M. J., Academic Press, London, pp. 4972–4977.
859. Tamime, A. Y. (1997) In *Proceedings of the International Symposium on Non-Digestible Oligosaccharides: Health Food for the Colon*, Ed. by Hartemink, R., Wageningen Agricultural University, Drukkerij Modem, Bennekom.
860. Tamime, A. Y. and Crawford, R. J. M. (1984) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **12**, 299.
861. Tamime, A. Y. and Deeth, H. C. (1980) *Journal of Food Protection*, **43**, 939.
862. Tamime, A. Y. and Marshall, V. M. E. (1997) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 2nd Edition, Ed. by Law, B. A., Blackie Academic & Professional, London, pp. 57–152.
863. Tamime, A. Y. and O'Connor, T. P. (1995) *International Dairy Journal*, 5, 109.
864. Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1978) *Milchwissenschaft*, **33**, 209.
865. Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1988) *Journal of Dairy Research*, **55**, 281.
866. Tamime, A. Y., Kalab, M. and Davies, G. (1989a) *Food Microstructure*, **8**, 125.
867. Tamime, A. Y., Davies, G., Chehade, A. S. and Mahdi, H. A. (1989b) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **42**, 35.
868. Tamime, A. Y., Kalab, M. and Davies, G. (1991a) *Food Structure*, **10**, 345.
869. Tamime, A. Y., Davies, G., Chehade, A. S. and Mahdi, H. A. (1991b) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **44** ,99.
870. Tamime, A. Y., Kalab, M., Davies, G. and Mahdi, H. A. (1991c) *Food Structure*, **10**, 37.
871. Tamime, A. Y., Bruce, J. and Muir, D. D. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 560.
872. Tamime, A. Y., Barclay, M. N. I., Davies, G. and Barrantes, E. (1994) *Milchwissenschaft*, **49**, 85.
873. Tamime, A. Y., Marshall, V. M. E. and Robinson, R. K. (1995a) *Journal of Dairy Research*, **62**, 151.
874. Tamime, A. Y., Kalab, M., Muir, D. D. and Barrantes, E. (1995b) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **48**, 107.
875. Tamime, A. Y., Barrantes, E. and Sword, A. M. (1996) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **49**, 1.
876. Tamime, A. Y., Muir, D. D., Barclay, M. N. I., Khaskheli, M. and McNulty, D. (1997a) *Food Research International*, **30**, 311.

877. Tamime, A. Y., Muir, D. D., Barclay, M. N. I., Khaskheli, M. and McNulty, D. (1997b) *Food Research International*, **30**, 319.
878. Tawfik, N. F., Efat, B. A., Abd-El-Ghani, S. and Murad, H. A. (1993) *Egyptian Journal of Food Science*, **21**, 67.
879. Tchorbanov, B., Grozeva, L. and Gyosheva, B. (1993) In *Progress in Food Fermentation*, Vol. 1, Institute de Agroquimica Technologia de Alimentos, Valencis, pp. 235–240.
880. Telles, F. J. S. (1988) *Dissertation Abstracts International B*, **49**, 10.
881. Therrien, F., Dubois, G., Charbonneau, R., Gagnon, M. and Contt, A. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 2, pp. 142.
882. Thogersen, A. M. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 688.
883. Thompson, L. D. and Mistry, A. N. (1994) *Cultured Dairy Products Journal*, **29**(3), 12.
884. Tieszen, K. M. and Baer, R. J. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(4), 11.
885. Toba, T., Arihara, K. and Adachi, S. (1986a) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 438.
886. Toba, T., Arihara, K. and Adachi, S. (1986b) *Journal of Dairy Science*, **69**, 1241.
887. Toba, T., Hayasaka, I., Taguchi, S. and Adachi, S. (1990) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **52**,403.
888. Tokumaru, S., Kubo, M. and Nogami, M. (1987) United States Patent Application, US 4702923.
889. Tokumaru, S., Kubo, M. and Nogami, M. (1989) United States Patent Application, US 4797290.
890. Tomar, S. K. and Prasad, D. N. (1989) *Buffalo Journal*, **5**(1), 25.
891. Toral, A. R., Tekbiyik, L. and Ildes, Z. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 568.
892. Toufeili, I., Shadarevian, S., Arttnian, T. and Tannous, R. (1995) *International Dairy Journal*, **5**, 179.
893. Towler, C. (1984) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **19**, 205.
894. Trindade, C. S. F., Silva, F. C., Freitas, S. and Couri, S. (1998) *Dairy Science Abstracts*, **60**, 179.
895. Trop, M. (1980) British Patent Application, GB 2048 047A.
896. Trop, M. (1986) United States Patent Application, US 4590077.
897. Tuohy, J. J. (1990) In *Processing and Quality Foods*, Vol. 1, Ed. by Zenthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C, Gormley, T. R., Linko, P. and Paulus, K. Elsevier Applied Science, London, pp. 1.160–1.165.
898. Turambekar, S. V. and Kulkarni, M. B. (1991) *Indian Journal of Dairy Science*, **44**, 449.
899. Tzanetakis, N. M. (1996) In *The Optimal Exploitation of Marginal Mediterranean Areas by Extensive Ruminant Production*, Ed. by Zervas, N. P. and Hatziminaoglu, J., EAAP Publication No. 33, G Athens, pp.393–397.
900. Upadhyay, S. M., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1984) *Journal of Food Science and Technology – India*, **21**, 208.
901. Upadhyay, S. M., Dave, J. M. and Sannabhadti, S. S. (1985) *Journal of Food Science and Technology - India*, 22,185.
902. Usacheva, V. A., Gus'kova, L. D., Volkova, L. G., Alekseeva, N. Y., Fil'chakova, S. A. and Sochneva, L. G. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **S3**, 1004.
903. Usacheva, V. A., Kholodova, T. A., Gus'kova, L. D. and Fll'chakova, S. A. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 704.
904. De Valdez, G. F. and De Giori, G. S. (1993) *Journal of Food Protection*, **56**, 320.
905. Vanderpoorten, R. and Martens, R. (1976) *Revue de'l'Agriculture*, **29**, 1509.
906. Varan, C. O. (1994) United States Patent Application, US 5356638.
907. Vargas, L. H. M., Reddy, K. V. and Da Silva, R. S. F. (1989) *Lebensmittel-Wissenschaft und Technotogie*, **22**, 133.
908. Veinoglou, B., Anifantakis, E. and Stiakakis, I. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 831.
909. Venkateshaiah, B. V., Natarajan, A. M. and Atmaram, K. (1982) *Cheiron*, **11**, 294.
910. Venkateshaiah, B. V., Atmaram, K. and Kempanna, C. (1994) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, **5**, 51.
911. Venkateshaiah, B. V., Kempanna, C. and Jayaprakahsa, H. M. (1996) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, **7**, 38.
912. Vesely, R. C., Giani, G., Cingoli, V. and Maiocchi, G. (1989) British Patent Application, GB 2 207 849 A1.
913. Vesely, R. C., Giani, G., Cingoli, V. and Maiocchi, G. (1995) European Patent Application, EP 0655 202 A1.
914. Vitanov, T., Nikolov, N. and Boydasheva, I. (1973) In *Proceedings of XIII International Congress of Refrigeration*, Vol. III, Ed. by Pentzer, W.T, AVI Publishing, Connecticut, USA, pp. 773–780.
915. Vitez, L. (1968) *Dairy Science Abstracts*, **30**, 417.
916. Vlahopoulou, I. and Bell, A. E. (1993) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **46**, 61.
917. Vlahopoulou, I. and Bell, A. E. (1995) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **48**, 112.
918. Vlahopoulou, I., Bell, A. E. and Wilbey, A. (1994) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **47**, 121.
919. Vosniakos, F., Moumtzis, A., Giouvanoudi, A., Drosos, G. and Karakoltsidis, P. (1991) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 433.

920. Voutsinas, L. P., Katsiari, M. C., Pappas, C. P. and Mallatou, H. (1996a) *Food Research International*, **29**, 403.
921. Voutsinas, L. P., Katsiari, M. C., Pappas, C. P. and Mallatou, H. (1996b) *Food Research International*, **29**, 411.
922. Waes, G. (1987) *Milchwissenschaft*, **42**, 146.
923. Walther, T. (1995) *Internationale Zeitschrift fur Libensmittel-Technik, Marketing, Verpackung und Analytik*, **46**(12), 12.
924. Wang, S. H., Marinho, C. S. and Carvalho, E. P. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**, 735.
925. Westerbeek, J. M. M. (1995a) *Scandinavian Dairy Information*, **9**(4), 29.
926. Westerbeek, J. M. M. (1995b) *Dairy Industries International*, **60**(6), 39.
927. Westerbeek, J. M. M. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**. 206.
928. Whalen, C. A., Gilmore, T. M., Spurgeon, K. R. and Parsons, J. G. (1988) *Journal of Dairy Science*, **71**, 299.
929. White, J. (1996) In *Recipes for Yogurt Cheese*, Gazelle Book Services, Cottonwood.
930. White, C. H., Ryan, J. M., Gough, R. H. and Burns, A. (1984) *Louisiana Agriculture*, **28**(1), 20.
931. Whitehead, W. E., Bodyfelt, F. W. and Sandine, W. E. (1993) *Cultured Dairy Products Journal*, **28**(3), 21.
932. Williams, K. A. (1990/91) *Ice Cream and Frozen Confectionery*, **43**, 112.
933. Willrett, D., Evenson, K., Wright, S., Brennand, C. and Kondo, J. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73** (Supplement 1), 111.
934. Wolkstein, M. (1986) United States Patent Application, US 4626441.
935. Wood, B. J. B. (Ed.) (1992) In *Lactic Acid Bacteria in Health and Disease*, Elsevier Applied Science, London.
936. Wood, B. J. B. and Holzapfel, W. H. (Eds.) (1995) In *The Genera of Lactic Acid Bacteria*, Vol. 2, Blackie Academic & Professional, London.
937. Yadav, V. B., Jha, Y. K., Garg, S. K. and Mital, B. K. (1994) *Australian Journal of Dairy Technology*, **49**, 34.
938. Yamanak, Y., Okumura, S., Mitsugi, K. and Hasagawa, Y. (1969) British Patent Application, GB 1 154139.
939. Yamani, M. A. and Abu-Jaber, M. M. (1994) *Journal of Dairy Science*, **77**, 3558.
940. Yang, Z., Pahkala, E. and Tupasela, T. (1993) *Agricultural Science in Finland*, **2**, 395.
941. Yaygin, H. (1980) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 797.
942. Yokota, T., Sakamoto, N. and Takahashi, N. (1989) United States Patent Application, US 4855147.
943. Yonez, A. (1965) In *Yearbook Faculty of Agriculture*, University of Ankara, **5**, 4.
944. Young, P. (1986) *Sheep Dairy News*, **3**, 11.
945. Young, P. (1987) *Sheep Dairy News*, **4**, 41.
946. Yuan, N., Yang, M. S., Zhao, H. and Zhang, G. T. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 140.
947. Yukalo, V. G., Shulyak, T. L., Shparko, M. D. and Vasilenko, Z. V. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 272.
948. Zeller, C. L. (1986) United States Patent Application, US 4631 196.
949. Ziemba, J. V. (1971) *Food Engineering*, **43**(4), 50.
950. Zmarlicki, S., Gawel, J., Puanowski, E. and Molska, I. (1974a) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 771.
951. Zmarlicki, S., Gawel, J., Puanowski, E. and Molska, I. (1974b) *Dairy Science Abstracts*, **36**, 504.
952. Zobkova, Z. S., Zemskov, V. V., Borisova, A. T. and Tambov, V. A. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 526.

6
МИКРОБИОЛОГИЯ ЙОГУРТА И БИОЗАКВАСОК

6.1 Введение

В первой работе, посвященной бактериологическому исследованию йогурта [140], описано три различных вида микроорганизмов, а именно диплострептококк, *Lactobacillus* в форме палочек/кокков и *Lactobacillus* в форме палочек. Подобные наблюдения описаны также в работе [239], однако можно считать, что своей популярностью йогурт обязан Мечникову [260], который выдвинул теорию о том, что молочнокислые бактерии, известные как *Bulgarian bacillus*, попадая в организм человека вместе с пищей, способствуют продлению жизни. Предполагалось, что присутствие этого микроорганизма в йогурте подавляет рост гнилостной микрофлоры кишечника.

Bulgarian bacillus — это, фактически, *Thermobacterium bulgaricum* [301], позже названная *Lactobacillus bulgaricus*. В настоящее время она известна как *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Однако было обнаружено [343, 344], что *Thermobacterium acidophilin* (*Lactobacillus acidophillus*) является молочнокислой бактерией, которая способна приживаться в кишечнике, и, более того, основные лечебные свойства йогурта проявляются в случае, если *L. acidophilus* входит в состав закваски. Классификация молочнокислых бактерий по Орла-Йенсен [301], в соответствии с которой бактерии сферической формы относятся к стрептококкам (*Streptococcus)*, а палочковидные – к термобактериям (*Thermobacterium*), стрептобактериям (*Streptobacterium*) и бета-бактериям (*Betabacterium*) и в настоящее время считается стандартной для определения этих микроорганизмов. По этой классификации [301], микроорганизмы закваски для йогурта — это термофильные молочнокислые бактерии, способные к росту при 40–45 °С. Эти микроорганизмы называли *Thermobacterium bulgaricum*, *Thermobacterium jugurti* (*Lac-*

tobacillus jugurti) и *Streptococcus thermophilus*. В седьмом издании определителя Берги (Bergey) [38] все молочнокислые бактерии были сгруппированы в одно семейство, *Lactobacillacceae*, которое подразделялось на *Streptococceae* (клетки овальной или сферической формы) и *Lactobacilleae* (в форме палочек). Эта классификация была изменена в восьмом издании определителя [39], где указываются два отдельных семейства, *Streptococcaceae* и *Lactobacillaceae*, а в самом последнем издании [40] руководства те же организмы включены в различные группы. Например, грам-положительные кокки состоят из двух семейств, где род *Streptococcus* выделен в семейство II, то есть *Deinococcaceae*. Род *Lactobacillus* выделен в отдельную группу, известную как правильные (регулярные), неспорообразующие, грамположительные палочки. Группа *N*, молочные стрептококки (мезофильного типа), в настоящее время известны как виды *Lactococcus*, а *S. thermophilus* (термофильный микроорганизм) сохранил свое место в номенклатуре.

6.1.1 История вопроса и классификация

Таксономический статус *S. thermophilus* по [301] с 1980-х гг. менялся из-за близости между этим микроорганизмом и *Streptococcus salivarius*. Как следствие, он был обозначен как подвид (например, S. *salivarius* подвида *thermophilus*). В 1991 г. статус отдельного вида был предложен вновь на основе генетических и фенотипических критериев. Дополнительные данные имеются в обзорах [150, 151]. Некоторые характеристики *S. thermophilus* приведены в табл. 6.1, а другие характеристики приведены ниже.

- Сферическая или овальная форма клеток менее 1 мкм в диаметре, сгруппированных в виде цепочек или попарно.
- Отсутствие роста при 15 °С; рост при 45 °С может привести к появлению клеток неправильной формы и сегментов; большинство штаммов способно расти при 50 °С или переносить нагревание при температуре 60 °С в течение 30 мин.
- Бактерии являются грам-положительными, анаэробными гомоферментативными молочнокислыми бактериями, и образуют из лактозы молока L(+) лактат, ацетальдегид и диацетил.
- Некоторые штаммы продуцируют экзополисахариды (ЭПС) и для ускоренного роста требуют наличия ростовых веществ (витаминов В и некоторых аминокислот).
- Отсутствие роста в молоке с метиленовым синем (0,1 г/100 мл) или при pH 9,6.
- Пептидогликоновый тип стенки ячейки — *Lys-Ala*$_{2-3}$; данные последовательности рибосомной РНК 16*S* продемонстрировали близкую связь между *S. thermophilus*, *S. salivarius* и *Streptococcus vestibularis*.
- Групповой антиген для серологической идентификации не обнаружен [105, 297].

Дело обстоит иначе, когда определенные подвиды *Lactobacillus* рассматриваются с точки зрения их классификации и номенклатуры. Стандартный подход, предложенный в [301] (*Thermobacterium*, *Streptobacterium* и *Betabacterium*), заменен в последнем переиздании руководства [40] использованием групп I, II или III. История группы и пере-

Таблица 6.1. **Характеристики некоторых молочнокислых бактерий[а], связанных с йогуртом**

Характеристика	Подвиды *Streptococcus*		Подвид *L. delbrueckii*			Подвиды *Lactobacillus*		
	thermophilus	*salivarius*	*delbrueckii*	*bulgaricus*	*lactis*	*acidophilus*	*helveticus*	*jugurti*[6]
Г + У[в] среднее (%)	37–40	39–42	49–51	49–51	49–51	34–37	38–40	39
Молочная кислота, изомер(ы)	L(+)	L(+)	D(–)	D(–)	D(–)	DL	DL	DL
Рост при 10/45 °С	–/+	–/+	–/+	–/+	–/+	–/+	–/+	–/V
Потребность в:								
– тиамине			–	–	–	–	–	–
– рибофлавине			+	+	+	+	+	+
– пиридоксале			–	–	–	–	+	+
– фолиевой кислоте			+	+	+	+	–	–
– тимидине			+	+	+	–	–	–
– витамине B_{12}			+	+	+	–	–	–
Сбраживание углеводов								
Эскулин	+-	+	–	–	+	+	–	–
Амигдалин	+	–	–	–	+	+	–	–
Целлобиоза	+	–	d	–	d	+	–	–
Фруктоза	+	+	+	+	+	+	d	
Галактоза	–	d	–	–	d	+	+	+
Лактоза	+	+	–	+	+	+	+	+
Мальтоза	+	–	d	–	+	+	d	–
Манноза			+	–	+	+	d	
Мелецитоза			–	–	–	–	–	
Мелибиоза	–	d	–	–	–	d	–	–
Рафиноза	–	d	–	–	–	d	–	
Рибоза	–	d	–	–	–	–	–	
Салицин	+	–	–	–	+	+	–	–
Сахароза			+	–	+	+	–	–
Трегалоза	D	d	–	+	d	d	d	

[а] Ни один из организмов не производит газ из глюконата и глюкозы или NH_3 из аргинина. [б] *L. jugurti* приведен для сравнения. [в] Средний % гуанина и цитозина ДНК.

«+» положительная реакция штаммов — 90% или более; «–» отрицательная реакция штаммов — 90% или более; d — положительная или слабая реакция 11–89%; пустые ячейки свидетельствуют об отсутствии данных.

По [7, 39, 40, 145, 147, 151, 302, 347, 412].

Актинал™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

определений лактобактерий рассмотрена в работах [49, 86, 145, 146, 159, 320]. Изучение содержания гуанина и цитозина (Г+Ц) дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), ДНК-ДНК гибридизации и гомологии ферментов показало, что *L. jugurti* является биотипом *Lactobacillus helveticus*, и реассоциация между *L. bulgaricus* и *L. jugurti* отсутствует [281, 379]. Гомология ДНК между *L. jugurti* и *L. helveticus* составляет около 80–100%, и *L. jugurti*, который рассматривается как мальтоза-отрицательный вариант *L. helveticus*, более не признается [234]. Однако из-за большого фенотипического и геномного подобия между *Lactobacillus delbrueckii*, *leichmanni*, *lactis* и *bulgaricus*, как отдельный вид был сохранен только *L. delbrueckii*, а другие организмы считаются подвидами. *L. lactis* и *L. leichmanni* классифицируются как *L. delbrueckii* подвида *lactis*, а *L. bulgaricus* в настоящее время известен как *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

Общие различия между этими лактобактериями приведены в табл. 6.1. Другие характеристики *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* приведены ниже.

- Эти бактерии представлены в группе I или *Aa* — облигатные гомоферментативные лактобактерии (буква указывает на принадлежность к группе *L. delbrueckii*).
- Клетки представляют собой палочки с закругленными концами размером 0,5–0,8 × 2–9 мкм, одиночные или собранные в короткие цепочки.
- Этот микроорганизм сбраживает меньше сахаров, в молоке продуцирует из лактозы D(+) лактат и ацетальдегид; некоторые штаммы продуцируют ЭПС.
- Слабый рост наблюдается при температуре ниже 10 °C, большинство штаммов способно к росту при 50–55 °C.
- Пептидогликановый тип стенки ячейки — *Lys-DAsp* (см. также [304, 407]).

По заквaскам для йогурта и других молочных продуктов существует обширная литература с разнообразными техническими данными. Для общего ознакомления мы рекомендуем работы [3, 17, 43, 72, 92, 128, 168, 184, 238, 245–247, 347, 352, 363, 400, 404, 422].

В работе [270] указано, что *L. acidophilus* был первоначально выделен из фекалий грудных детей, находящихся на искусственном вскармливании и назван *Bacillus acidophilus*, но в 1959 г. в работе [349] появилось подробное описание *L. acidophilus*, основанное на данных [349, 424]. Позже в работе [229] на основе картины ферментации трегалозы, мелибиозы и рафинозы этот вид был подразделен на пять биотипов. В работе [269] на основе изменений в ферментации рибозы и лактозы число биотипов было расширено до десяти. Позже филогенетический подход на основе рибосомной РНК 16S, принятый в работах [86, 123], поставил под сомнение некоторые из этих более ранних классификаций, но даже при этом характеристика *L. acidophilus*, предложенная в [129], не устарела. Как следствие, описание этого вида, данное в [148] на основе определенного штамма (*ATCC* 4356), остается верным.

Таксономический статус *L. acidophilus* не изменялся в течение длительного времени, и некоторые его характеристики приведены в табл. 6.1; среди других характеристик можно отметить следующие:

- эти бактерии представлены в группе I или Aa — облигатные гомоферментативные лактобациллы; относятся к той же группе, что и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*;

Лактинаѣ™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

- клетки представляют собой палочки с закругленными концами, размером 0,6–0,9 × 1,5–6 мкм; встречаются они отдельно, попарно и в виде коротких цепочек; клетки неподвижные и неспорообразующие; возможно, в способности прикрепляться к стенке кишечника человека важную роль играют белки клеточной стенки микроорганизма [42, 59];
- для роста этому организму необходимы рибофлавин, пантотеновая и фолиевая кислоты и ниацин, и не требуется других витаминов группы В;
- недавние исследования (электрофорез клеточных белков или лактат дегидр(оген)азы и реассоциация ДНК-ДНК) дают основания полагать, что штаммы *L. acidophilus* включают шесть геномовидов;
- при температуре ниже 15 °С рост отсутствует; большинство штаммов растет при 35–45 °С, а оптимальная кислотность (pH) для роста составляет 5,5–6,0;
- пептидогликановый тип клеточной стенки — *Lys-DAsp*.

Согласно [264], для роста большинства штаммов *L. acidophilus* требуется выполнение весьма сложных условий, но поскольку нормальная среда обитания *L. acidophilus* — это стенки тонкой кишки млекопитающих, то эти условия обычно легко достижимы. Способность вида сбраживать углеводы *in vitro* показана в табл. 6.1, и хотя *L. acidophilus* известна лучше других полезных для здоровья лактобактерий, в кисломолочных продуктах зачастую применяются и другие виды, первоначально выделенные из кишечника человека. Сравнительные данные для некоторых из них также приведены в табл. 6.1. Кроме того, для успешного роста штаммам *L. acidophilus* могут требоваться жирные кислоты, минеральные вещества, пептиды и аминокислоты, производные нуклеиновых кислот и витамины группы В. Поэтому не удивительно, что в коровьем молоке большинство штаммов растет медленно. Предельная кислотность, согласно [334], составляет по содержанию молочной кислоты 0,3–1,9 г/100 г. Хотя некоторые штаммы способны продуцировать достаточно высокое количество кислоты, выдержать подобные условия дольше нескольких дней могут лишь немногие. Оптическая конфигурация продуцируемой молочной кислоты — *DL*.

Полезность *L. acidophilus* для здоровья рассмотрена в других разделах, поэтому здесь лишь отметим, что в дополнение к образованию молочной кислоты некоторые штаммы данного вида могут также продуцировать вещества, подобные антибиотикам. В ряде работ указано, что такие вещества могут быть важны для предотвращения роста в кишечнике патогенных микроорганизмов [372]. Так, было выяснено, что очищенный бактериоцин, выделенный из штамма *L. acidophilus*, обладает ингибирующей активностью против ряда других подвидов *Lactobacillus* [29, 31]. Если эти свойства проявляются так же и в кишечнике, то, возможно, благодаря им (как дополнительному механизму) существующие там «локальные» штаммы *L. acidophilus* могут сохранять свое доминирующее положение.

Что касается таксономии и номенклатуры бифидобактерий, то они также изменялись, и если в восьмом издании определителя [39] они классифицировались как подвид *Lactobacillus*, то в последнем его издании [40] те же самые микроорганизмы выделены в отдельную группу *Bifidobacterium*.

В настоящее время идентифицировано 30 штаммов бифидобактерий, выделенных из различных источников, — фекалий людей, животных и птиц, из сточных вод, из

Лактиналь™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

влагалища и др., однако лишь шесть из них, известные как *Bifidobacterium adolescentis*, *breve*, *bifidum*, *infantis*, *lactis* и *longum* и полученные от человека, привлекли внимание специалистов с точки зрения использования их при производстве ферментированных молочных «биопродуктов». Такое ограничение основано на предположении, что если изолят имеет человеческое происхождение, то он должен имплантироваться в стенки толстой кишки и/или выживать в толстой кишке другого человека. Справедливость этого предположения отнюдь не бесспорна, поскольку имеются некоторые данные о том, что в то время, как поступивший с пищей штамм может стать преобладающим на стенках толстой кишки пациента с малым количеством микроорганизмов, «собственные» штаммы пациента со временем «возмут верх» над внесенной культурой. Кроме того, известно также, что штаммы *Bifidobacterium animalis*, полученные не от человека, могут прочно удерживаться на человеческих клетках в культуре ткани, и поэтому вопрос о том, какие виды следует допустить к применению в биойогуртах, подлежит дальнейшему обсуждению.

Идентификационные характеристики бифидобактерий рассмотрены в определителе [40], а также в работах [27, 45, 196, 256, 371, 415]. Некоторые другие харакетристики приведены ниже.

- Грамположительные, анаэробные гетероферментативные, неподвижные, неспорообразующие палочки размером 0,5–1,3 × 1,5–8 мкм.
- Клетки этих бифидобактерий, выросшие анаэробно в среде триптиказа-фитон-дрожжи (*TPY*) имеют специфическую форму и строение (например, амфоро-подобные; тонкие и короткие; очень удлиненные и тонкие с несколько неправильными контурами и редкими ответвлениями).
- Пептидогликан стенки ячейки у разных видов различен, причем этот сложный (комплексный) материал состоит из линейных цепей молекул *N*-ацетилмурамовой кислоты и N-ацетилглюкозамина, чередующихся по длине цепи.
- Различные виды способны утилизировать различные типы углеводов (см. табл. 6.2), что используется для их идентификации. Одним из ключевых ферментов является фруктоза-6-фосфат фосфокетолаза (F6ФФК), известная как «бифидошунт». Этот фермент может использоваться для идентификации рода, однако следует отметить, что не все штаммы продуцируют F6ФФК в достаточных для обнаружения количествах. Ферментация двух молекул глюкозы ведет к образованию двух молекул лактата и трех молекул ацетата.
- Содержание гуанина и цитозина (Г+Ц) в ДНК клетки этого рода составляет от 54 до 67 моль %.
- Выявлен широкий спектр веществ, которые могут служить бифидогенными стимуляторами роста.

Палочки бифидобактерий зачастую имеют неправильную форму, со слегка вогнутой центральной областью и утолщениями на концах. Иногда можно встретить коккообразные клетки или представляющие собой очень длинные или короткие бактерии различной ширины; клетки могут быть V-, Y- или X-образными (булавовидные, с раздвоенными концами или гантелевидные) — в зависимости от состава среды, на которой растет колония. Считается, что при неблагоприятных условиях роста форма клеток изменяется — появляется больше разветвленных клеток; клетки становятся

Актиналь™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

Таблица 6.2. **Некоторые характеристики бифидобактерий, используемых для изготовления био-йогурта**[a]

Характеристика	Подвиды *Bifidobacterium*					
	adolescentis	***bifidum***	***breve***	***infantis***	***lactis***[6]	***longum***
Г + Ц среднее (%)	58,9	60,8	58,4	60,5	61,9	60,8
Тип пептидогликана	Lys(Orn)-D-ASP	Orn(Lys)-D-Ser-D-ASP	Lys-Gly	Orn(Lys)-Ser-Ala-Thr-Ala	Lys(Orn)-Ala-(Ser)-Ala2	Orn(Lys)-Ser-Ala-Thr-Ala
Сбраживание углеводов						
Арабиноза	+	–	–	–	d	+
Целлобиоза	+	–	d	–	–	–
Фруктоза	+	+	+	+	+	+
Галактоза	+	+	+	+	+	+
Глюконат	+	–	–	–	–	–
Инулин	d	–	d	d	+	–
Лактоза	+	+	+	+	+	+
Мальтоза	+	–	+	+	+	+
Маннитол	d	–	d	–	–	–
Манноза	d	–	+	d	–	d
Мелецитоза	+	–	d	–	–	+
Мелибиоза	–	d	–	+	+	+
Рафиноза	+	–	+	+	+	+
Рибоза	+	–	+	+	+	+
Салицин	+	–	+	–	–	–
Сорбит	d		d	–	+	–
Крахмал	+	–	–	–	–	–
Сахароза	+	d	+	+	+	+
Трегалоза	d	–	d	–	+	–
Ксилоза	+	–	–	d	d	d

[a] Обозначения см табл. 6.1. [6] По [196, 256]. Данные из [40, 45, 371].

Актинила™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

олее разветвленными (например, в среде с недостатком β-метил-*D*-глюкозамина), в о время как добавление некоторых аминокислот (например, серина, аланина или ас-арагиновой кислоты) может преобразовать X- или Y-образные клетки в изогнутые алочки [137]. Подобным образом коккообразные клетки *B. bifidum* были превраще-ы в Y-образные путем добавления к среде хлорида натрия, но при этом было отмече-но, что ни *B. longum*, ни *B. adolescentis* подобным образом не реагируют [354]. Те же вторы отмечают, что картина сбраживания углеводов меняется с изменением мор-рологии клетки, и указывают на возможность изменения проницаемости клеточной мембраны для некоторых сахаров параллельно со структурными изменениями, про-исходящими в стенке.

Несмотря на тенденцию некоторых видов менять форму, морфология клеток ви-дов бифидобактерий, выращенных анаэробно в среде экстракта *TPY*, продемонстри-ровала тенденцию принимать определенные клеточные формы. Например, *B. bifidum* формирует группы амфорообразных клеток, клетки *B. breve* — самые тонкие и самые короткие среди бифидобактерий, в то время как клетки *B. longum* — очень удлинен-ные, относительно тонкие, несколько неправильных очертаний.

В табл. 6.2 приведены данные о стенках клеток и содержании ДНК важнейших видов бифидобактерий. Основной компонент стенок клеток — пептидогликан, извес-тный как мукопептид, представляющий собой макромолекулу, состоящую из линей-ных полисахаридных цепей (глюкоза, галактоза и рамноза), связанных друг с другом тетрапептидными мостиками [27].

6.1.2 Модификация стартерных культур закваски

Характеристики различных видов, приведенные в табл. 6.1 и 6.2, основаны по суще-ству на так называемых «типовых» культурах. Это штаммы, соответствующие следу-ющим требованиям:

- штаммы выделены как чистые культуры в одной из признанных в мире специ-ализированных лабораторий;
- ряд характеристик этих штаммов определен, в том числе: температура роста и/или скорость образования кислоты [453], способность к сбраживанию опре-деленных сахаров [160], ферментные профили [44], характеристики компле-ментарных пар оснований ДНК [400], реакции гибридизации ДНК [231], гомо-логия и/или профили плазмид [110, 136], реплики («отпечатки») ДНК [332];
- эти штаммы выделены как отдельные виды; это означает, что культура прояв-ляет все признаки данного вида, хранится в глубоко замороженном (−196 °C) или сублимированном виде, и после регистрации ее характеристик в автори-тетном справочном издании (например, в определителе Берги [40]), можно с разумной степенью уверенности определять, относится ли та или иная выде-ляемая из сыра или кисломолочного продукта культура к данному виду.

Много лет такой подход к таксономии микроорганизмов оправдывал себя, но при-мерно с 1990 г. разнообразие штаммов внутри видов увеличилась — в связи с тем, что для идентификации стали использоваться все более и более тонкие методы, напри-мер, секвенция 16*S* РНК [94] и использование ДНК-зондов для выделения индиви-

Актиналь ™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

дуальных штаммов [87, 98, 289], в связи с чем количество имеющихся у коммерческих поставщиков культур увеличилось.

Частично это разнообразие обусловлено процессом естественной изменчивости, например, приемы культивирования *S. thermophilus*, используемые на молочном предприятии одной из азиатских стран, вполне могут отличаться от аналогичных приемов, применяемых на предприятии, расположенном в Северной Америке [299, 419, 445]. Тот же вид, взятый на сырной фабрике в Италии, также может отличаться, и поэтому точное определение вида стало в некотором отношении более трудным [257, 356]. Хорошей иллюстрацией этому может служить ситуация с мезофильными закваскими для приготовления сыра. Несмотря на то, что типовая культура *Lactococcus lactis* подвида *cremoris* по картине сбраживания сахаров сильно отличается от *Lactococcus lactis* подвида *lactis*, культура *L. lactis* подвида *cremoris* вполне может обнаружить такой же профиль утилизации сахаров, что и *L. lactis* подвида *lactis* [431].

Существующая ситуация частично может быть результатом мутации [274; см. также 133], конъюгации [191, 386], трансформации [277] и межклеточной и/или плазмидной трансдукции [155, 258, 287, 288]. Все более важным становится целенаправленное генетическое воздействие на культуры [73, 193, 260, 351, 359, 451]. Таким образом, в настоящее время для изменения свойств различных микроорганизмов с целью создания их генетически модифицированных вариантов могут использоваться генная инженерия или технология рекомбинантных ДНК [131, 158, 227, 395, 396, 432].

Для исключения потенциальных конфликтов с потребителями используемые в изготовлении пищевых продуктов бактерии должны подвергаться только тем генетическим изменениям, которые разрешены в пищевой промышленности. Это означает, что генномодифицированные организмы (ГМО) должны содержать только ДНК того же рода и, возможно, небольшие отрезки встроенной ДНК [179]. Таким образом, ГМО *Lactococcus* должны содержать только ДНК рода *Lactococcus* с небольшим количеством встроенной ДНК [139, 276]. Эти небольшие отрезки ДНК (обычно не более 50 комплементарных пар оснований), не принадлежащие *Lactococcus*, действуют как участки распознавания для рестриктаз, используемых в процессе создания рекомбинантных ДНК [360, 387–391, 394]. Необходимо, конечно, чтобы встроенная ДНК не давала кода для РНК, и, чтобы удостовериться в отсутствии внесенного дополнительного генетического материала, должны быть созданы специфические ДНК-зонды [230].

Однако в молочной промышленности увеличивается стремление получить разрешение на обмен ДНК с любым родом микроорганизмов, связанным с ферментацией пищи [212], при условии, что бактерия-донор признана абсолютно безопасной (*GRAS – Generally Recognised As Safe*). Возможность заимствования микробиологами этого определения у химиков сомнению не подвергалась, и уместно отметить, что ГМО, отнесенные к категории «разрешенных для применения в пищевой промышленности», обычно используются в Соединенных Штатах без специального разрешения.

6.1.3 Возможные генетические модификации

Для исключения поступления нежелательных продуктов метаболизма в пищевой продукт ген может быть удален из штамма или заменен гомологичным геном другого штамма [174, 359]. Например, если штамм *Lactococcus* обладает некоторой полезной

Лактинаѵь ™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

характеристикой (такой, например, как выделение желательного вкусового компонента), но уровень активности β-галактозидазы низок, этот недостаток может быть устранен введением более активного гена другого штамма [195, 450]. Гены могут быть введены в штамм для расширения диапазона утилизируемых углеводов [57, 58], для увеличения сопротивления более широкому спектру бактериофагов или же можно скопировать полезный ген в существующем геноме, удваивая тем самым его полезные свойства [275].

Примером реализации возможностей этих методов может служить образование диацетила, главного вкусового компонента пахты и кефира, и соединения, которое обычно является производным пирувата. Если кодирующие гены фермента, участвующего в превращении пирувата в диацетил, могут быть встроены в культуру, разрешенную для пищевого применения, продуцирование диацетила увеличится. Такой же подход может быть использован в синтезе ЭПС штаммами *S. thermophilus* или *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Соответствующие гены были определены у нескольких штаммов, а следовательно, могут быть сконструированы ГМО, формирующие заданную структуру продукта [131].

Насколько далеко и какими темпами будет продвигаться конструирование ГМО (если подобные работы будут разрешены), покажет будущее, однако кажется вероятным, что:

- идентификация вида в закваскаx станет все более сложной, поскольку границы между ними (например, между *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. delbrueckii* подвида *lactis*) в результате генетического воздействия стираются;
- будущие поколения изготовителей йогурта смогут заказывать закваски с четко определенными характеристиками.

По вопросу использования методов генетической модификации при производстве йогуртов и биозаквасок существует достаточно много данных, и поэтому для общего ознакомления мы рекомендуем ряд публикаций, например [51, 97, 176, 228, 267, 280, 296, 310, 320, 364, 365, 446].

6.2 Характеристики роста микроорганизмов

Йогурт и многие другие известные в мире кисломолочные продукты традиционно получали за счет естественного развития присутствующих в молоке микроорганизмов. В настоящее время разработаны четко контролируемые процессы культивирования микроорганизмов с использованием отобранных комбинаций заквасочных культур. На основе знания физиологии и биохимии участвующих в этих процессах микроорганизмов создана технология, приемлемая для крупномасштабного производства (см. главу 7).

С конца 1970-х гг. выполнено много исследований в области биохимии и молекулярной биологии *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Для успешной ферментации, обеспечивающей получение йогурта с выраженным ароматом и стабильной консистенцией сгустка, важен не только катаболизм — процессы анаболизма также играют определенную роль в образовании полисахаридов, влияющих на структуру продукта, и других веществ, полезных для здоровья.

Актиналь™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

6.2.1 Молоко как среда культивирования микроорганизмов

Молочнокислые бактерии широко распространены в природе, и их пищевые потребности в питательных веществах очень сложны. В табл. 6.1 приведены данные, характеризующие способность к сквашиванию молока и температуру культивирования микроорганизмов, входящих в состав заквасок для йогурта, причем некоторые из этих характеристик используются для идентификации родов и видов микроорганизмов. *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и многие другие молочнокислые бактерии неспособны синтезировать полный набор аминокислот, и этот недостаток определяет их естественную среду обитания. Молоко – богатая питательная среда, поддерживающая рост многих микроорганизмов, но для получения требуемого продукта необходим контроль культивируемого типа в процессе переработки молока (см. главу 2; [71]).

Метаболическая деятельность микроорганизма позволяет в некоторой степени контролировать скорость его роста, и один из наиболее популярных показателей для контроля закваски – накопление кислоты (повышение кислотности) в среде культивирования, в качестве которой используется главным образом стерилизованное, восстановленное обезжиренное молоко (СМО 10–12 г/100 г), не содержащее ингибирующих веществ (например, антибиотиков). Активность типичной закваски для йогурта и отдельных штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* показана на рис. 6.1, из которого ясно видно различие скоростей кислотообразования смешанной закваской и отдельными штаммами. Также можно видеть, что скорость образования кислоты штаммами *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* увеличивается с ростом температуры сквашивания, достигая максимума при 40 °С и 45 °С соответственно; *S. thermophilus* первоначально более активен, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Хотя активность штаммов в смешанной культуре оптимальна при 45 °С, для

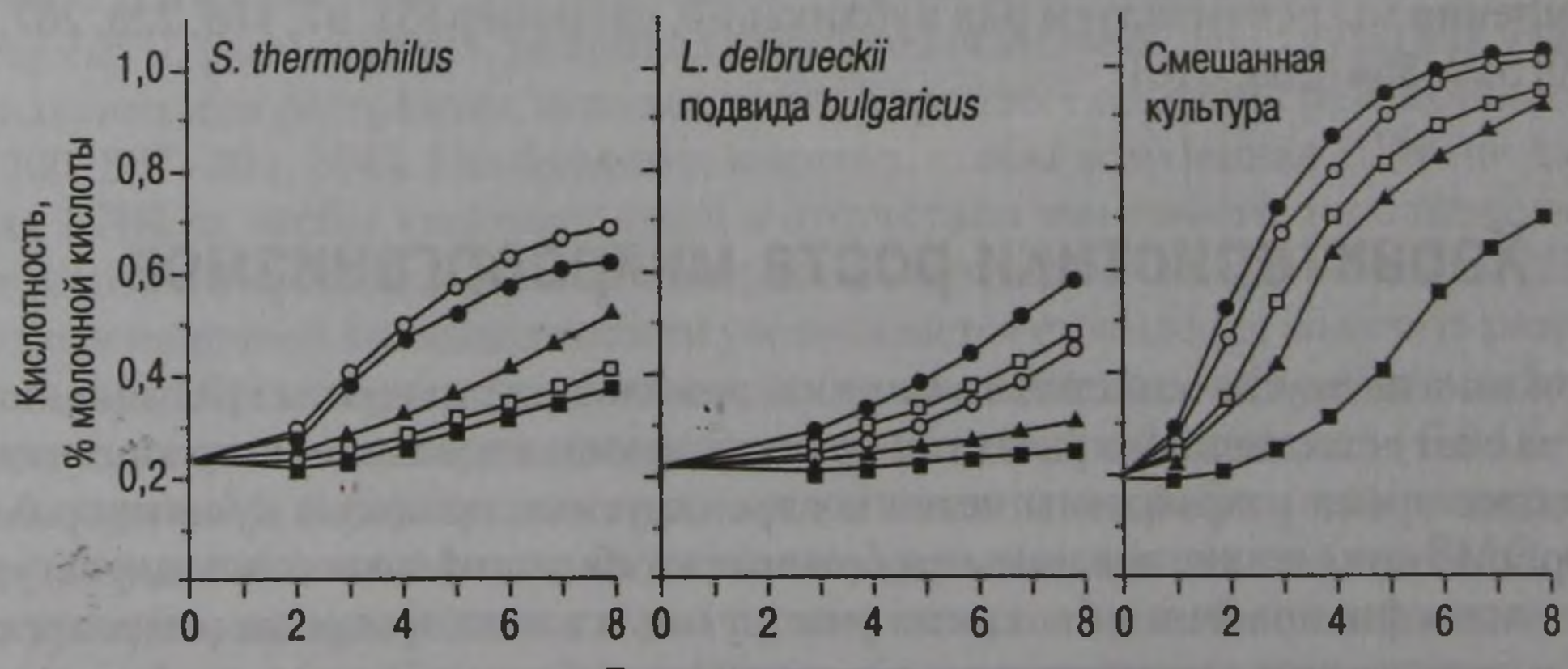


Рис. 6.1. Поведение отдельных штаммов и смешанной культуры йогурта при различных режимах культивирования на стерилизованном обезжиренном молоке (СМО 10 г/100 г) при норме заквашивания 2 мл/100 мл

■ – 30°С; ▲ – 35°С; ○ – 40°С; ● – 45°С; □ – 50°С.

Примечание: использованные микроорганизмы – *Chr. Hansen* (CH-1).

Данные по [411].

Актиналь™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

Выжить или преуспеть? Выбор за Вами

Современная ситуация на российском рынке молочных продуктов характеризуется растущим спросом с одновременным ужесточением конкуренции и тенденцией к монополизации со стороны крупных игроков. Чтобы реализовать возможность захвата сегментов рынка, рядовым производителям остается все меньше времени.

Приспосабливаясь к новым экономическим реалиям, предприятия ищут пути увеличения своей прибыли, совершенствуя методы и каналы реализации продукции. Но это, в свою очередь, требует значительных финансовых вложений. В ситуации, когда традиционным молочным продуктам одного производителя по каждой позиции приходится конкурировать на полках магазина не с одним десятком аналогичных товаров, побеждает тот, у кого больше средств затрачено на маркетинг и рекламу.

При этом, с точки зрения стратегии позиционирования, важно показать, что ваш товар является не столько лучше другого, сколько просто от него отличается. Для уже сформированной в сознании потребителя категории продуктов это может быть новый вид упаковки, оригинальный дизайн, бренд, в конце концов — имидж производителя. Однако желаемой рентабельности это не дает, так как в категории традиционных продуктов всегда есть серьезные ограничения эластичности спроса по цене.

Совсем другое дело, когда у производителя появляется возможность создать в сознании потребителя новую категорию товара. Те, кому это удается, как правило, становятся лидерами рынка и остаются ими даже тогда, когда категория перерастает из новой в традиционную. Яркие тому примеры детские подгузники торговой марки «Pampers», клейкая лента «Scotch» компании «3M», копировальные аппараты «Xerox», которые в сознании потребителя являются больше видовым названием, чем конкретной торговой маркой.

Конечно же, молочная промышленность имеет свою специфику и не знает пока таких ярких примеров, но законы бизнеса, новые идеи, открытия и технологии диктуют свои условия и открывают новые возможности для стремительного развития.

Рассмотрим механизм и перспективы развития российского рынка на такой, ставшей уже традиционной, категории, как йогурты. В начале 90-х годов прошлого столетия это была еще совершенно новая категория в сознании российского потребителя, которая быстро стала завоевывать популярность и уже в начале нынешнего столетия приобрела статус традиционной.

Теперь йогуртом мало кого удивишь, и освоение его производства не приносит той прибыли, которую можно было получить еще 5–7 лет назад.

Но, кто сказал, что нельзя создать новую категорию в уже существующей?

Появление различных био-йогуртов — наглядный пример создания новой категории продуктов в категории йогурты. Таким образом, следующим этапом развития этого рынка будет создание новых категорий, но уже в категории био-йогуртов. Причем, если не углубляться в термины и определения, это могут быть различные кисломолочные продукты с про-, пре- или синбиотическими свойствами. Главное и необходимое условие для их существования — яркая или хотя бы особая идея, способная стать новой категорией в сознании потребителя.

От того, кто первым займет эту нишу в сознании, во многом зависит не только размер прибыли, которую можно будет получить, но и прочные рыночные позиции в долгосрочной перспективе. Аксиома маркетинга гласит: «Лучше быть первым, чем быть лучшим!».

КОМПАНИЯ "БИОПРОДУКТ"

ПРЕДСТАВЛЯЕТ УНИКАЛЬНУЮ СЕРИЮ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И ЗАКВАСОК ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Биопродукт®

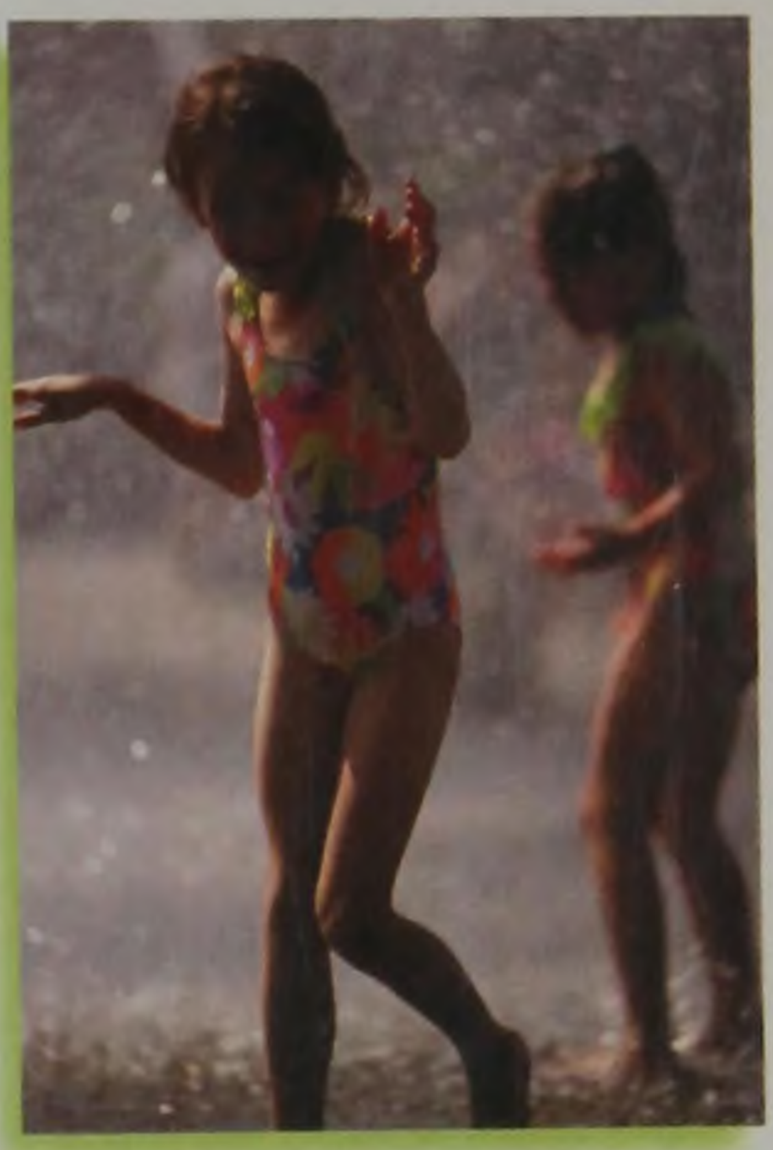
БИФИЛЮКС
клубничный
Утренняя заря
БИФИЛЮКС
БИОПРОДУКТ
БИФИЛЮКС
БИФИЛЮКС
БИФИЛЮКС

БИФИЛЮКС™

промышленный аналог кисломолочного бифидумбактерна (концентрация бифидобактерий 10^8- 10^9 КОЕ/мл), единственный на рынке продукт, который позиционируется как продукт с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий.

Кроме того, благодаря процессу ферментации, БИФИЛЮКС™ чрезвычайно богат внеклеточными субстанциями этих культур, витаминами, ферментами, незаменимыми аминокислотами и другими биологически-активными соединениями.

С 2002 г. в арсенале компании появились синбиотические продукты БИФИЛЮКС™, дополнительно обогащенные пребиотиком ЛАКТУСАН™. Особенностью этой серии является уникальное сочетание пробио- и пребио- компонентов одновременно в одном продукте, что значительно повышает его медико-биологическую ценность и благотворно воздействует на организм человека.



BIOMATRIX™

это не имеющие аналогов мультиштаммовые (ассоциированные) закваски, представленные основным видовым составом пробиотических культур, присущих организму здорового человека.

Помимо основных видов бифидобактерий, свойственных взрослому человеку, они содержат комплекс таких пробиотических культур, как *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei, Lactobacillus fermentum, Lactobacillus plantarum*. Именно такое сочетание культур позволяет получать продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека.

Идея этого продукта отражена в самом названии, т.к. в переводе с латыни *matrix* означает: образец, матка, шаблон.

ЛАКТИНАЛЬ™

совместная с ООО "Лактиналь" разработка, способная вызвать особый интерес у маркетологов и бренд-менеджеров Вашего предприятия. Это первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин.

Продукт содержит комплекс уникальных лактобацилл, от которых во многм зависит здоровье женщины, ее красота и привлекательность. В хорошо известном изречении говорится: "Истинная красота приходит изнутри". Поэтому основной девиз продукта ЛАКТИНАЛЬ™ - "Красота изнутри!" Красота, которую не смоет мыло или теплая вода. По прогнозам специалистов у этого напитка есть все шансы стать самым продаваемым пробиотическим молочным продуктом.

www.bifilux.ru **www.biomatrix.ru** **www.lactinal.ru**

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ ЭКСКЛЮЗИВНЫХ
ПРАВ ПО ПРОДУКТАМ
BIOMATRIX™ и ЛАКТИНАЛЬ™

ООО "Биопродукт"
125493, Москва, ул. Смольная, 14, офис 908,
Тел.: (095) 456-67-91
факс: (095) 456-81-60
e-mail: bioproduct@rambler.ru
bioproduct@mail.ru

В дальнейшем все эти новые категории можно будет, по каким либо существенным признакам, объединять уже в другие категории, которые одновременно могут быть и, по сути, будут являться просто удачными брендами, обеспечивающими коммуникативные связи с покупателем. Например, под марками ПРОБИО, ПРЕБИО, СИНБИО можно объединять соответствующие категории продуктов, описанные выше, которые, в свою очередь, создадут более общую категорию продуктов, полезных для здоровья.

Конечно же, весь этот процесс может идти и в другой последовательности, но количество категорий, которые могут быть созданы, от этого не изменится. Например, объединив имеющиеся категории био-продуктов в более общую под маркой ФОРМУЛА ЗДОРОВЬЯ, далее можно выделять ПРОБИО, ПРЕБИО и СИНБИО в отдельные категории.

Современные процессы глобализации мировой экономики ведут к усилению специализации отдельных предприятий в различных отраслях промышленности, росту профессионализма в своей области и синергетическому эффекту сотрудничества.

В связи с этим в молочной промышленности так же открываются возможности для предприятий многократно увеличить прибыль и объемы производства, расширить рынки сбыта продукции, за счет использования готовых технологий, брендов и идей позиционирования новых продуктов. Для крупных предприятий это может выглядеть, как приоритетное наращивание доли подобных продуктов в общем ассортименте производства, для более мелких — может стать стратегическим направлением развития, с полной переориентацией производства на новый ассортимент и, как следствие, невиданным взлетом, который был бы невозможен при традиционном ассортименте.

В качестве примера показателен опыт одного из наших клиентов (ОАО «Вита», г. Исилькуль Омской обл.). Хорошая управленческая команда и освоение ассортимента только лишь одного кисломолочного продукта «Бифилюкс» позволило зарабатывать на его производстве больше, чем на всей остальной продукции предприятия, занимающей около 75% общего объема производства. Кроме того, из производителя районного масштаба предприятие выросло в поставщика продукции для соседних регионов в радиусе до 600 км.

В ближайших планах предприятия — освоение наших новых разработок («Bio-Matrix», «Лактиналь», «Иммунолакт») под маркой «Формула здоровья» и приобретение имиджа специализированного предприятия по производству инновационных молочных продуктов.

Процесс производства вышеуказанных продуктов заключается в кратковременной активизации одноименного бактериального концентрата с последующим его внесением в подготовленную молочную смесь.

Дополнительное использование каких-либо других заквасок, а также специальных питательных сред не требуется.

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ ЭКСКЛЮЗИВНЫХ ПРАВ НА ПРОИЗВОДСТВО РЯДА УКАЗАННЫХ ПРОДУКТОВ.

Генеральный директор
ООО «Биопродукт»
Андрианов С. А.

достижения и/или поддержания отношения между *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* 1:1 рекомендуется использовать температуру культивирования 42 °С при норме внесения закваски 2 мл/100 мл [206, 411] или применять закваски прямого внесения.

6.2.2 Ассоциативный рост

Ассоциацию двух микроорганизмов закваски йогурта (*S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*) прежде называли симбиозом, и эта связь описана многими исследователями (первая из работ – [302]). В подобной ассоциации каждый организм производит вещества, полезные другому. Поскольку и *S. thermophilus*, и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* могут расти в молоке как отдельные культуры, термин «симбиоз» здесь правильнее заменить термином «ассоциативный рост». В работе [315] отмечено, что при использовании смешанных культур йогурта *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* скорость кислотообразования выше, чем при использовании отдельных штаммов (см. рис. 6.2; [226]). Кроме того, наблюдалось также, что количество *S. thermophilus* в смешанной культуре было значительно выше, чем в случае роста изолированной культуры (для *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* такие различия отмечены не были, хотя это наблюдение относительно *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* не подтвердила работа [412]). Результаты, полученные в работе [316], дали основание считать, что взаимодействие между этими двумя микроорганизмами зависит главным образом от образования валина культурой *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, однако из-за изменений в химическом составе молока в течение года в дефиците могут также оказаться другие аминокислоты. В работе [317] было высказано предположение, что весной культура *S. thermophilus* требует такие аминокислоты, как лейцин, лизин, цистин, аспарагиновая кислота, гистидин и валин, а осенью и зимой, наряду с указанными

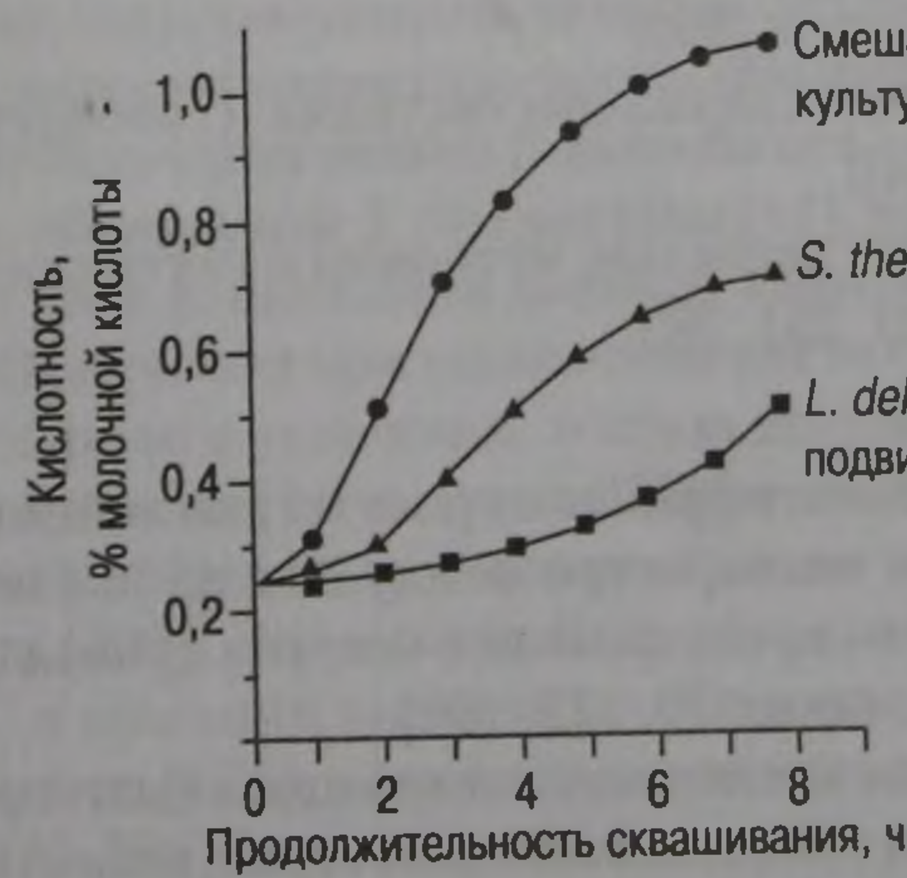


Рис. 6.2. Поведение отдельных штаммов и смешанной культуры при культивировании на стерилизованном обезжиренном молоке (СМО 10 г/100 г), при 40 °С и норме внесения закваски 2 мл/100 мл

Примечание: использованные микроорганизмы – *Chr.Hansen* (СН-1).
Данные по [411].

Лактинал™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru
L. plantarum L. casei L. fermentum

шестью аминокислотами, необходимы также глицин, изолейцин, тирозин, глутаминовая кислота и метионин.

Теория ассоциативного роста исследовалась в работе [34], и было поддержано мнение о том, что *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* стимулирует *S. thermophilus*, выделяя в среду культивирования глицин и гистидин; был сделан вывод, что наиболее необходимым является гистидин, а не валин. Однако действие глицина и гистидина, как сообщалось в [34], по сравнению с действием различных аминокислот, наблюдавшемся в [316], было весьма слабым.

В работе [6] сообщается, что стимулирование *S. thermophilus* фильтратом молочной культуры *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* обусловливается присутствием валина, лейцина, изолейцина и гистидина. В работах же [53, 54] делается вывод, что снижение содержания валина, гистидина, глутаминовой кислоты, триптофана, лейцина и изолейцина в среде культивирования уменьшает стимулирование *S. thermophilus* на 50%. Подобные результаты приводятся также в работе [161], где в качестве стимулирующей аминокислоты был использован метионин, однако намного более эффективной аминокислотой оказался валин (см. также [156, 244, 333, 376, 377].

Достоверно установлено, что *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* продуцирует большее количество протеолитических ферментов, чем *S. thermophilus* (см. главу 7 и работы [2, 329]). В работе [109] сообщается, что исходные, не содержащие клеток экстракты йогуртовых лактобактерий стимулируют рост *S. thermophilus*. Авторами был сделан вывод, что образование кислоты увеличивается при добавлении пептона, аминокислот и, в меньшей степени, водорастворимых витаминов, пуринов и пиридинов. Аналогичные выводы были сделаны в работах [107, 294], а в работе [66] сообщается, что среда на обезжиренном молоке, не содержащая растворимого азота, тормозит рост *S. thermophilus*. Рост *S. thermophilus* стимулируется другими аминокислотами, не являющимися результатом протеолиза (расщепления белка) микроорганизмами закваски для йогурта. В частности, к ним относятся:

- пептиды, содержащие лизин [99];
- гепта- или пентапептиды, содержащие гистидин и свободные неароматические аминокислоты [100, 154];
- трипептиды, содержащие гистидин, метионин и глутаминовую кислоту [53];
- гидролизат казеина [249, 251, 283];
- добавление магния [12].

Оптимальная активность *S. thermophilus* в присутствии лейцина, валина и изолейцина была зафиксирована при температуре между 30 и 45 °C [10]. Технические данные по ассоциативному росту микроорганизмов йогурта приводятся также в работах [41, 181, 192, 254, 300, 325; см. также 70, 122, 190].

Таким образом, повышенная активность лактобацилл благоприятно действует на стрептококки, которые взамен обеспечивают некоторые вещества, стимулирующие рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Потребление глутаминовой кислоты штаммами *S. thermophilus* зависит от энергии (то есть от лактозы, глюкозы и сахарозы), а аспарагиновая кислота дает ингибирующий эффект [36, 55].

В работе [125] исследовалась противоположная сторона отношений при совмещенном культивировании между *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Был

сделан вывод, что в анаэробных условиях *S. thermophilus* а) продуцирует некий фактор, который стимулирует *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, и б) что этот фактор является муравьиной кислотой или может быть ею заменен. Кроме того, те же авторы изучали влияние на молоко различных видов его тепловой обработки и установили, что в интенсивно нагретом молоке (стерилизованном или подвергнутом действию ультравысоких температур) стимулирование маскировалось за счет наличия вещества, подобного муравьиной кислоте. Однако после обычной тепловой обработки молока, используемого для изготовления йогуртов (например, при 85–90 °С), *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* явно нуждаются в стимулирующем факторе, производимом *S. thermophilus*. Видимо, как в [316], так и в [34] не было замечено наличие этого стимулирующего фактора, обычно присутствующего в стерилизованном молоке [20, 244, 376].

То, что *S. thermophilus* выделяют муравьиную кислоту, было подтверждено в работах [50, 429], показавших, что присутствие в молоке муравьиной кислоты увеличивает отношение палочек к коккам при концентрациях $(30–50) \times 10^{-6}$ г/мл. Это сравнимо со стимуляцией *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* формиатом в концентрации 20–30 мкг/мл [125, 244, 377] и 40–600 мкг/мл [6, 107, 186, 278, 324]. Отличие в количестве формиата, необходимого для усиления активности, может быть обусловлено использованием различных штаммов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Количество формиата, образуемого *S. thermophilus*, зависит от штамма, среды культивирования и температуры роста [311, 312]; стрептококки образуют муравьиную кислоту в молоке, только если уровень O_2 меньше или равен 4 мг/л [103].

Некоторые штаммы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при культивировании в молоке, подвергнутом тепловой обработке при 100 °С в течение 15 мин, продемонстрировали аномальное удлинение клеток, а окрашивание мембран показало, что они еще не сформировались. Однако в соответствии с данными [409] таких морфологических изменений поведения в стерилизованном молоке и/или в молоке, которое нагревали в течение 15 мин при 100°С, не наблюдалось. Кроме того, присутствие в молоке формиата натрия (40 мкг/мл) стимулировало протеолитическую активность *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, которые оказывались способными гидролизовать β-Lg, α_{s1}- и β-казеин в отличие от гидролиза только β-казеина без добавления формиата [278].

Углекислый газ, образуемый *S. thermophilus* [14], по мнению ряда исследователей [102], стимулирует рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, так как часть образуемого стрептококками CO_2 исчезает при смешанном росте с лактобациллами. CO_2 образуется в результате гидролиза мочевины, и его содержание может быть измерено конадуктометрическим методом [14; см. также 218]; а измеряя парциальное давление растворенного CO_2, можно определить концентрацию жизнеспособных клеток микроорганизмов йогурта [399]. Количество CO_2, образованного в *дахи*, при температуре сквашивания 42 °С и внесении закваски в количестве 1 мл/100 мл составляло около 450 мкл, что по мнению [438], может влиять на органолептические показатели продукта. В работах [235, 236] было впервые отмечено, что CO_2 и гидрокарбонат натрия стимулируют рост *S. thermophilus* и оказывают заметное влияние на метаболические функции микроорганизма.

S. thermophilus вырабатывает также другие вещества, стимулирующие рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, – пируват и HCO_3 [162, 163, 181]. К стимулирующим рост лактобацилл веществам относятся также пурин, аденин, гуанин, урацил и аденозин

[85, 440], ортофосфат и триполифосфат натрия [449], щавелево-уксусная и фумаровая кислоты [162] и цистеин в концентрации не менее 50 мг/л [93]. Кроме этого, способствовать росту заквасочных культур для йогурта могут также присутствие психротрофных бактерий в молоке, увеличение содержания СМО при обогащении молока и/или нагревание молока [89, 90, 370, 383, 384, 427]; доп. сведения приведены в главе 2.

На основе имеющихся данных можно сделать вывод о том, что продуцирование культурами закваски для йогурта стимулирующих факторов происходит при сквашивании, и в то время как *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* обеспечивают необходимые питательные вещества (то есть аминокислоты) для *S. thermophilus*, последний выделяет формиат, способствующий росту лактобацилл. Рост микроорганизмов йогурта может быть также усилен с помощью электромагнитного поля [47] или применения методологии для оценки поверхностных свойств, влияющих на рост микроорганизмов йогурта [426].

По данным работы [11], в молоке наблюдалась взаимная стимуляция, а в *LAPT*-среде (содержащей экстракт дрожжей, пептон, триптон и твин (*Tween*) с различными сахарами) наблюдалось только стимулирующее действие *Streptococcus* на *Lactobacillus*. Этого результата можно было ожидать, поскольку источники азота в *LAPT*-среде легкодоступны и не зависят от протеолитической активности (лактобациллы стимулируют *Streptococcus*, вырабатывая пептиды); таким образом, используемая среда могла выявить только одну сторону «партнерства». Это подчеркивает важность понимания специфических свойств молока как среды культивирования, поскольку в молоке содержится достаточное количество дисахарида и азота (последний входит в состав комплексных соединений). Также важно помнить, что оба микроорганизма достаточно хорошо растут в молоке. И действительно, в некоторых случаях при производстве биойогуртов в смешанную культуру для интенсификации процесса сквашивания включают *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. также [250].

Хотя в 1980-х гг. *S. thermophilus* был классифицирован как подвид *Streptococcus salivarius* [116], в начале 1990-х гг. было предложено считать его отдельным видом [363]. *S. salivarius* в присутствии *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в молоке не растет и не пригоден для изготовления йогурта из-за плохого вкуса, запаха и консистенции получаемого сгустка [252]. Эти наблюдения могут также объяснить возрождение вида *S. thermophilus*, несмотря на схожесть составов гетероциклических оснований ДНК обоих видов и принадлежность их ДНК к одной гомологической группе. Вместе с тем наблюдался ассоциативный рост *S. thermophilus* и *L. helveticus* или *L. acidophilus* [188, 448], а бифидобактерии стимулировали рост культур заквасок йогурта [205].

6.3 Факторы, обусловливающие замедленный рост культур закваски

Микрофлора закваски для йогурта может хорошо расти в молоке, причем скорость образования кислоты больше при совместном культивировании *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. рис. 6.2 и раздел 6.2). Однако, как будет показано

в следующем разделе, условия сквашивания и присутствие в молоке некоторых веществ могут снижать интенсивность кислотообразования или тормозить рост культуры.

6.3.1 Вещества, присутствующие в натуральном молоке в природных условиях

В молоке присутствуют различные антибактериальные системы, и их основная задача — защита вскармливаемых молоком животных от инфекций и болезней. Эти системы были рассмотрены в работе [340], и их присутствие в молоке может тормозить рост молочнокислых бактерий. В работах [18, 19] описано торможение деятельности микроорганизмов закваски в сыром молоке и повышение активности культур при пастеризации и кипячении молока. Ингибирующие вещества, известные как лактенины, термолабильны и разрушаются при нагревании молока до 68–74 °С [16]. В работе [307] сообщается, что *S. thermophilus* проявляет замедленный рост в натуральном сыром молоке буйволиц в течение первых 2 ч сквашивания, а затем рост усиливается. Это можно объяснить либо адаптацией микроорганизма к лактенинам, либо их разрушением.

В натуральном молоке присутствует также система пероксидазы, которая обладает бактерицидными свойствами и состоит из лактопероксидазы/тиоцианата/перекиси водорода [*LP/SCN*/H_2O_2, сокращенно – *LPS*]. В работе [340] приведены источники этих соединений, а именно:

- лактопероксидаза (LP) синтезируется в молочной железе, и молоко может содержать пероксидазу в концентрации до 30 мкг/мл, что достаточно для активизации *LPS* [295, 341];
- анион *SCN* – широко распространен в выделениях животных и, видимо, образуется в печени и почках при реакции с тиосульфатом; катализатором в реакции служит роданин; концентрация *SCN* в молоке может достигать 10–15 мкг/г [144, 341, 342; см. также 322];
- в натуральном молоке H_2O_2 не встречается [295, 318], а ее присутствие — результат метаболической деятельности молочных бактерий или анаэробного роста других микроорганизмов.

В этой системе тормозящее вещество (ингибитор) — результат реакции окисления, где в присутствии H_2O_2 LP катализирует окисление тиоцианата до веществ, не оказывающих ингибирующего действия (SO_4^{2-}, CO_2 и NH_3), с последующим окислением до образования промежуточных ингибирующих веществ (типа гипотиоцианата или высших оксикислот) [46, 101, 138, 318]. Однако это торможение обратимо в присутствии некоторых восстанавливающих веществ (например, цистеина и дитионита) [340]. Большинство организмов закваски устойчивы к *LP*-системам, но некоторые молочные культуры могут образовывать чувствительные мутанты [21]. Повторное культивирование закваски в стерилизованном молоке может влиять на чувствительность микроорганизмов к *LP*-системе [175]. В качестве профилактики можно добавлять к стерилизованному молоку пероксидазу [339] или добавлять восстанавливающие вещества типа цистеина и дитионита [340]. *LP*-система инактивируется нагреванием

молока при 85 °С в течение 16 с [118, 119], то есть тепловая обработка молока для производства йогурта (30 мин при 85 °С или 5–10 мин при 90–95 °С) и молока для закваски (1,5–2 ч при 93 °С) достаточны для уничтожения природных ингибиторов [106, 115, 309, 406]. Поскольку H_2O_2 в натуральном молоке в естественных условиях отсутствует, ее действие более подробно будет рассмотрено в разделе 6.3.4.

Заслуживают рассмотрения и другие ингибирующие системы, а именно: а) бактериальный агглютинин, который может вызвать агглютинацию (слипание) микроорганизмов закваски, воздействуя таким образом на их метаболическую деятельность и рост, и б) некоторые виды кормов (типа заплесневелого силоса, репы (турнепса) или вики), что может привести к появлению в молоке ингибирующих веществ, которые могут снизить скорость образования кислоты заквасочной культурой после нагревания молока при 90 °С в течение 15 мин (см. обзор [414].

6.3.2 Влияние температуры сквашивания и дозы закваски

Рост *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (отдельно и/или в смешанных культурах) показан на рис. 6.1, из которого видно, что при развитии закваски при 40–50°С оптимальная скорость кислотообразования достигается очень быстро. В промышленности, однако, йогурт получают за короткое или длительное время, используя температуры сквашивания 30 или 45 °С соответственно. При первом способе понижение скорости кислотообразования неизбежно, и хотя этот эффект зависит от условий обработки, возможно ухудшение качества конечного продукта. Для общего ознакомления мы рекомендуем ряд публикаций [35, 75, 178, 216, 271, 326, 417].

При изготовлении йогурта на скорость кислотообразования может также влиять доза закваски. Например, рекомендуется дополнительное внесение 2–3 мл/100 мл пересадочной закваски, при этом доза закваски прямого внесения может составлять 2,5–70 г /100 л в зависимости от используемой смеси культур закваски. Неверная дозировка при добавлении закваски к молочной основе может влиять на скорость кислотообразования для микроорганизмов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

6.3.3 Маститное молоко и содержание соматических клеток

В работе [124] сообщается о 35%-ном снижении активности заквасочной культуры в молоке, содержащем большое количество соматических клеток, однако кипячение молока в течение 2 мин или нагревание при 90°С в течение 20 мин полностью инактивирует эти клетки. Количество соматических клеток $4{,}0 \times 10^5$ в 1 мл вызывает некоторое торможение роста микроорганизмов закваски для йогурта, при этом *S. thermophilus* менее устойчивы, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*; полное подавление обоих микроорганизмов происходит при значениях $> 1{,}0 \times 10^6$ клеток в 1 мл [268]. В работах [248, 301] описано стимулирование *S. thermophilus* и подавление *L. acidophilus* при культивировании этих микроорганизмов в молоке больных маститом коров, содержавшем большое количество соматических клеток. Такое стимулирование было приписано увеличенному протеолизу и подавлению фагоцитарной деятельности полиморфонуклеарных лейкоцитов. Однако в работе [112] в молоке больных маститом

коров наблюдалась лишь пониженная ростовая активность *L. acidophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *Lactobacillus paracasei* подвида *paracasei*. Эти различия в поведении роста *L. acidophilus* могли быть связаны с различием штаммов.

Качество йогурта, полученного из обезжиренного молока, содержащего соматические клетки в количестве $\leqslant 2{,}5 \times 10^5$ в 1 мл, превосходило по органолептическим показателям аналогичный продукт, изготовленный из молока, содержащего $\geqslant 2{,}5 \times 10^5$ клеток в 1 мл [266, 346]. Таким образом, на основе имеющихся по данному вопросу ограниченных данных, можно рекомендовать использовать для получения йогурта молоко с малым содержанием соматических клеток [22, 346].

6.3.4 Перекись водорода (H_2O_2)

В жарких странах к сырому молоку для улучшения его качества при хранении добавляют перекись водорода. Рекомендуемая доза для активизации *LPS*-системы составляет 3 мг/100 г перкарбоната натрия ($2Na_2CO_3 \times 3H_2O_2$) и 1,4 мг/100 г тиоцианата натрия (NaSCN) [170]. Естественное присутствие H_2O_2 в молоке и активизация *LPS*, которая может подавлять рост молочнокислых бактерий и других микроорганизмов, является результатом метаболизма сахаров при сквашивании. Широкий диапазон реакций и участвующих в них катализирующих ферментов были рассмотрены в работах [88, 319].

Деятельность *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* с поглощением кислорода и аэробный метаболизм описаны в работах [88, 385, 420, 421]. H_2O_2, произведенная *Lactobacillus* в присутствии глюкозы при значениях pH 6,5 и 5,0 образовалась, очевидно, вследствие действия цитозольной *NADH* (восстановленной *NAD*, формы кофермента оксидазы $C_{21}H_{27}N_7O_{14}P_2$). В работах [201, 202, 366] сообщается, что количество H_2O_2 (0,8–1,8 мг/100 мл), образованной *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, зависит от штамма, среды культивирования и типа добавленных сахаров; наибольшее количество H_2O_2 было отмечено в молоке, подвергнутом УВТ-обработке. Однако молочнокислые бактерии могут освободиться от H_2O_2, образованной только своей NADH пероксидазой [319]. Способность микроорганизмов йогурта потреблять кислород в молоке составляет приблизительно 0,4 мг/100 мл через 24 ч при 25 °С [213] Влияние растворенного кислорода на образование кислоты в молоке буйволиц *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и молочными кокками описано в работе [378], однако *L. acidophilus*, *S. thermophilus* и некоторые штаммы бифидобактерий (исключая *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*) оказались способны транспортировать Fe^{2+} в клетку, где они частично окислялись до трехвалентного железа [200]; *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* могли окислять только внеклеточное Fe^{2+} путем переработки H_2O_2 в присутствии глюкозы и воздуха.

LPS-система может быть активизирована в присутствии H_2O_2 двумя возможными путями — во-первых, благодаря метаболической деятельности культур закваски и, во-вторых, с помощью добавления тиоцианата и H_2O_2. В работе [452] сообщается, что когда использовался второй способ с концентрацией тиоцианата и H_2O_2 в 0,2 ммоль и 0,25 ммоль соответственно, срок хранения необработанного молока без существенного увеличения общего количества жизнеспособных микроорганизмов увеличился до 8 суток. Когда такое молоко использовали для изготовления пахты, сыра чеддер

или йогурта, активность культур снижалась. В работе [295] сообщается о самоингибировании *S. thermophilus* вследствие активизации *LPS*-системы. В то же время активизация *LPS*-системы добавлением H_2O_2 и тиоцианата подавляла кислотообразование на отдельных стадиях производства и при холодильном хранении йогурта [33, 204, 255, 281, 358]. При моделировании таких явлений наблюдалось ингибирование *L. acidophilus* (один штамм) и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (три штамма) в присутствии лактопероксидазы и тиоцианата, что указывает на их способность производить H_2O_2, создавая тем самым завершенную *LPS*-систему. В то же время *S. thermophilus*, *L. helveticus* и *Lac. lactis* подвида *lactis* (один штамм) для ингибирования с помощью *LPS*-системы требовали внешнего источника H_2O_2 [141]. Те же ученые отмечали устойчивость *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, *L. lactis* подвида *lactis* и *Enterococcus faecium* (по одному штамму каждого вида) по отношению к *LPS*-системе

Очевидно, что *LPS*-система может действовать как бактерицидное (ингибирующее рост заквасочной культуры) или бактериостатическое (приостанавливающее рост бактерий) вещество. Эти эффекты, возможно, зависят от скорости накопления и/или убывания H_2O_2 (то есть действия *NADH* оксидазы и *NADH* пероксидазы) в бактериальной клетке. В связи с этим отбор микроорганизмов йогурта по действию *LPS*-системы может помочь преодолеть проблемы производства в некоторые периоды года и периоды лактации; возможно, следует вводить меньше тиоционата и H_2O_2, чем сказано в рекомендациях [170].

6.3.5 Остаточное присутствие антибиотиков

Антибиотики и/или другие антибактериальные вещества используются в основном в медицинских целях и ветеринарной практике. Одно из основных заболеваний молочных коров, которое может влиять на их продуктивность и качество молока, — это мастит. В настоящее время известно около 1000 различных видов антибиотиков. Ряд антибактериальных веществ широко используются в Великобритании для лечения мастита (пенициллин, стрептомицин, неомицин, хлорамфеникол, тетрациклин, сульфонамид, клоксациллин и ампициллин). Присутствие этих антибиотиков в молоке может или ингибировать рост, или снижать активность культур закваски для йогурта. Данные о чувствительности микроорганизмов закваски (отдельных штаммов или смешанных культур) к этим соединениям показана в табл. 6.3 (см. также [60, 67, 157, 166, 167, 171, 263, 306, 362, 381].

При инъекциях антибиотиков в вымя для лечения мастита дойной коровы антибактериальные вещества сохраняются в тканях вымени и постепенно переходят в молоко. Таким образом, молоко подвергшихся лечению коров должно выдерживаться в течение 72 ч по двум основным причинам. Во-первых, присутствие в молоке остаточных антибиотиков несет потенциальную опасность здоровью потребителей, а во-вторых, даже незначительные их количества могут влиять на поведение и активность культур заквасок (см. табл. 6.3), приводя к получению некачественного йогурта и/или экономическим потерям изготовителя. Поэтому ряд правительств внедрило систему штрафов за молоко, содержащее > 0,004 международных единиц (ME, IU) пенициллина в 1 мл; среди методов контроля — дисковый анализ, анализ при помощи 2,3,5-трифенилтетразола хлорида (TTX, *TTC*), бромкрезола фиолетового (*BCP*) или ана-

Таблица 6.3. **Чувствительность культур закваски для йогурта к различным антибиотикам ($мл^{-1}$)**

Антибиотики	Микроорганизмы		
	S. thermophilus	***L. delbrueckii* подвида *bulgaricus***	**Смешанные культуры (МЕ)**
Пенициллин	0,004–0,011 МЕ	0,02–0,1 МЕ	0,01
Стрептомицин	0,38 МЕ	0,38 МЕ	1,0
	12,5–21,0 мкг	6,6 мкг	НС
Тетрациклин	0,13–0,5 мкг	0,3–2,0 мкг	1,0
Хлортетрациклин	0,06–1,0 мкг	0,06–1,0 мкг	0,1
Окситетрациклин	0,4 МЕ	0,7 МЕ	0,4
Бацитрацин	0,04–0,12 МЕ	0,04–0,1 МЕ	0,04
Эритромицин	0,3–1,3 мг	0,7–1,3 мг	0,1
Хлорамфеникол	0,8–13,0 мг	0,8–13,0 мг	0,5

МЕ – международные единицы; НС – не сообщается.
По [233, 237, 361, 414].

лиз по Чарму (см. [171] и главу 10). Некоторые из этих методов используют *S. thermophilus* в качестве экспериментального организма из-за его чувствительности к антибиотикам (см. табл. 6.3). К сожалению, существующие методы обладают некоторыми недостатками, а именно:

- чувствительность *S. thermophilus* может изменяться в зависимости от используемого штамма (см. [337]);
- вышеупомянутые методы испытаний могут иметь некоторые ограничения. В работе [83], например, наблюдалось, что *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* более чувствительны к стрептомицину, чем *S. thermophilus*, и для 50%-ного ингибирования их роста требовалось, соответственно, 1,6–4,45 и 7,3–13,00 мкг/мл стрептомицина. Таким образом, молоко, которое проходит испытание на антибиотик, может содержать достаточно стрептомицина для ингибирования роста *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. также [306]).Сравнительные исследования развития *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в молоке, содержащем стрептомицин, показали, что второй микроорганизм более чувствителен [331]. С учетом этого различия между штаммами оказываются важными.

Основное действие остаточных количеств антибиотика в молоке при производстве йогурта заключается в нарушении исходного соотношения между *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в ассоциации или в снижении скорости кислотообразования (то есть ведет к увеличению продолжительности технологического процесса). Это может, в свою очередь, вызвать отделение сыворотки. Для борьбы с этими проблемами рекомендуется:

- использование для изготовления йогурта молока, не содержащего антибиотиков;

- добавление в молоко пенициллиназы или продуцирующих ее микроорганизмов (например, подвидов *Micrococcus*) для инактивации остаточного количества пенициллина [343, 428];
- применение тепловой обработки молока, которая может уменьшить активность некоторых антибиотиков; в работе [427] сообщается о 8%-ной инактивации пенициллина при обработке в течение 15 с при 72 °С, 20%-ной — при обработке в течение 30 мин при 87,7 °С или 50 %-ной — при обработке при температурах промышленной стерилизации; тетрамицин теряет 2/3 своей активности при 30-минутной обработке при 85 °С, но на стабильность и активность стрептомицина и хлорамфеникола эта обработка не влияет;
- снижение активности воды в среде с глицерином для выращивания S. *thermophilus* (A_w от 0,992 до 0,995) и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (A_w от 0,992 до 0,985), что повышает устойчивость этих микроорганизмов к пенициллину, но не к гентамицину [222].

Наиболее вероятно, что ингибирующий эффект зависит от способа действия антибиотиков. и в связи с огромным числом антибактериальных средств, используемых в ветеринарной медицине, была предпринята попытка классифицировать только наиболее широко применяемые антибиотики. Общие характеристики этой группы и их возможное действие на культуры закваски для йогурта приведены в табл. 6.4.

Кроме того, в зависимости от типа используемого антибиотика способы действия на *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* можно классифицировать следующим образом:

(а) воздействие на структуру мембраны клетки и ее проницаемость;

(б) воздействие на клеточный метаболизм белков, углеводов и липидов;

(в) воздействие на экзотермические превращения в клетке;

(г) ингибирование действия различных ферментов и системы фосфорилирования;

(д) блокирование синтеза ДНК и РНК при делении клетки.

Устойчивость штаммов закваски для йогурта к антибиотикам (см. табл. 6.5) может быть повышена за счет ряда последовательных пересадок в молоко с различным их содержанием [24; см. также 52, 447], однако о качестве йогурта, полученного с использованием таких штаммов, не сообщалось. В работе [24] приведены сведения о том, что устойчивый к пенициллину *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* продемонстрировал снижение выделения ацетальдегида почти на 50%, в то время как культуры, стойкие к стрептомицину, продемонстрировали заметное снижение накопления вкусовых веществ. Таким образом, полученные культуры могут иметь различные характеристики — пониженные скорости образования кислоты и вкусовых веществ или неспособность сбраживать некоторые углеводы, и эти изменения могут неблагоприятно сказываться при использовании культуры в промышленном производстве [24, 25, 74]. Кроме того, гены, отвечающие за устойчивость к лекарственным препаратам, играют важную роль как генетические маркеры, а спонтанные изменения устойчивости к антибиотикам мешают генетическим исследованиям, направленным на совершенствование культур закваски для сквашивания [91].

Таблица 6.4. **Классификации и способ действия некоторых антибиотиков**

Источник или происхождение	Продуцируемый антибиотик	Выход (%)	Возможная функция и вид воздействия на микроорганизмы закваски для йогурта
Микробное			
Подвиды *Streptomyces*	Стрептомицин	58	* Ингибиторы синтеза белка
	Тетрациклин		** Ингибиторы синтеза белка
	Неомицин		* Ингибиторы синтеза белка
	Эритромицин		* Ингибиторы синтеза белка
	Хлорамфеникол		** Ингибиторы синтеза белка
Подвиды *Nocardia*	Ристоцетин		* Ингибиторы стенок клетки
Подвиды *Micromonospora*	Гентамицин		* Ингибиторы синтеза белка
Penicillin notatum	Пенициллин	18	* Ингибиторы стенок клетки
	Ксантоциллин		
Fusidium coccineum	Фузидовая кислота		Ингибиторы нуклеиновых кислот
Aspergillus fumigatus	Фумагиллин		
Bacillus licheniformis	Бацитрацин	9	* Ингибиторы стенок клетки
Bacillus brevis	Грамицидины		* Изменяют проницаемость мембран клеток
	Тироцидин		* Нарушают структуру мембран клеток
Bacillus polymyxa	Полимиксин		* Нарушают структуру мембран клеток
Синтетические	Сульфонамид	12	Реакция или участок блокируются синтезом фолата
	Пенициллин		* Ингибиторы стенок клетки
	Хлорамфеникол		** Ингибиторы синтеза белка
Экстракты растений	Алкалоиды		
Разные	Лекарства, извлеченные из водорослей, лишайников и животных	3	

* Бактерицидное.
** Бактериостатическое.
По [104, 127].

Таблица 6.5. **Получение культур закваски для йогурта, устойчивых к различным антибиотикам**

Антибиотики	Достигнутая устойчивость ($мл^{-1}$)	Литература
Пенициллин	3 МЕ	[152]
Стрептомицин	500 мкг	
Хлортетрациклин	70–120 мкг	[393]
Хлорамфеникол	40–50 мкг	
Стрептомицин	500 мкг	
Ампициллин	50 мкг	[120]
Кефалексин (Cephalexin)	150 мкг	
Хлортетрациклин	⩾ 50–150 мкг	
Пенициллин	0,25 МЕ	[24, 25]
Стрептомицин	500 мкг	

6.3.6 Остаточное содержание моющих и дезинфицирующих средств

Моющие и дезинфицирующие средства широко используются в молочной промышленности для санитарной обработки оборудования на фермах и молокозаводах (см. главу 4). Подробное описание и классификация этих составов рассмотрены в других разделах, но обычно моющие средства содержат щелочные соединения (например, едкий натр (гидроксид натрия)), а дезинфицирующие средства— это преимущественно четвертичные аммонийные соединения (ЧАС, *QAC*) или соединения на основе йода или хлора.

Для мойки и дезинфекции также используются неорганические кислоты, и поэтому наличие остатков этих соединений в молоке может быть объяснено двумя основными причинами. Первая — это небрежность, плохое управление или неисправность системы безразборной мойки оборудования (*CIP*) (на ферме или на заводе); последнее наиболее вероятно на ферме или в молоковозах.

Вторая причина — это принятая у некоторых молочных производителей за рубежом практика добавлять к молоку биоцидные соединения (например, H_2O_2) для улучшения его сохраняемости. Этот последний подход нельзя рекомендовать из-за вреда, наносимого здоровью человека, и, кроме того, присутствие таких веществ в молоке может снижать или полностью ингибировать рост микрофлоры закваски.

Из таблицы 6.6 видно, что чувствительность *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* к остаткам моющих веществ у монокультур выше по сравнению со смешанными культурами, и это отличие может быть приписано:

- различиям или изменениям в штаммах бактерий, используемых различными исследователями [111, 142, 232, 242];

Таблица 6.6. **Чувствительность культур закваски для йогурта к различным моющим, дезинфицирующим средствам и пестицидам (мг/л)**

Ингибирующие вещества	Микроорганизмы		
	S. thermophilus	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*	Смешанная культура
Дезинфицирующее/моющее средство			
Соединения хлора	5–100	2,5–100	50–>2500
ЧАС (QAC)	100–500	0,5–100	>250
Амфолит			>1000
Иодофор	10–60	60	>2000
Щелочное моющее средство			500–1000
Инсектициды			
Малатион			200
N-метилкарбамат			20

По [142, 313, 414].

- различиям между партиями тестируемых коммерческих моющих и дезинфицирующих средств;
- различиям в методах испытаний, используемых для измерения уровней ингибирования (в работе [217] описано применение метода кондуктометрии для оценки влияния дезинфектантов и детергентов (моющих средств) на активность культур закваски);
- большей устойчивости в результате взаимного влияния микроорганизмов ассоциации.

Другой возможный источник остатков моющих и/или дезинфицирующих средств — машина для мойки стеклянных бутылок, поскольку в некоторых странах стеклянные бутылки все еще используются для расфасовки перемешаного или густого йогурта. Для последнего типа йогурта в работе [297] сделано заключение, что если в молоко попадает более 2,5% жидкости для мытья бутылок, содержащей 1% гидроксида натрия и гипохлорита (концентрация хлора > 100 мг/л), то такая концентрация достаточно высока и может ингбировать развитие *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

6.3.7 Загрязнения из окружающей среды

Имеются сообщения о случаях обнаружения в молоке остатков инсектицидов, которые могут попадать в молоко после дойки или с кормом, обработанным инсектицидом. В молоке, содержащем малатион (200 мг/л) или *N*-метилкарбамат (20 мг/л) ингибируется рост микроорганизмов закваски для йогурта (см. табл. 6.6). В работе [96] отмечается, что содержание в молоке 100 мг/л малатиона или трихлорфона мало влияет на скорость образования молочной кислоты культурами йогурта, но после не-

скольких пересадок наблюдаются некоторые морфологические изменения клеток. В микроскопическом препарате (с использованием обычных методов окрашивания) зарегистрировано уменьшение или увеличение размера клетки и формирование более длинных цепочек. Кроме того, в работе [95] описано развитие культуры *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в молоке, содержащем те же самые инсектициды, и под электронным микроскопом наблюдались различные морфологические изменения. Клетки в виде палочек были длиннее, шире или уже и демонстрировали компактную протоплазму и частое отслаивание клеточного материала стенки, меньше образовывалось поперечных стенок.

В 1980-е гг. египетские ученые исследовали содержание различных пестицидов (таких, как альдикарб (*aldicarb*), хлорпирифос (*chlorpyrifos*), дельтаметрин (*deltamethrin*), линдан, фенвалерат (*fenvalerate*), пиретроид (*pyrethroid*), малатион (*malathion*) и ДДТ) в молоке при изготовлении *забади* и сыра, и их влияния на развитие заквасочной микрофлоры [173, 240, 374, 454; см. также 264]. Результаты этих исследований можно обобщить следующим образом:

- концентрация пестицида уменьшалась в свежеприготовленном *забади;*
- продолжительность образования сгустка увеличивалась, и сыры имели много глазков;
- клетки *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* образовывали в молоке, содержащем альдикарб, хлопьевидный сгусток; количество клеток было ниже, чем в контрольном образце;
- нагревание молока, загрязненного пестицидами, и последующее сквашивание вели к разрушению пестицидов;
- наблюдалось замедление роста *S. thermophilus* в присутствии фенвалерата или ДДТ, а *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* наиболее чувствителен к малатиону и ДДТ.

6.3.8 Бактериофаги

Бактериофаги (фаги) — это вирусы, которые могут атаковать микроорганизмы йогурта и уничтожать их. В результате замедляется образование молочной кислоты, что ведет к нарушению процесса коагуляции молока. Возникновение таких вирусов в мезофильных молочных культурах закваски (например, в сырных заквасках) впервые описано в работе [441]. В течение нескольких прошлых десятилетий исследования фагов мезофильных молочнокислых бактерий активизировались — прежде всего из-за экономического значения сыров в молочной промышленности. Интерес к бактериофагам, атакующим термофильные молочнокислые бактерии (то есть культуры йогурта) возник, во-первых, потому, что объем мирового производства йогурта значительно увеличился, и неудачи в его промышленном производстве ведут к большим экономическим потерям. Во-вторых, изготовление йогурта стало более централизованным, и появление бактериофагов может стать крупной проблемой. В-третьих, штаммы *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* широко используются в изготовлении сыров с высокой температурой второго нагревания (например, швейцарского сыра), и поэтому проблемы с бактериофагами могут вести к замедлению про-

цесса и получению сыра низкого качества. В связи с этим исследования бактериофагов интенсифицировались, и появилось большое количество публикаций по этому вопросу. Для ознакомления мы рекомендуем ряд обзоров по бактериофагам *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* — см. [8, 23, 82, 84, 130, 177, 180, 253, 286, 328, 336, 353, 369, 398, 401, 423].

Бактериофаг обычно состоит из головы и хвоста. Вид, способный воздействовать на молочнокислые бактерии, может состоять из двойной цепи ДНК в линейной форме, которая расположена в голове [225, 286, 355]. Содержание гуанина и цистина (Г+Ц) бактериофага сходно с содержанием Г+Ц в хромосомах бактерий «хозяев», и этим можно объяснить сродство бактериофага и «хозяина». Для классификации бактериофагов было предложено много методов [56, 199, 225, 279, 314, 392], но они не стали общепринятыми. В таксономии бактериофагов выделяют три группы, известные как семейства бактериофагов, а именно, *Myoviridae*, *Podoviridae* и *Siphoviridae* [8, 121]. Бактериофаги *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* принадлежат к семейству *Siphoviridae* [180, 286]. На рис. 6.3 приведен пример строения головы бактериофага *S. thermophilus*. Бактериофаги культур закваски для йогурта описываются как имеющие изометричную голову и несокращающиеся хвосты. Некоторые бактериофаги могут иметь «воротник», расположенный под головой, и базальную пластинку на конце хвоста с мелкими шипами [см. 392]. В зависимости от реакций роста в бактериальном «хозяине» бактериофаги делятся на две основные категории — на вирулентные (лизирующие) или литические бактериофаги (которые могут инфици-

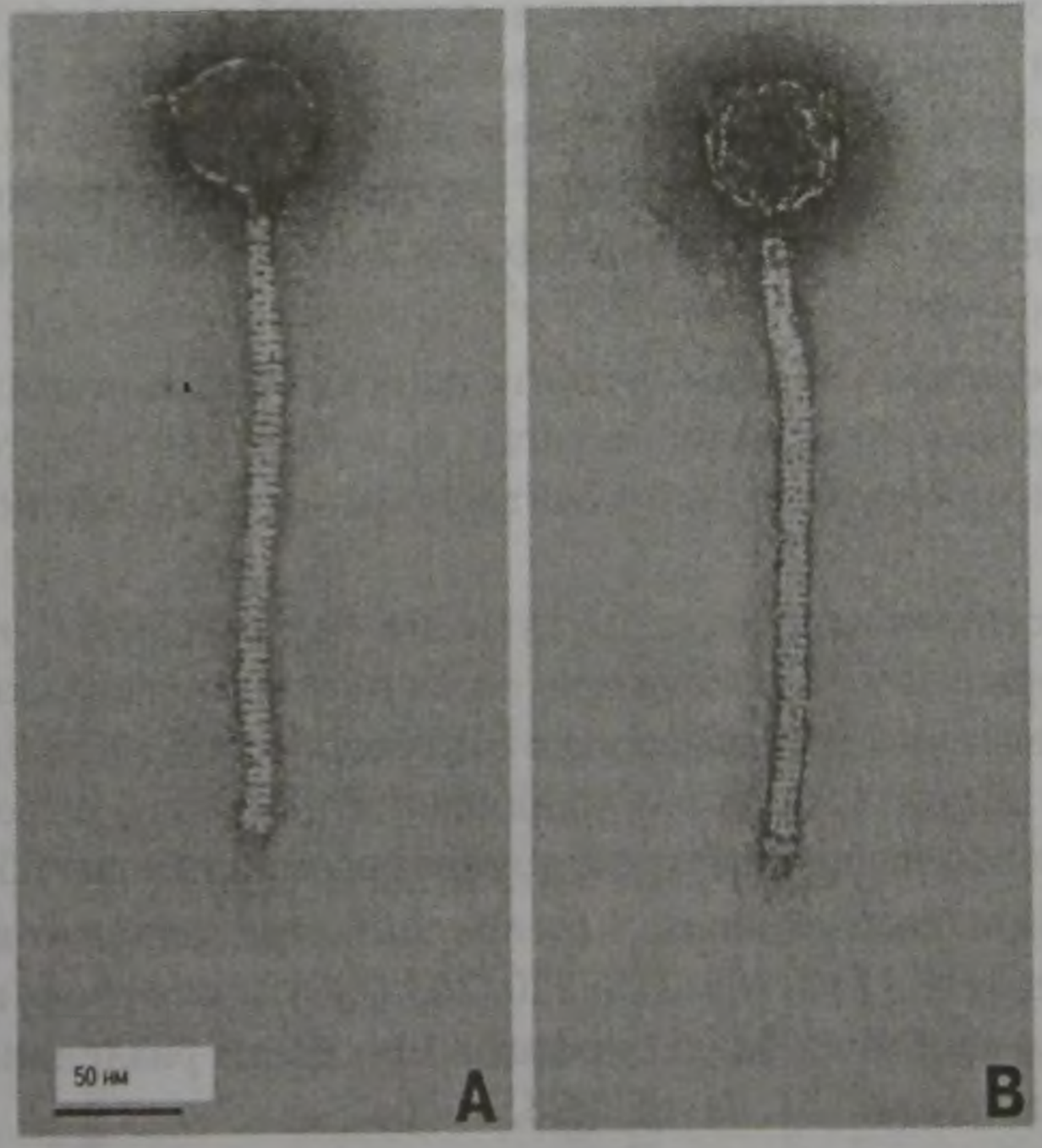


Рис. 6.3. Микрофотографии, полученные с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ТЭМ) и иллюстрирующие различные морфологические характеристики вирулентного бактериофага *S. thermophilus*: с шипами (A) и без шипов, (B) на хвосте

Воспроизведено с разрешения *H. Neve*.

ровать и растворять (лизис) клетку-хозяина), и на умеренные (профаги) или лизогенные (невирулентные) бактериофаги (которые не растворяют бактериального хозяина, а вставляют свои геномы в его хромосому) [286].

Литический цикл бактериофагов включает несколько стадий, известных как адсорбция на бактериальном хозяине, введение ДНК бактериофага, созревание бактериофага и лизис бактериальной клетки. Лизогенный цикл обычно включает только первые две стадии, так как вместо созревания в бактериальном хозяине ДНК бактериофага вставляется в хромосому бактерии. Согласно [286] и [180], это действие происходит в ходе единственного акта рекомбинации, имеющего место в определенной области подобия между ДНК бактериофага и ДНК бактериального хозяина. Эту область называют областью интеграции ДНК умеренных фагов и бактериальных хромосом (attP в геноме бактериофага и attB в бактериальном хозяине). При этом лизиса бактериального хозяина не происходит; ДНК бактериофага, называемая теперь пробактериофагом, реплицируется одновременно с ДНК бактериального хозяина, давая потомство лизогенных клеток. Такие бактериофаги известны как умеренные бактериофаги. Для наблюдения морфологии бактериофагов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* многие исследователи использовали электронную микроскопию (см. табл. 6.7).

В работе [4] наблюдалось, что шесть из семи бактериофагов *S. thermophilus* были подобны, то есть голова, которая была многогранной или, возможно, восьмигранной, имела 49–53 нм в диаметре, длина хвоста составляла 200–224 нм (за исключением одного длиной 130 нм), ширина хвоста 8–9 нм; кончик хвоста имел небольшую пластинку, покрытую короткими шипами или волокнистой массой; седьмой тип фага не имел определенной структуры кончика хвоста. Исследование [203] показало, что стрептококковые бактериофаги, полученные из различных научно-исследовательских лабораторий Европы, имеют различные морфологические размеры (см. табл. 6.7). Отличительные характеристики бактериофагов *S. thermophilus* можно охарактеризовать следующим образом:

- в [314] выделено три уровня чувствительности микроорганизма к бактериофагу: нечувствительный к бактериофагам, толерантный к бактериофагам (носители частиц) и чувствительный к бактериофагам (полный лизис клетки хозяина);
- подобная классификация была предложена и в работе [357], но в нее включены также некоторые морфологические особенности; российские исследователи Н. С. Королева и др. [199] разделили бактериофаги *S. thermophilus* на две группы на основе морфологических наблюдений — голова в форме правильного многогранника 40 нм в диаметре и другие (размер головы 65 нм в диаметре);
- все вирулентные бактериофаги *S. thermophilus* принадлежат к одной гомологической группе ДНК [117, 189, 219, 220, 243, 290], и на основе профилей белка и степени гомологии этих бактериофагов они были разделены на две или три подгруппы (см. также [37, 61, 62, 323, 367];
- в работе [220] было идентифицировано три различных механизма устойчивости бактериофага в бактериальном хозяине, один из которых зависел от температуры;

Таблица 6.7. **Морфология (диапазон) бактериофагов культур закваски йогурта**

Микроорганизм	Голова		Хвост			
	Структура	Размер (нм)	Длина (нм) × × диаметр (нм)	Кончик хвоста	(*n* =)	Литература
S. thermophilus	Гексагональная	50–60	217–239 × 4,8		2	[357]
	Многогранник	40–60	220–420 × 8	–	2	[199]
	Многогранник или октаэдр	49–50	130–224 × 8–9	+	14	[4]
	НС	60–65	236–290 × 10	+	3	[338]
	Многогранник	48–70	213–265 × 11–12	±	59	[203]
	Изометричная	57	234 × 9,5 (среднее)	+	50	[66]
	Гексагональная	45–65	220–245 × НС	+	120	[117]
	Изометричная	65	230–260 × НС	+	24	[61]
L. delbrueckii подвида *bulgaricus*	Гексагональная	56-62	205–215 × НС	+	1	[308]
	Многогранник или октаэдр	44–55	116–160 × 8–9	±	7	[5]
	НС	50–59,4	175–198 × 5–6,6	–	3	[338]
	Гексагональная	47	159 × НС	–	1	[15]

n = количество исследованных штаммов. НС – не сообщается.

- метод измерения проводимости и испытания методом пятна (капельная проба) успешно использовались для обнаружения бактериофагов в *S. thermophilus* и закваске для йогурта соответственно [65, 69];
- лизогенные штаммы и многие умеренные бактериофаги *S. thermophilus* могут иметь эндогенное происхождение [64].

Нападение вирулентных бактериофагов на клетки *S. thermophilus* приводит к лизису стенок клетки ферментом лизином, который выделяют вновь образованные бактериофаги в среду роста. Типичная иллюстрация того, что может происходить с такой культурой до и после инфицирования бактериофагом, приведена на рис. 6.4.

В 1970-х гг. некоторые отличительные морфологические особенности бактериофагов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* были описаны в работах [5, 308]. Эти бактериофаги: а) имеют меньшую общую длину по сравнению с бактериофагами *S. thermophilus* (116–198 нм) – за исключением фагов, изученных в работе [308], длина которых варьировала от 205 до 215 нм; б) наличие «воротника»; в) появление до де-

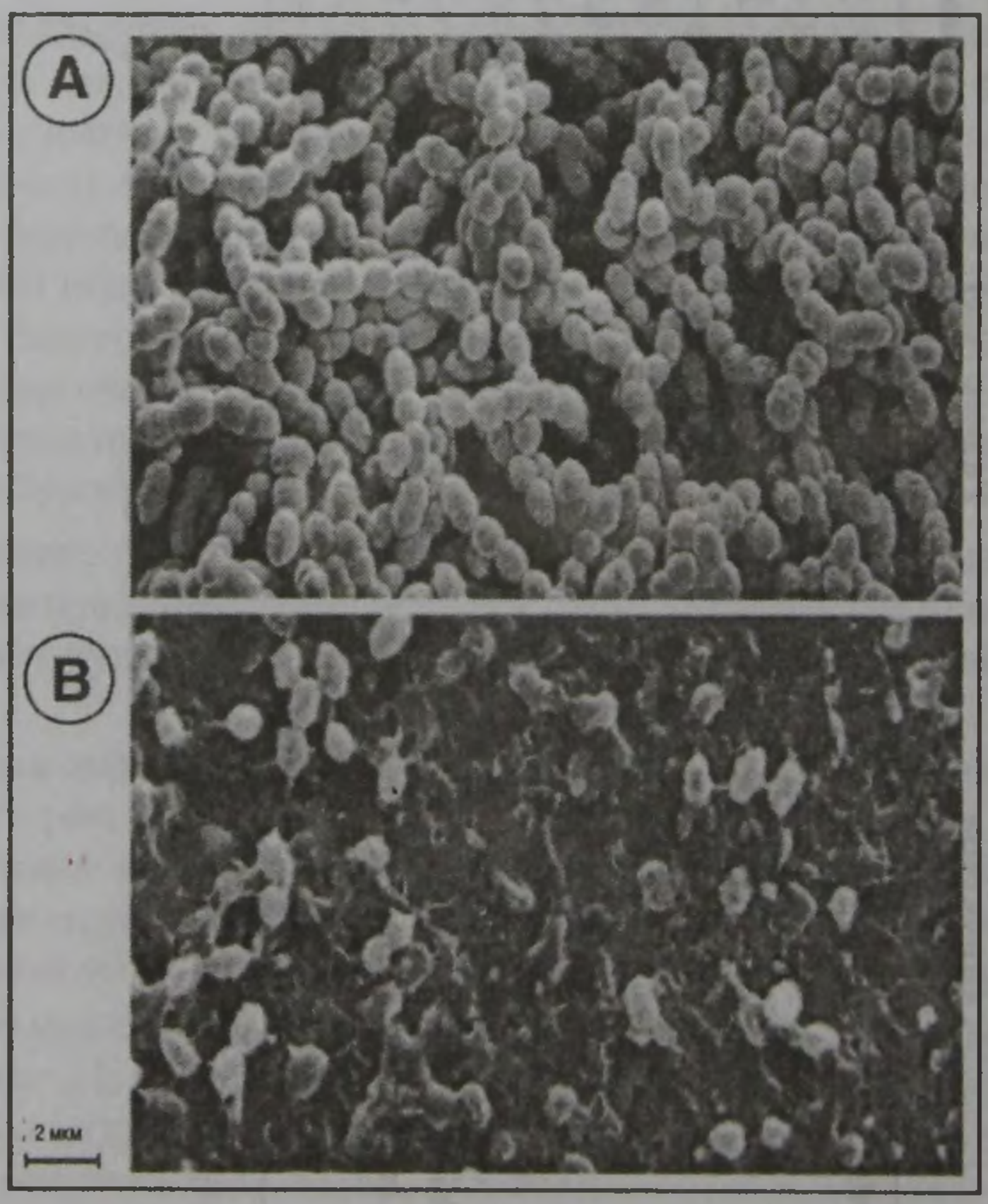


Рис. 6.4. Микрофотографии, полученные на сканирующем электронном микроскопе и демонстрирующие (А) здоровую культуру *S. thermophilus* и (В) лизис клеток после инфицирования вирулентным бактериофагом

Воспроизведено с разрешения *H. Neve*.

сяти «перекладин», пересекающих хвост с некоторым интервалом (см. табл. 6.7). Имеются и более поздние описания бактериофагов лактобактерий, например:

- и литические, и умеренные бактериофаги были найдены в *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и подвида *lactis;* их классификация описана в работах [80, 81, 210, 369];
- умеренный бактериофаг, инфицирующий *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, имел ген, циркулярно переставленный и избыточный на концах, способный к инфицированию *L. delbrueckii* подвида *lactis* [15, 48, 211];
- в работе [430] сообщалось о чувствительности к бактериофагам морфологических вариантов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (например, изогнутые или прямые клетки) и было сделано предположение о влиянии кальция и магния на физиологические реакции.

Данные об инфицировании *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* бактериофагами отсутствуют. Можно утверждать, что присутствие этих культур в биойогурте необходимо скорее для наличия пробиотических клеток в продукте, чем для гелеобразования в молоке под действием выделяющейся молочной кислоты. Интерес, возникший в результате использования этих микроорганизмов в составе закваски, может стимулировать исследования их бактериофагов. Начиная с 1970-х гг. интенсивность исследований бактериофагов термофильных молочнокислых микроорганизмов существенно увеличилась и в табл. 6.7 приведены данные о морфологии бактериофагов микроорганизмов закваски для йогурта. На рис. 6.5 показаны некоторые морфологические характеристики бактериофагов, которые могут инфицировать *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus.*

Что касается вирусов, атакующих *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, то представляется существенным, что

- если молоко является источником загрязнения бактериофагами, тепловая обработка при 85 °С в течение 20 мин гарантирует их разрушение [405]; сырое

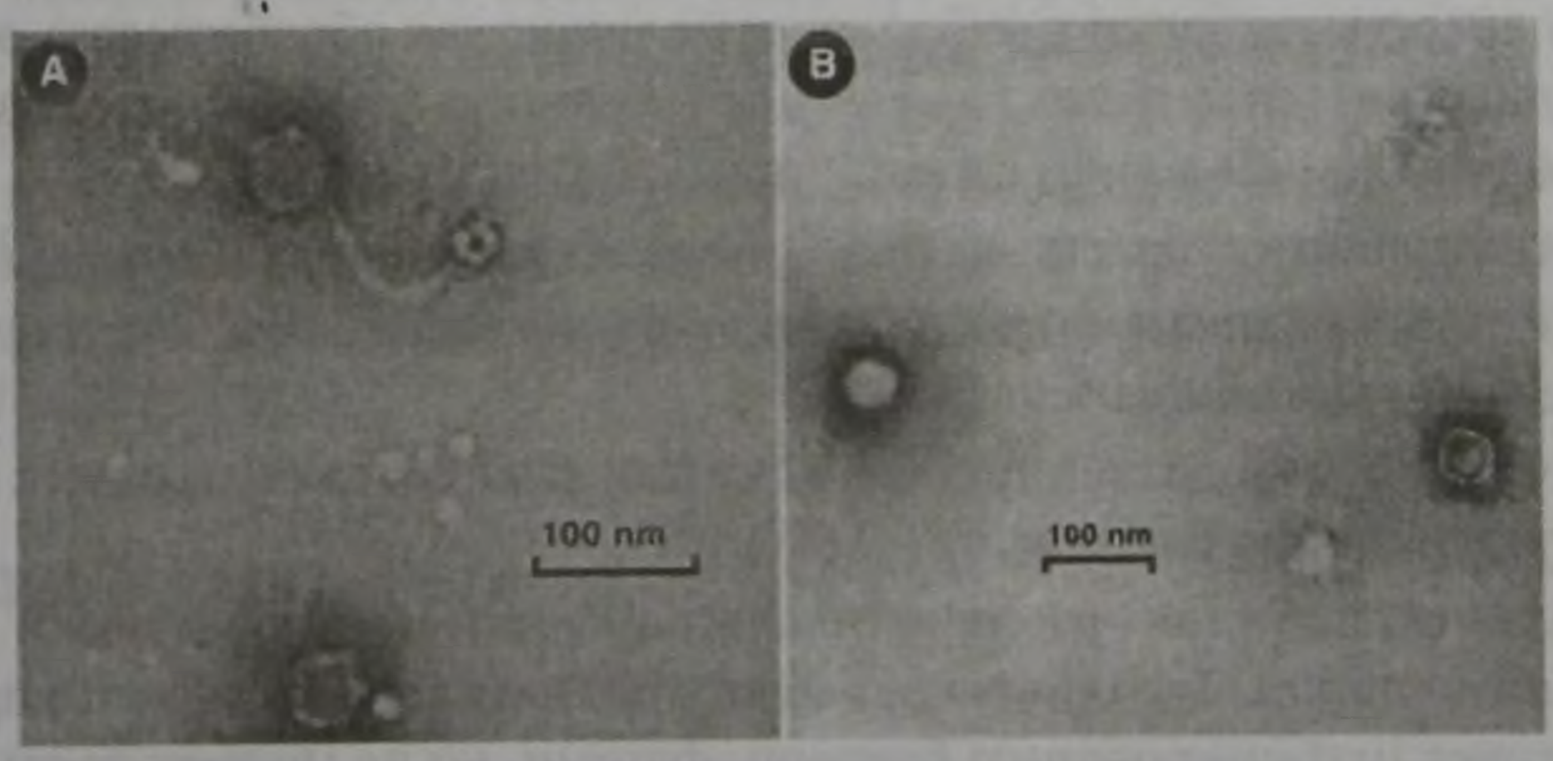


Рис. 6.5. Электронные микрофотографии, показывающие морфологию двух бактериофагов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*

(А) бактериофаг c5 штамма LT4; обратите внимание на изометричную голову, несокращающийся гибкий и с регулярными полосами хвост и большую пластину в основании. (В) бактериофаг y5 штамма Y5; обратите внимание на изометричную голову с большими треугольными «фасками», маленький волокнистый воротник и кончик хвоста, состоящий из коротких волокон.

Воспроизведено с разрешения *J.-P. Accolas and H. Spillman.*

молоко может быть источником бактериофагов, что приводит к проблемам в Европе при изготовлении некоторых традиционных сыров из сырого молока;

- оптимальная температура развития бактериофагов – та же, что и оптимальная температура роста хозяина, то есть для фагов *S. thermophilus* – 39–40 °C и для бактериофагов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* – 42–43 °C [397];
- химическая стерилизация оборудования с помощью 0,1% ЧАС, 70–90% этилового спирта (этанола), 0,5–1,0% марганцовокислого калия или 50–100 мг/л хлора разрушает фаги *S. thermophilus* [77]; для инактивации культуры бактериофагов закваски для йогурта рекомендованы надуксусная (перуксусная) кислота (120–300 мг/л) и активный хлор (⩾ 2,6 мг/л) [214, 215] (см. также [286]);
- определенные фаги воздействуют на конкретные виды и/или штаммы, то есть фаги мезофильных молочнокислых микроорганизмов не атакуют термофильные культуры, и, кроме того, фаги *S. thermophilus* не атакуют штаммы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*;
- лизис видов *Lactobacillus*, включая *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* происходит из-за действия бактериоцинов, производимых некоторыми лактобактериями и бактериофагами [416].

Поэтому очевидно, что для исключения заражения бактериофагом необходимо принять одну или несколько из следующих предупредительных мер (см. также [172]:

- использовать для культивирования и производства закваски асептические методы;
- обеспечить эффективную стерилизацию посуды и оборудования;
- обеспечить надлежащую термообработку молока;
- ограничить перемещение персонала в заквасочной и расположить ее подальше от производства;
- обеспечить очистку воздуха в заквасочной и в производственной зоне;
- при пересеве закваски в небольших количествах обрабатывать заквасочную с помощью раствора гипохлорита (не рекомендуется) или использовать рабочее место (вытяжной шкаф) с ламинарным потоком воздуха;
- культивировать закваски в среде, подавляющей бактериофаги (*BIM*);
- проводить ежедневную смену фагостойких штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [153];
- получать производственную закваску или даже готовый продукт, используя систему прямого заквашивания (*DVS*);
- использовать терпин (полученный из ароматических растений методом дистилляции паром) в количестве 500 мг/100 л или масло черного перца, что препятствует инфицированию бактериофагами, но не мешает росту *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [442];
- культивировать закваску для йогурта в соевом молоке, что препятствует инфицированию бактериофагами [114].

Лактиналь™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

6.3.9 Бактериоцины

Многие бактерии, включая молочнокислые, способны образовывать антибактериальные вещества (обычно рассматриваемые отдельно от антибиотиков). Ранее их называли колицин-подобными, но в настоящее время они известны как бактериоцины. Дополнительную информацию о них можно получить из обзоров [30, 164, 250, 284, 285, 319, 436]. В работе [410] бактериоцины охарактеризованы следующим образом:

- имеют белковую природу;
- обладают не только бактериостатическими, но и бактерицидными свойствами;
- способны к связыванию бактериальных клеток в определенных местах и проявляют активность, отличную от активности других антибактериальных веществ;
- имеют плазмиды в качестве посредников;
- действуют против бактерий одного с ними рода.

В настоящее время идентифицированы около 70 различных видов бактериоцинов, которые вырабатываются молочнокислыми бактериями. Некоторые характеристики бактериоцинов, выделенных *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, приведены в табл. 6.8. Тщательный отбор штаммов стрептококков для введения в состав закваски важен для минимизации их подавления, однако другие молочнокислые бактерии, включая вид *Propionibacterium*, могут вырабатывать бактериоцины, которые обладают некоторым ингибирующим действием на *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. табл. 6.9). Такие микроорганизмы используют в составе закваски для йогурта чтобы предотвратить излишнее нарастание кислотности в продукте [439]. Практическое значение может иметь то, что бактериоцин, образуемый *S. thermophilus*, влияет на рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* только в бульоне M17, но не в молоке [79; см. также 379].

Данных о способе действия бактериоцинов, которые вырабатываются молочнокислыми бактериями и могут влиять на культуры закваски йогурта, опубликовано довольно мало. Например, лактицин *B* является бактерицидным для чувствительных клеток, но не вызывает лизиса клеток хозяина. Он неспецифически адсорбируется на чувствительных и нечувствительных лактобактериях, так как является сильно гидрофобным пептидом и по механизму действия может быть аналогичен низину и педиоцину *AcH* [436].

6.3.10 Прочие факторы

6.3.10.1 Молоко, подвергнутое ультрафильтрации

Ультрафильтрация молока ведет к снижению в нем ассоциативного роста *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [418]. Подобные наблюдения были сделаны также в [327], но наблюдалось, что лактобациллы проявляют лучшую кислотообразующую способность, чем лактококки. В работе [304] сообщалось, что анализ кинетики роста микроорганизмов закваски для йогурта ясно свидетельствует о различном вкладе каждого из них в развитие смешанной культуры при концентрации субстрата около 15 г/100 г.

Актиналь™ первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин
Тел. 456-67-91 Факс 456-81-60 E-mail: lactinal@yandex.ru

Таблица 6.8. **Некоторые характеристики бактериоцинов, образуемых культурами закваски для йогурта**

Микроорганизмы закваски и штаммы	Название бактериоцина	Молекулярная масса (кДа)	Чувствительность	Комментарии
S. thermophilus	НС	<0,7	НС	Антибактериальные соединения термостабильны (100 °С в течение 10 мин) и проявляли ингибирующую активность по отношению к грамотрицательным и грамположительным бактериям
STB 40 и 78	STB 40 и 78	10–20	Липаза, α-химотрипсин, трипсин и проназа	Оба бактериоцина стабильны в интервале pH от 2 до 12 и термоустойчивы; активны против подвида *Enterococcus* и штаммов *S. thermophilus*
ST10	ST10	>100	Протеолитические ферменты и α-амилаза	Активны только против S. thermophilus и термостабильны при обработке в течение 15 мин при 121°С
SFI13	Thermophilin 13	~4,0	НС	Термофилин термостабилен (1 час при 100 °С) и активен при pH 1,6–10
L. delbrueckii подвида *bulgaricus* DDS 14	Bulgarican	НС	НС	Термостабилен (60 мин при 120 °С) и активен только при кислых pH; проявляет ингибирующую активность по отношению к широкому спектру грамположительных и грамотрицательных бактерий
7994	НС	<0,7	НС	Активен при pH 4 и термостабилен в течение 1 часа при 100°С; активен против *Pseudonomas* и *Staphylococcus*
CFR 2028	НС	НС	НС	Активная составляющая бактериоцина белковая; стабилен при pH 3,8–5,0 и нагреве при 75 °С в течение 30 мин; активен против *Bacillus cereus*

НС — не сообщается. Данные приводятся по [1, 26, 78, 79, 250].

Таблица 6.9. **Ингибирование культур закваски для йогурта бактериоцинами, образованными различными микроорганизмами**

Микроорганизмы	Наименование бактериоцина/молекулярная масса (кДа)	Комментарии и ссылки
L. delbrueckii подвида *lactis*	Lacticin A & B кДа (НС)	Ингибировали рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*[a] [425]
	Lactobacillin G4 кДа (НС)	См. выше [135]
	Без названия <1 кДа	См. выше [149]
Lac. lactis подвида *lactis*	Без названия 1–10 кДа	См. выше [407]
	Lacticin 481 1,3–2,9 кДа	См. выше [319]
L. acidophilus	Acidophilucin A кДа (НС)	См. выше [436]
	Lactacin B 6,2–8,1 кДа	
	Lactacin F 2,5–6,3 кДа	
L. helveticus	Helveticin J 37 кДа	
Proplonibacterium jensenii	Jenseniin G	См. выше [439]
Lactobacillus reuteri	Reutericin 6 2,7 кДа	См. выше [182]
Lac. lactis подвида *lactis*	Lactococcin DR 2,3–2,4 кДа	Ингибировал рост *S. thermophilus* [436]
	Lacticin 481 1,3–2,9 кДа	

НС – не сообщается.

[a] Lacticin A активен против данного микроорганизма.

6.3.10.2 Добавление вкусовых веществ

Добавление экстракта кофе (сорта «робуста»), сапонина женьшеня и экстракта чеснока к молочной основе перед сквашиванием снижает интенсивность кислотообразования при производстве йогурта, *дахи* и ацидофильного молока, заквашенного отдельными штаммами молочнокислых бактерий [113, 126, 187].

6.3.10.3 Лизоцим

Это вещество иногда добавляют к молоку при производстве сыра для предотвращения роста клостридий. Оказалось, что большинство штаммов *L. helveticus* чувствительны к лизоциму при низких концентрациях 10 или 20 мкг/мл, но этого нельзя сказать о микроорганизмах закваски для йогурта [292]. После восьми пассажей штамма *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, чувствительного к лизоциму в присутствии 100 мкг/г лизоцима, он стал проявлять некоторую устойчивость, однако потерял ее при последующем культивировании в молоке [293]; устойчивость к лизоциму считают связанной с плазмидами (см. также [258, 259]).

6.3.10.4 Рацион коров

В определенные периоды года (например, в Италии – с июня по август) отмечено снижение скорости сквашивания молока микроорганизмами закваски для йогурта, однако активность их сохраняется, если в молоко добавить парафин, витамин Е или

Fe^{2+} и Zn^{2+}; проблема может также быть частично решена дополнением рациона коров витаминами [241].

6.3.10.5 Нитраты ($NaNO_3$) и нитриты ($NaNO_2$)

Присутствие нитритов в некоторых молочных продуктах допускается на уровне 0,01 мг/100 мл [28], однако добавление нитратов или нитритов в молочную основу уменьшает скорость образования кислоты культурами закваски для йогурта [28, 197], и получаемые продукты имеют низкую вязкость. Изменение содержания $NaN0_3$ в йогурте и взаимодействие его с казеинами описано в работах [402, 403].

6.3.10.6 Радиоактивные вещества (I^{131})

Загрязнение молока подобными компонентами нежелательно, однако учитывая Чернобыльскую аварию, эффект добавления I^{131} к молоку при изготовлении йогурта и *лабне* был изучен греческими учеными [433–435]; см. также раздел 5.7 и [262]. Содержание I^{131} в молоке в концентрации 6–12 кБк/кг уменьшает количество *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* на 45–52% в густом йогурте и *лабне*; содержание видов, относящихся к лактококкам, уменьшается на 30 % в сыре и пахте и на 26% – в масле.

6.3.10.7 Афлатоксины

Установлено, что *Aspergillus ftavus* и *parasiticus* вырабатывают токсины ($AFB_{1\&2}$ и $AFG_{1\&2}$), причем считается, что они обладают кратковременным токсическим эффектом и являются для человека гептакарциногенами [108]. Их присутствие в йогурте мы рассматриваем в главе 10, однако, исследований, касающихся роли молочнокислых бактерий в ограничении роста вида *Aspergillus*, довольно мало. Некоторые мезофильные и термофильные культуры закваски способны детоксифицировать афлатоксин [108].

В работе [272] было показано, что добавление AFB к обезжиренному молоку (до 0,44 мкг/мл) не влияет на рост *S. thermophilus* и лактококков. *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. paracasei* подвида *paracasei* подавлялись, однако в работе [183] приведены противоположные сведения – микроорганизмы закваски для йогурта были очень эффективны в детоксификации 0,5 мг/л присутствующего в молоке охра-токсина [335, 382].

6.3.10.8 Подсластители

Добавление к молоку сахара в концентрации 9 г/ 100 г и более может вызвать замедление сквашивания; аналогично действует добавление искусственных подсластителей. Дополнительные данные приводятся в разделе 2.6 (см. также [207–209, 221, 223, 224]).

6.3.10.9 Кадмий (Cd)

В результате загрязнения окружающей среды в коровьем молоке может быть обнаружен кадмий в количестве до 160 мкг/кг при обычных значениях менее 0,5 мкг/кг [437]. Подавление роста микроорганизмов в результате уменьшения pH наблюдалось для *S. thermophilus* при содержании Cd выше 5 мкг/л [198].

6.3.10.10 Фосфаты

В среде, подавляющей бактериофаги лактококков, наблюдаются высокие уровни фосфатов, которые химически связывают в молоке свободный кальций, предотвращая, таким образом, репликацию бактериофагов [455]. Вместе с тем рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в фосфатированном молоке (имеющаяся в продаже среда, подавляющая бактериофаги — *BIM*, или среда с добавлением фосфата) подавлялся, и в молоке, содержащем около 3 г/100 г фосфата, наблюдались морфологические изменения клетки [443, 444]. В работе [375] отмечено, что не наблюдалось никакого влияния фосфатированной среды на рост четырех штаммов *S. thermophilus*, и при использовании молока, инфицированного бактериофагами и содержащего цитрат натрия + фосфат натрия и экстракт дрожжей, скорость кислотообразования также не снижалась; присутствие буферных веществ эффективно подавляло атаку бактериофагов. В работе [68] сообщается, что на активность закваски трех штаммов *S. thermophilus*, выросших в *Phase 4* и *In-Sure* (коммерческие *BIM*), влияют два фактора: во-первых, возраст культуры (например, культуры закваски теряли свою активность в молоке после 16–24 ч, а в *BIM* сохраняли свою активность в течение 40–48 ч), и, во-вторых, термообработка, используемая для подготовки *BIM*, и перемешивание при культивировании влияют на активность *S. thermophilus* в зависимости от используемой среды *BIM* (*In-Sure*, но не *Phase 4*).

6.3.10.11 Консерванты

В некоторых странах разрешается добавление во фруктовый йогурт (но не в натуральный) консервантов (например, сорбатов K или Na, бензойной кислоты или низина; дополнительные данные приведены в разделе 2.7.2). Эти соединения являются микостатическими веществами и могут влиять на активность закваски (см. табл. 2.12; [143, 185, 330]).

6.3.10.12 Прочие соединения

Концентрация жирных кислот (1000 мг/л), этилендихлорида и метилсульфона (10–100 мг/л каждого) и ацетонитрила, хлороформа или эфира (по 10 мг/л каждый) оказывает на *S. thermophilus* ингибирующее действие (см. также [13, 414]).

6.4 Заключение

Очевидно, что молоко является превосходной средой культивирования для микроорганизмов закваски при производстве йогурта, однако скорость их роста зависит от множества факторов. Так, использование молока, не содержащего ингибирующих веществ, выполнение гигиенических норм при получении закваски и производстве йогурта, а также правильное соотношение *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* обеспечивает надлежащий рост микроорганизмов. Работа по увеличению устойчивости этих культур к бактериофагам и/или ингибирующим веществам поможет свести к минимуму неудачи на производстве.

6.5 Литература

1. Abdel-Bar, N., Harris, N. D. and Rill, R. L. (1987) *Journal of Food Science*, 52,411.
2. Abu-Tarboush, H. M. (1996) *Journal of Dairy Science*, 79,366.
3. Accolas, J.-P. and Auclair, I. (1983) *Irish Journal of Food Science and Technology*, 7.27.
4. Accolas, J.-P. and Spillmann, H. (1979a) *Journal of Applied Bacteriology*, 47,135.
5. Accolas, J.-P. and Spillmann, H. (1979b) *Journal of Applied Bacteriology*, 47,309.
6. Accolas, J.-P., Veaux, M. and Auclair, J. E. (1971) *Lait*, **51**, 249.
7. Accolas, J.-P., Hemme, D., Desmazeaud, J. J., Vassal, L., Bouillanne, C. and Veaux, M. (1980) *Lait*, **60**, 487.
8. Ackermann, H.-W. and Dubow, M. S. (1987) In *Viruses of Prokaryotes*, Vol. 1, CRC Press, Boca Raton,
9. Florida, pp. 1-28.
10. Akpedmado, K. M. and Bracquart, P. A. (1983) *Applied and Environmental Microbiology*, **45**,136.
11. Amoroso, M. J. and Manca de Nadra, M. C. (1990) *Microhiologie, Aliments, Nutrition, S*, 105.
12. Amouzou, K.-S., Prevost, H. and Divies, C. (1985) *Lait*, **65**,21.
13. Antonopoulou, S., Semidalas, C. E., Koussissis, S. and Demopoulos, C. A. (1996) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **44**,3047.
14. Ascon-Reyes, D. B., Ascon-Cabrera, M. A., Cochet, N. and Lebeault, J. M. (1995) *Journal of Dairy Science*, 78, 8.
15. Auad, L., Pesce de Ruiz Holgado, A. A. P., Forsman, P., Alatossava, T. and Raya, R. R. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**,2706.
16. Auclair, J. E. (1954) *Journal of Dairy Research*, 21,323.
17. Auclair, J. E. and Accolas, J.-P. (1983) *Antonie van Leeuwenhoek*, 49,313.
18. Auclair, J. E. and Berridge, N. J. (1953) *Journal of Dairy Research*, 20, 370.
19. Auclair, J. E. and Hirsch, A. (1953) *Journal of Dairy Research*, 20,45.
20. Auclair, J. E. and Portman, A. (1957) *Nature*, 179,782.
21. Auclair, J. E. and Vassal, L. (1963) *Journal of Dairy Research*, 30,345.
22. Auldist, M. J. and Hubble, I. B. (1998) *Australian Journal of Dairy Technology*, 53,28.
23. Auvray, F., Coddeville, M., Ritzenthaler, P. and Dupont, L. (1997) *Journal of Bacteriology*, 179,1837.
24. Babu, K. S., Singh, R. S. and Chander, H. (1989a) *Journal of Dairy Research*, 56,155.
25. Babu, K. S., Anand, S. K., Chander, H. and Singh, R. S. (1989b) *Cultured Dairy Products Journal*, 24(3), 14.
26. Balasubramanyam, B. V. and Varadaraj, M. C. (1998) *Journal of Applied Microbiology*, 84,97.
27. Ballongue, J.(1998) In *Lactic Acid Bacteria*, 2nd Edition, Ed. by Salminen.S. and von Wright, A. Marcel Dekker, New York, pp. 519-587.
28. Baranova, M., Michalski, M. M., Burdova, O., Mal'a, P. and Zezula, I. (1997) *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, **41**,131.
29. Barefoot, S. F. and Klaenhammer, T. R. (1983) *Applied and Environmental Microbiology*, 45,1808.
30. Barefoot, S. F. and Nettles, C. G. (1993) *Journal of Dairy Science*, **76**, 2366.
31. Barefoot, S. F., Nettles, C. G. and Chen, Y. R. (1994a) In *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria*, Ed. by de Vuyst, L. and Vandamme, E. J., Blackie Academic & Professional, London, pp. 353–376.
32. Barefoot, S. F., Chen, Y. R., Hughes, T. A., Bodine, A. B., Shearer, M. Y. and Hughs, M. D. (1994b) *Applied and Environmental Microbiology*, **60**, 3522.
33. Basaga, H. and Dik, T. (1994) *Milchwissenschaft*, **49**,144.
34. Bautista, E. S., Dahiya, R. S. and Speck, M. L. (1966) *Journal of Dairy Research*, **33**,299.
35. Beal, C. and Corrieu, G. (1991) *Biotechnology and Bioengineering*, **38**,90.
36. Benateya, A., Bracquart, P., Le Deaut, J. Y. and Linden, G. (1986) *Lait*, **66**, 289.
37. Benbadis, L., Faelen, M., Slos, P., Fazel, A. and Mercenier, A. (1990) *Biochimie*, 72,855.
38. Bergey's manual (1957) In *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7th Edition, Ed. by Breed, R. S., Murray, E. G. D. and Smith, N. R., Williams & Wilkins, Baltimore.
39. Bergey's manual (1974) In *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8th Edition, Ed. by Buchanan, R.E. and Gibbons, N. E., Williams & Wilkins, Baltimore.
40. Bergey's manual (1986) In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2, Ed. by Sneath, P. H. A., Mair, M. S., Sharpe, M. E. and Holt, J. G., Williams and Wilkins, Baltimore.
41. Berkman, T., Bozoglu, T. F. and Ozilgen, M. (1990) *Enzyme and Microhial Technology*, **12**,138.
42. Bhowmik, T., Johnson, M. C. and Ray, B. (1985) *International Journal of Food Microbiology*, 2,311.
43. Bianchi-Salvadori, B. (1983) *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, **34**, 336.
44. Bianchi-Salvadori, B., Camaschella, P. and Cislaghi, S. (1995) *International Journal of Food Microbiology*, 27, 253.

45. Biavati, B., Sgorbati, B. and Scardovi, V. (1992) In *The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Barlows, A., Trilper, H. G., Dworkin, M., Harder, H. and Schleifer, K.-H., Springer Verlag, New York, pp. 816–833.
46. Biorck, L. (1992) In *Advanced Dairy Chemistry - Proteins*, Vol. 1, Ed. by Fox, P.F. Elsevier Applied Science, London, pp. 331–337.
47. Blicq, D. M. and Murray, E. D. (1994) *Cultured Dairy Products Journal*, 29(1), 12.
48. Boizet, B., Lahbib-Mansais, Y., Dupont, L., Ritzenthaler, P. and Mata, M. (1990) *Gene*, **94**, 61.
49. Bottazzi, V. (1988) *Biochimie*, **70**, 303.
50. Bottazzi, V., Battistoti, B. and Vescovo, M. (1971) *Milchwissertschaft*, **26**,214.
51. Le Bourgeois, P., Mata, M. and Ritzenthaler, P. (1989) *FEMS Microbiology Letters*, **59**,65.
52. Bozoglu, F., Chirica, I.-C., Yaman, O. and Gurakan, C. (1996) In *Lactic Acid Bacteria - Current Advances in Metabolism, Genetics and Applications*, Ed. by Bozoglu, T. F. and Ray, B., Springer Verlag, Berlin, pp. 347–355.
53. Bracquart, P., and Lorient, D. (1979) *MUchwissenschaft*, **34**,676.
54. Bracouart, P., Lorient, D. and Alais, C. (1978) *Milchwissenschaft*, **33**,341.
55. Bracquart, P., Le Deault, J. Y. and Linden, G. (1989) *Journal of Dairy Research*, *56*, 107.
56. Bradley, D. E. (1967) *Bacteriology Reviews*, **31**, 230.
57. Branny, P., De La Torre, F. and Garel, J. R. (1993) *Journal of Bacteriology*, 175,5344.
58. Branny, P., De La Torre, F. and Garel, J. R. (1996) *Journal of Bacteriology*, **178**,4727.
59. Brennan, M., Wanismail, B., Ray, B. and Johnson, M. C. (1986) *Journal of Food Protection*, **49**, 47.
60. Brindani, F., Ossipandi, M. C. and Enrica, F. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**,488.
61. Brussow, H., Fremont, M., Bruttin, A., Sidoti, J., Constable, A. and Fryder, V. (1994) *Applied and Environmental Microbiology*, **60**,4537.
62. Bruttin, A., Foley, S. and Brussow, H. (1997a) *Virology - New York*, 237, 148.
63. Bruttin, A., Desiere, F., D'Amico, N., Guerin, J.-P., Sidoti, J., Huni, B., Lucchini, S. and Brussow, H. (1997b) *Applied and Environmental Microbiology*, **63**, 3144.
64. Carminati, D. and Giraffa, G. (1992) *Journal of Dairy Research*, 59,71.
65. Carminati, D. and Neviani, E. (1991) *Journal of Dairy Science*, 74,1472.
66. Carminati, D., Brizzi, A., Giraffa, G. and Neviani, E. (1994) *Milchwissenschaft*, **49**,486.
67. Celik, C. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**,754.
68. Champagne, C. P, and Gange, D. (1987) *Canadian Institute of Food Science and Technology*, **20**, 34.
69. Champagne, C. P. and Gardner, N. (1995) *International Dairy Journal*, 5,417.
70. Champagne, C. P., Brouillette, M. and Girard, F. (1990) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 23, 203.
71. Chandrakanth, K., Chandramuoli, V. K., Srinivisan, R. A. and Natarajan, A. M. (1993) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, 4, 12.
72. Chassy, B. (1986) In *Biotechnology in Food Processing*, Ed. by Harlander, S. K. and Labuza.T. P., Noyes Publications, New Jersey, pp. 197–207.
73. Chassy, B. M. (1987) *FEMS Microbiology Reviews*, 46, 297.
74. Chirica, L.-C., Guray, T., Gurakan, G. C. and Bozoglu, T. F. (1998) *Journal of Food Protection*, 61,896.
75. Cho-Ah-Ying, F., Duitschaver, C. L. and Buteau, C. (1990) *Cultured Dairy Products Journal*, 25(3), 11.
76. Chow, J. J., Batt, C. A. and Sinskey, A. J. (1988) *Applied and Environmental Microbiology*, 54, 1138.
77. Ciblis, E. (1966) *XVII International Dairy Congress*, *C*, 395.
78. Cilano, L., Bossi, M. G. and Carini, S. (1990) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, 8,21.
79. Cilano, L., Lion, M. and Bossi, M. G. (1991) *Microbiology, Aliments, Nutrition*, 9,147.
80. Cluzel, P.-J., Serio, J. and Accolac, J.-P. (1987a) *Applied and Environmental Microbiology*, 53,1850.
81. Cluzel, P.-J., Veaux, M., Rousseau, M. and Accolas, J.-P. (1987b) *Journal of Dairy Research*, 54,397.
82. Coffey, A. G., Daly, C. and Fitzgerald, G. (1994) *Biotechnology Advances*, 12,625.
83. Cogan, T. M. (1972) *Applied Microbiology*, 23, 960.
84. Cogan, T. M. and Accolas, J.-P. (1990) In *Dairy Microbiology - The Microbiology of Milk*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science, London, pp. 77–114.
85. Cogan, T. M., Gilliland, S. E. and Speck, M. L. (1968) *Applied Microbiology*, **16**,1215.
86. Collins, M. D., Rodrigues, U., Ash, C., Aguirre, M., Farrow, J. A. E., Martinez-Murcia, A., Phillips, B. A., Williams, A. M. and Wallbanks, S. (1991) *FEMS Microbiology Letters*, *77*,5.
87. Colmin, C., Pebay, M., Simonet, J. M. and Decaris, B. (1991) *FEMS Microbiology Letters*, 81, 123.
88. Condon, S. (1987) *FEMS Microbiology Reviews*, 46,269.
89. Cousins, M. A. and Marth, E. H. (1977a) *Journal of Food Protection*, 40,475.
90. Cousins, M. A. and Marth, E. H. (1977b) *Cultured Dairy Products Journal*, 12(2), 15.
91. Curragh, H. J. and Collins, M. A. (1992) *Journal of Applied Bacteriology*, 73,31.
92. Daly, C. (1987) *XXII International Dairy Congress*, 95.

93. Dave, R. I. and Shah, N. P. (1997) *International Dairy Jounrnal*, 7, 537.
94. Davidson, B. E., Kordias, N., Dobos, M. and Hillier, A. J. (1996) *Antoine van Leeuwenhoek*, 70,161.
95. Deane, D. D. and Jenkins, R. A. (1971) *Journal of Dairy Science*, 54, 749.
96. Deane, D. D. and Van Patten, M. M. (1971) *Journal of Milk and Food Technology*, 34,16.
97. Delcour, J., Bernard, N., Garmyn, D., Ferain, T. and Hols, P. (1993) *Lait*, **73**, 127.
98. Delley, M., Mollet, B. and Hottinger, H. (1990) *Applied and Environmental Microbiology*, **56**, 1967.
99. Desmazeaud, M. J. and Hermier, J. H. (1972) *European Journal of Biochemistry*, **28**, 190.
100. Desmazeaud, M. J. and Hermier, J. H. (1973) *Biochemie*, 55, 679.
101. Dionysius, D. A., Grieve, P. A. and Vos, A. C. (1992) *Journal of Applied Bacteriology*, 72,146.
102. Driessen, P. M., Kingma, F. and Stadhouders, J. (1982) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **36**,135.
103. Driessen, P. M., Kingma, F. and Stadhouders, J. (1983) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 37,106.
104. Edwards, D. I. (1980) In *Antimicrobial Drug Action*, Macmlllan Press, London.
105. Ehrman, M., Ludwig, W. and Schleifer, K. H. (1992) *Systematic and Applied Microbiology*, **15**,453.
106. Ekstrand, B., Mullan, W. M. A. and Waterhouse, A. (1985) *Journal of Food Protection*, **48**,490.
107. El-Abbassy, M. Z. and Sitohy, M. (1993) *Nahrung*, 37,53.
108. El-Nezami, H. S. and Ahokas, J. T. (1988) In *Lactic Acid Bacteria*, 2nd Edition, Ed. by Salminen, S. and von Wright, A., Marcel Dekker, New York, pp. 359–367.
109. El-Soda, M. A., Abou-Donia, S. A., El-Shafy, H. K., Mashaly, R. and Ismail, A. A. (1986) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **14**,**1**.
110. El-Soda, M., Lucas, S. and Novel, G. (1989) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 17, 201.
111. El-Zayat, A. I. (1987) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 15,79.
112. Fang, W., Shi, M., Huang, L., Shao, O. and Chen, J. (1993) *Veterinary Microbiology*, 37, 115.
113. Fardiaz, S. (1995) *ASEAN Food Journal*, **10**,103.
114. Farhat, S. M., El-Neshawy, A. A., Guirguis, A. H., Rabie, A. M. and Abdel-Baky, M. A. (1984) *Nahrung*, **28**, 797.
115. Farkye, N. Y. (1992) In *Advanced Dairy Chemistry - Proteins*, Vol. 1, Ed. by Fox, P.R, Elsevier Applied Science, London, pp. 338–368.
116. Farrow, J. A. E. and Collins, M. D. (1984) *Journal of General Microbiology*, **130**,357.
117. Fayard, B., Haefliger, M. and Accolas, J.-P. (1993) *Journal of Dairy Research*, **60**, 385.
118. Feagan, J. T. (1959a) *Australian Journal of Dairy Technology*, **14**, 110.
119. Feagan, J. T. (1959b) *Australian Journal of Dairy Technology*, **14**,117.
120. Ferri, R. F., Fernandfz, E. D., Lanza, C. G. and Fermandez, E. A. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**,871.
121. Francki, K. I. B., Fauouet, C. M., Knudson, D. L. and Brown, F. (Eds.) (1991) In *Classification and Nomenclattre of Viruses*, 5th Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses, Archives of Virology (Supplement 1).
122. Franzetti, L., Galli, A. and Riva, M. (1997) *Dairy Science Abstracts*, **59**,462.
123. Fujisawa, T., Benno, Y.,yaeshima, T. and Mutsuoka, T. (1992) *International Journal of Systematic Bacteriology*, **42**,487.
124. Gajdusek, S. and Sebela, F. (1973) *Dairy Science Abstracts*, 35,364.
125. Galesloot, Th. E., Massing, F. and Veringa, H. A. (1968) *Netherland Milk and Dairy Journal*, 22, 50.
126. Gandhl, D. N. and Ghodekar, D. R. (1988) *Indian Journal of Dairy Science*, 41,511.
127. Garrod, L. P., Lambert, H. P. and O'grady, F. (1973) In *Antibiotic and Chemotherapy*, 4th Edition, Churchill Livingstone, Edinburgh.
128. Gasser, F. (1994) *Bulletin of Institut Pasteur*, **92**,45.
129. Gasser, F. and Mandel, M. (1968) *Journal of Bacteriology*, **96**,580.
130. Gasson, M. J. (1996) *Antonie van Leeuwenhoek*, **70**,147.
131. Gasson, M. J. (1997) In *Implications of Microfiltration on Hygiene and Identity of Dairy Products/Genetic Manipulations of Dairy Cultures*, Doc. No. 320, International Dairy Federation, Brussels, pp. 41–44.
132. Gavin, M. (1968) In *La Lyophilisation des Cultures de Yoghourt*, These No. 4227,1'Ecole Polytechnique Federate, Zurich.
133. Germond, J. E., Lapierre, L., Dulley, M. and Mollet, B. (1995) *Molecular and General Genetics*, **248**,407.
134. Giraffa, G., Bossi, M. G. and Fornasari, E. (1989) *Microbiology, Aliments, Nutrition*, 7, 139.
135. Giraffa, G., Neviani, E. and Veneroni, A. (1990) *Journal of Food Protection*, **53**, 772.
136. Girard, G., Lautier, M. and Novel, G. (1987) *Lait*, **67**,537.
137. Click, M. C., Sall, T., Zilliken, F. and Mudd, S. (1960) *Biochimica and Biophysica Ada*, 37,361.
138. Grieve, P. A., Dionysius, D. A. and Vos, A. C. (1992) *Journal of Veterinary Medicine*, **B39**, 539.
139. Griffen, H. G. and Gasson, M. J. (1995) *FEMS Microbiology Letters*, 127, 105.
140. Grigoroff, S. (1905) Cited by Gavin (1968).
141. Guirguis, N. and Hickey, M. W. (1987a) *Australian Journal of Dairy Technology*, 42, 14.
142. Guirguis, N. and Hickey, M. W. (1987b) *Australian Journal of Dairy Technology*, 42,11.

143. Gupta, R. K. and Prasad, D. N. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, 23(3), 17.
144. Haddadin, M. S., Ibrahim, S. A. and Robinson, R. K. (1996) *Food Control*, 7,149
145. Hammes, W. P. and Vogel, R. F. (1995) In *The Lactic Acid Bacteria - The Genera of Lactic Acid Bacteria*, Vol. 2, Ed. by Wood, B. J. B. and Holzapfel, W. H., Blackie Academic & Professional, London, pp. 19–54.
146. Hammes, W. P., Weiss, N. and Holzapfel, W. (1992) In *The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Application*, Vol. II, 2nd Edition, Ed. by Barlows, A.,Trilper, H. G, Dorkin, M., Harder, W. and Schleifer, K.-H., Springer Verlag, New York, pp. 1535–1594.
147. Hansen, P. A. (1968) In *Type Strains of* Lactobacillus *Species: A Report by the Taxonomic Subcommittee on Lactobacilli and Closely Related Organisms.* American Type Culture Collection, Rockville, Maryland.
148. Hansen, P. A. and Mocouot, G. (1970) *International Journal of Systematic Bacteriology*, **20**, 325.
149. Hara, K., Miyamota, T. and Kataoka, K. (1995) *Dairy Science Abstracts, 57*, 388.
150. Hardie, J. M. and Whiley, R. A. (1992) In *The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Application*, Vol. II, 2nd Edition, Ed. by Barlows, A., Trilper, H. G., Dorkin, M., Harder, W. and Schleifer, K.-H., Springer Verlag, New York, pp. 1421–1449.
151. Hardie, J. M. and Whiley, R. A. (1995) In *The Lactic Acid Bacteria - The General of Lactic Acid Bacteria*, Vol. 2, Ed. by Wood, B. J. B. and Holzapfel,W. H., Blackie Academic & Professional, London, pp. 55-124.
152. Hargrove, R. E., Walter, H. E., Malkames Jr., J. P. and Maskell, K. T. (1950) *Journal of Dairy Science*, **33**, 401.
153. Havlova, J. and Jicinska, E. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47,471.
154. Hayashi, M., Irie, R. and Morichi, T. (1974) *Bulletin of the National Institute of Animal Industry*, 28, 59.
155. Heller, K. J., Geis, A. and Neve, H. (1995) *Systematic and Applied Microbology*, **18**, 504.
156. Hemme, D., Schmal, V. and Auclair, *i.e.* (1981) *Journal of Dairy Research*, **48**,139.
157. Herian, K., Podlucka, M. and Keriova, S. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 975.
158. Herman, R. E. and McKay, L. L. (1986) *Applied and Environmenal Microbiology*, 52,45.
159. Hertel, C., Ludwig, W., Pot, B., Kersters, K. and Schleifer, K.-H. (1993) *Systematic and Applied Microbiology*. **16**, 463.
160. Hickey, M. W., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1986) *Applied and Environmental Microbiology*, **51**,825.
161. Higashio, K., Yoshioka, Y. and Kikuchi, T. (1977a) *Journal of Agricultural Chemical Society of Japan*, 51, 203.
162. Higashio, K., Yoshioka, Y. and Kikuchi, T. (1977b) *Journal of Agricultural Chemical Society of Japan*, **51**, 209.
163. Higashio, K., Kikuchi, T. and Furuichi, E. (1978) *XX International Dairy Congress*, F, 522.
164. Hoover, D. and Steenson, L. (Eds.) (1993) In *Bacteriocins in Lactic Acid Bacteria*, Academic Press, New York.
166. Hsu, H. Y., Jewett Jr., F. F. and Charms, S. E. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, 22(4), 18.
167. IDF (1987) In *Milk and Milk Products Detection of Inhibitors*, Doc. No. 220, International Dairy Federation, Brussels.
168. IDF (1988a) In *Fermented Milks – Science and Technology*, Doc. No. 227, International Dairy Federation, Brussels.
170. IDF (1988b) In *Code of Practice for the Preservation of Raw Milk by the Lactoperoxidase System*, Doc. No. 234, International Dairy Federation, Brussels.
171. IDF (1991a) In *Detection &. Confirmation of Inhibitors in Milk and Milk Products*, Doc. No. 258, International Dairy Federation, Brussels.
172. IDF (1991b) In *Practical Phage Control*, Doc. No. 263, International Dairy Federation, Brussels.
173. Ismail, A. A., Abou-Donia, S. A., Salam, A. E., Shaker, N. and Abd-El-Shaheed, Y. (1987) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **15**,73.
174. Ito, Y. and Sasaki, T. (1994) *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 58,1569.
175. Jago, G. R. and Swinbourne, M. F. (1959) *Journal of Dairy Research*, 26,123.
176. Janzen, T., Kleinschmidt, J., Neve, H. and Geis, A. (1992) *FEMS Microbiology Letters*, *95*,175.
177. Jarvis, A. W. (1989) *Journal of Dairy Science*, 72, 3406.
178. Jayaram, P. and Gandhi, D. N. (1987) *Indian Journal of Dairy Science*, 40, 374.
179. Johansen, E., Stroman, P. and Hansen, E. B. (1995) In *Unanswered Safety Questions when Employing GMOs*, John Wiley & Sons, New York, pp. 85–88.
180. Josephsen. J. and Neve, H. (1998) In *Lactic Acid Bacteria*, 2nd Edition, Ed. by Salminen,S. and von Wright, A., Marcel Dekker, New York, pp. 385–36.
181. Juillard, V., Spinnler, H. E., Desmazeaud, M. J. and Boquien, C. Y. (1987) *Lait*, **67**, 149.
182. Kabuki, T., Saito, T., Kawai, Y., Uemura, J. and Itoh, T. (1996) *International Journal of Food Microbiology*, **34**, 145.
183. Kalra, M. S., Pal, R. and Singh, A. (1977) *Indian Journal of Dairy Science*, 30, 89.
184. Kashket, E. R. (1987) *FEMS Microbiology Reviews*, **46**, 233.

185. Kebary, K. M. K. and Kamaly, K. M. (1991) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **19**,157.
186. Kikuchi, M., Yamaguchi, K. and Matsui, Y. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 392.
187. Kim, H. C., Huh, J. W. and Yu, J. H. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 432.
188. Kim, G. Y., Park, J. I., Kwon, I. K., Ahn, J. K. and Goh, J. S. (1992) *Dairy Science Abstracts*, 54, 920.
189. Kivi, S., Peltomaki, T., Luomala, K. and Sarimo, S. S. (1987) *Fotia Microbiology*, 32, 101.
190. Klaver, F. A. M., Kingma, F. and Weerkamp, A. H. (1992) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **46**,31.
191. Kleinschmidt, J., Soeding, B., Teuber, M. and Neve, H. (1993) *Systematic and Applied Microbiology*, 16, 87.
192. Kneifel, W., Jaros, D. and Erhard, F. (1993) *International Journal of Food Microbiology*, 18,179.
193. Knol, J., Marciset, O. and Mollet, B. (1993a) European Patent Application, EP 0564 965 A2.
194. Knol, J., Marciset, O. and Mollet, B. (1993b) European Patent Application, EP0569604A1.
195. Kochhar, S., Chuard, N. and Hottinger, H. (1992) *Biochemical and Biophysicat Research Communications*, **185**,705.
196. Kok, R. G.,Dewaal, A., Schut, F., Welling, G. W., Weenk, G. and Hellingwerf, K. J. (1996) *Applied and Environmental Microbiology*, **62**, 3668.
197. Korenekova, B., Kottferova, J. and Korenek, M. (1997) *Food Research International*, 30,55.
198. Korkeala, H., Sobaack, A. and Hirn, J. (1984) *Journal of Dairy Research*, **51**, 591.
199. Koroleva, N. S., Bannikova, L. A., Mytnik, L. G. and Bespalova, I. A. (1978) *XX International Dairy Congress*, E. 564.
200. Kot, E., Furmanov, S. and Bezkorovainy, A. (1995) *Journal of Food Science*, 60,547.
201. Kot, E., Furmanov, S. and Bezkorovainy, A. (1996) *Journal of Dairy Science*, 79,758.
202. Kot, E., Furmanov, S. and Bezkorovainy, A. (1997) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 690.
203. Krusch, U., Neve, H., Luschei, B. and Teuber, M. (1987) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **39**, 155.
204. Kumar, S. and Mathur, B. N. (1989) *Indian Journal of Dairy Science*, 42,194.
205. Kumar, G. A., Gireesh, T. and Shankar, P. A. (1995) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, **6**, 19.
206. Kurmann, J. (1967) *Lait Romand*, 43(67), 508; (69), 523; (79), 599; and (83), 639.
207. Lactoix, C. and Lachance, O. (1988a) *Canadian Institute of Food Science and Technology*, **21**, 501.
208. Lacroix, C. and Lachance, O. (1988b) *Canadian Institute of Food Science and Technology*, **21**, 511.
209. Lacroix, C. and Lachance, O. (1990) *Canadian Institute of Food Science and Technology*,15, 101.
210. Lahbib-Mansais, Y., Mata, M. and Ritzenhaler, P. (1988) *Biochimie*, 70, 429.
211. Lahbib-Mansais, Y., Boizet, B., Dupont, L., Mata, M. and Ritzenthaler, P. (1992) *Journal of General Microbiology*, **138**, 1139.
212. Langella, P. and Chopin, A. (1989) *FEMS Microbiology Letters*, **60**, 149.
213. Langeveld, L. P. M. and Bolle, A. C. (1985) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **39**, 27.
214. Langeveld, L. P. M. and Van Montfort-Quasig, R. M. G. E. (1995) *Voedingsmidelen Technologie*, 28(12), 14.
215. Langeveld, L. P. M. and Van Montfort-Quasig, R. M. G. E. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 649.
216. Lankes, H., Ozer, H. B. and Robinson, R. K. (1998) *Milchwissenschaft, S3*, 510.
217. Lanzanova, M., Schfuri, L. and Lodi, R. (1991) *Latte*, **16**, 320.
218. Lanzanova, M., Mucchetti, G. and Neviani, E. (1993) *Journal of Dairy Science*, **76**, 20.
219. Larbi, D., Colmin, C., Rousselle, L., Decaris, B. and Simonet, J.-M. (1990) *Lait*, **70**, 107.
220. Larbi, D., Decaris, B. and Simonet, J.-M. (1992) *Journal of Dairy Research*, **59**, 349.
221. Larsen, R. F. and Anon. M. C. (1989a) *Journal of Food Science*, 54, 917.
222. Larsen, R. F. and Anon. M. C. (1989b) *Journal of Food Science*, 54, 922.
223. Larsen, R. F. and Anon. M. C. (1990) *Journal of Food Science*, 55, 708.
224. Latrille, E., Picque, D., Ferret, B. and Corrieu, G. (1992) *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 74, 32.
225. Lawrence, R. C., Thomas, T. D. and Terzaghi, B. E. (1976) *Journal of Dairy Research*, **43**,141.
226. Lee, S. H., Koo, Y. J. and Shin, D. H. (1990a) *Dairy Science Abstracts*, 52, 130.
227. Lee, B. H., Robert, N., Jacques, C. and Ricard, L. (1990b) *Biotechnology Letters*, **12**, 499.
228. Leong-Morgenthaler, P., Zwahlen, M. C. and Hottinger, H. (1991) *Journal of Bacteriology*, 173, 1951.
229. Lerche, M. and Reuter, G. (1962) *Zentralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, Abteilung 1. Originate*, **185**, 446.
230. Lick, S. and Teuber, M. (1992) *Systematic and Applied Microbiology*, **15**, 456.
231. Lick, S., Keller, M., Bockelmann, W. and Heller, K. J. (1996) *Milchwissenschaft*, **51**, 183.
232. Liewen, M. B. and Marth, E. H. (1984) *Journal of Food Protection*, **47**, 197.
233. Lim, K. S., Huh, C. S. and Baek, Y. J. (1995) *Dairy Science Abstracts*, 57, 992.
234. London, J. (1976) *Annual Reviews Microbiology*, **30**, 279.
235. Louaileche, H., Braquart, P., Saulnier, F., Desmazeaud, M. and Linden, G. (1993) *Journal of Dairy Science*, 76, 3683.

236. Louaileche, H., Bracquart, P., Guimont, C. and Linden, G. (1996) *Journal of Dairy Research*, 63, 321.
237. loussouarn, s. (1983) *Dairy Science Abstracts*, 45, 203.
238. Lucke, F.-K., Brunmer, J.-M., Buckenhuskes, H., Garrido Fernandez, A., Rodrigo, M. and Smith, J. E. (1990) In *Processing and Quality of Foods*, Vol. 2, Ed. by Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C., Gormely, T. R., Linko, P. and Paulus, K., Elsevier Applied Science, London, pp. 2.11–2.36.
239. Luerssen, A. and Kuhn, M. (1908) Cited by Gavin (1968).
240. Magdoub, M. N. I., Fayed, A. E., El-Shenawy, M. A. and Abou-Arab, A. A. K. (1989) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 17, 217.
241. Maianti, M. G., Calamari, L., Bertoni, G. and Cappa, V. (1996) *Dairy Science Abstracts*, 58, 76.
242. Makela, P. M., Korkeala, H. J. and Sand, E. K. (1991) *Journal of Food Protection*, 54, 632.
243. Le Marrec, C., Van Sinderen, D., Walsh, L., Stanley, E., Vleegels, E., Moineau, S., Heinze, P., Fitzgerald, D. and Fayard, B. (1997) *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 3246.
244. Marshall, V. M. E. (1983) *Dairy Industries International*, 48(3), 17.
245. Marshall, V. M. E. (1986) *Progress in Industrial Microbiology*, 23, 1.
246. Marshall, V. M. E. (1987) *Journal of Dairy Research*, 54, 559.
247. Marshall, V. M. E. (1993) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 46, 49.
248. Marshall, V. M. E. and Bramley, A. J. (1984) *Journal of Dairy Research*, 51, 17.
249. Marshall, V. M. E. and Mabbitt, L. A. (1980) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 33, 129.
250. Marshall, V. M. E. and Tamime, A. Y. (1997) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 2nd Edition, Ed. by Law, B. A., Blackie Academic & Professional, London, pp. 153–192.
251. Marshall, V. M. E., Cole, W. M. and Mabbitt, L. A. (1982) *Journal of Dairy Research, 49,* 147.
252. Marshall, V. M. E., Cole, W. M. and Phillips, B. A. (1985) *Journal of Applied Bacteriology, 59,* 147.
253. Mata, M. and Ritzenthaler, P. (1988) *Biochimie*, 70, 395.
254. Matalon, M. E. and Sandine, W. E. (1986) *Cultured Dairy Products Journal*, 21(4), 6.
255. Mehanna, N. M. and Hefnawy, S. A. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 16, 55.
256. Meile, L., Ludwig, W., Reuger, U., Gut, C., Kaufmann, P., Dasen, G., Wenger, S. and Teuber, M. (1997) *Systematic and Applied Microbiology*, 20, 57.
257. Mercenier, A. and Lemoine, Y. (1989) *Journal of Dairy Science*, 72, 3444.
258. Mercenier, A., Slos, P., Faelen, M. and Lecocq, J.-F. (1988a) *Molecular and General Genetics*, 212, 386.
259. Mercenier, A., Robert, C., Romero, D. A., Cactellino, I., Slos, P. and Lemonine, Y. (1988b) *Biochimie*, 70, 567.
260. Mercenier, A., Pouwels, P. H. and Chassy, B. M. (1994) In *Genetics and Biotechnology of Lactic Acid Bacteria*, Ed. by Gasson, M. J. and de Vos, W. M., Blackie Academic & Professional, London, pp. 252–293.
261. Metchnikoff, E. (1910) In *The Prolongation of Life*, Revised Edition of (1907), Translated by C. Mitchell, Heineman, London.
262. Micic, G., Draganovic, B. and Duric, G. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 229.
263. Milashki, S. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 480.
264. Misra, A. K., Vinod, R. S. and Bhattacharyya, A. (1996) *Indian Journal of Dairy Science*, 49, 635.
265. Mital, B. K. and Garg, S. K. (1992) *Food Reviews International*, 8, 347.
266. Mitchell, G. E., Rogers, S. A., Grieve, P. A. and Marschke, R. J. (1985) In *The Challenge: Efficient Dairy Pro-duction*, Australian Society of Animal Production, Albury-Wodonga, pp. 829–8230.
267. Miteva, V., Stefanova, T., Takova, T. and Grigorova, R. (1991) Acto *Microbiologia Bulgarica*, 27, 3.
268. Mitic, S., Jakimov, N., Otenhajmer, I., Milenkovic, D., Bubanja, N., Grubac, D. and Markovic, D. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Book 1,1, pp. 275–276.
269. Mitsuoka, T. (1969) *Zentralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionshkrankheiten und Hygiene, Abteilung 1. Originate*, 210, 32.
270. Mitsuoka, T. (1992) In *Lactic Acid Bacteria - The Lactic Acid Bacteria in Health & Disease*, Vol. 1, Ed. by Wood, B. J. B., Elsevier Applied Science, London, pp. 69–114.
271. Mohanan, K. R., Shankar, P. A. and Laxminarayana, H. (1984) *Indian Journal of Dairy Science*, 37, 177.
272. Mohran, M. A., Megalla, S. E. and Said, M. R. (1985) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 13, 25.
273. Moineau, S., Walker, S. A., Holler, B. J., Vedamuthu, E. R. and Vandenbergh, P. A. (1995) *Applied and Environmental Microbiology*, 61, 2461.
274. Mollet, B. and Delley, M. (1990) *Journal of Bacteriology*, 172, 5670.
275. Mollet, B. and Delley, M. (1991) *Molecular and General Genetics*, 227, 17.
276. Mollet, B., Knol, J., Poolman, B., Marciset, O. and Delley, M. (1993a) *Journal of Bacteriology*, 175, 4315.
277. Mollet, B., Constable, A., Delley, M., Knol, J., Marciset, O. and Pridmore, D. (1993b) *Lait*, 73, 175.
278. Moreira, M. R., Abraham, A. G. and De Antoni, G. L. (1997) *Milchwissenschaft, 52*, 607.
279. Mullan, W. M. A. (1979) *Dairy Industries International*, 44(7), 11.
280. Mustapha, A., Hutkins, R. W. and Zirnstein, G. W. (1995) *Journal of Dairy Science*, 78, 989.
281. Nakada, M., Dosako, S., Hirano, R., Ooka, M. and Nakajima, I. (1996) *International Dairy Journal*, 6,33.

282. Nakamura, I. and Anzai, H. (1971) *Kitasato Archives of Experimental Medicine*, **44**, 21.
283. Nakamura, T., Syukunobe, Y., Doki, R., Shimoda, K., Yoshida, T. and Kuwazuru, M. (1991) *Nippon Shokuh'm Kogyo Gakkaishi*, **38**, 858.
284. Nes, I. F., Diep, D. B., Havarstein, L. S., Brurberg, M. B., Eijsink, V. and Holo, H. (1996) *Antonie van Leeuwenhoek*,**70**,113.
285. Nettles, C. G. and Barefoot, S. F. (1993) *Journal of Food Protection*, ***56***, 338.
286. Neve, H. (1996) In *Dairy Starter Cultures*, Ed. by Cogan, T. M. and Accolas, J.-P. VCH Publishers, New York, pp.157–189.
287. Neve, H. and Heller, K. J. (1995a) *Dairy Science Abstracts*, 57, 142.
288. Neve, H. and Heller, K. J. (1995b) *Dairy Science Abstracts*, 57, 999.
289. Neve, H. and Soeding, B. (1997) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **49**, 327.
290. Neve, H., Krusch, V. and Teuber, M. (1989) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **30**, 624.
291. Neve, H., Von Maurich, A. and Heller, K. J. (1996) *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, **48**,359.
292. Neviani, E., Cacminati, D., Giraffa, G. and Carnini, S. (1988a) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 761.
293. Neviani, E., Cacminati, D., Giraffa, G. and Carnini, S. (1988b) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 762.
294. Neviani, E., Giraffa, G., Brizzi, A. and Carminati, D. (1995) *Journal of Applied Bacteriology*, **79**, 302.
295. Nichol, A. W., Harden, T. J., Dass, C. R., Angel, L. and Louis, J. P. (1995) *Australian Journal of Dairy Technology*, **50**, 41.
296. Nicholson, M. A. and Sanders, M. E. (1988) European Patent Application, EPO 262516 A2.
297. Nikolov, N. M. (1975) *Dairy Science Abstracts*, 37, 341.
298. Nour, M. A., Abdel-Tawab, G., Shalaby, S. and Mohamed, O. A. (1989) *Journal of Dairy Research*, **56**, 779.
299. Nunez De Kairuz, M. S., Oliver, G., Pesce Ruiz de Holgado, A. A. and Farias, R. N. (1983) *Current Microbiology*, **8**,169.
300. Oberg, C. J. and Broadbent, J. R. (1993) *Journal of Dairy Science*, *76*,2392.
301. Okello-Uma, I. and Marshall, V. M. E. (1986) *Journal of Dairy Research*, 53, 631.
302. Orla-Jensen, S. (1931) In *Dairy Bacteriology*, 2nd Edition, Translated by P.S. Arup, J. & A. Churchill, London.
303. Ottogalli, G., Galli, A. and Dellaglio, F. (1979) *Journal of Dairy Research*, **46**, 127.
304. Ozen, S. and Ozilgen, M. (1992) *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 54, 57.
305. Park, C. I., Sugawara, H. and Itoh, T. (1991) *Milchwissenschaft*, **46**, 87.
306. Park, S. Y., Kim, J. H., Kwon, I. K. and Kim, N. U. (1984) *Korean Journal of Dairy Science*, **6**, 78.
307. Patel, J. D. (1969) *Journal of Food Science and Technology - Mysore*, **6**, 209.
308. Peake, S. E. and Stanley, G. (1978) *Journal of Applied Bacteriology*, **44**, 321.
309. Pearce, L. E. and Bryce, S. A. (1973) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **8**, 17.
310. Pebay, M., Roussel, Y., Simonet, J. M. and Decaris, B. (1992) *FEMS Microbiology Letters*, **98**, 51.
311. Perez, P. P., de Antoni, G. L. and anon, M. c. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73, 2697.
312. Perez, P. P., de Antoni, G. L. and anon, M.c. (1991) *Journal of Dairy Science*, 74, 2850.
313. Petrova, N. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 55.
314. Pette, J. W. and Kooy, J. S. (1952) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, ***6***, 233.
315. Pette, J. W. and Lolkema, H. (1950a) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **4**, 197.
316. Pette, J. W. and Lolkema, H. (1950b) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **4**, 209.
317. Pette, J. W. and Lolkema, H. (1950c) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **4**, 261.
318. Piard, J. C. and Desmazeaud, M. (1991) *Lait*, **71**, 525.
319. Piard, J. C. and Desmazeaud, M. (1992) *Lait*, 72, 113.
320. Poolman, B. (1993) *Lait*, **73**,87.
321. Pot, B., Ludwig, W., Kersters, K. and Schleifer, K.-H. (1994) In *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria - Microbiology, Genetics and Applications*, Ed. by de Vuyst, L. and Vandamme, E. J. Blackie Academic & Professional, London, pp. 13–90.
322. Prasad, V. and Sukumaran, M. V. (1992) *Journal of Dairying, Foods and. Home Sciences*, **11**, 65.
323. Prevots, F., Relano, P., Mata, M. and Ritzenthaler, P. (1989) *Journal of General Microbiology*, 35, 3337.
324. Pulsani, S. R. and Rao, D. R. (1984) *Journal of Food Science*. **49**, 652.
325. Radke-Mitchell, L. and Sandine, W. E. (1984) *Journal of Dairy Science*, 47, 245.
326. Radke-Mitchell, L. and Sandine, W. E. (1986) *Journal of Food Protection*, **69**, 2558.
327. Radulovic, Z. and Obradovic, D. (1997) *Review of Research Work at the Faculty of Agriculture - Belgrade*, **42**,159.
328. Rajagopal, S. N. and Sandine, W. E. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, 24(3), 8.
329. Rajagopal, S. N. and Sandine, W. E. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73, 894.
330. Rajmohan, S. and Prasad, V. (1994) *Cheiron*, 23, 26.
331. Ramakrishna, Y., Singh, R. S. and Anand, S. K. (1985) *Cultured Dairy Products Journal*, 20(3), 12.
332. Ramos, M. S. and Harlander, S. K. (1990) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **34**, 368.

333. Rao, D. R., Pulusani, S. R. and Rao, T. K. (1982) *Journal of Food Quality*, 5,235.
334. Rasic J. L.and Kurmann, J. A. (1978) In *Yoghurt-Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen.
335. Rasic, S. L., Skrinjar, M. and Markov, S. (1991) *Mycopathologia*, **113**, 117.
336. Reinbold, G. W. and Reddy, M. S. (1973) *Dairy Industries*, 38, 413.
337. Reinbold, G. W. and Reddy, M. S. (1974) *Journal of Milk and Food Technology*, 37, 517.
338. Reinbold, G. W., Reddy, M. S. and Hammond, E. G. (1982) *Journal of Food Protection*, **45**, 119.
339. Reiter, B. (1973) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 26, 3.
340. Reiter, B. (1978) *Journal of Dairy Research*, 45, 131.
341. Reiter, B. (1985) In *The Lactoperoxidase System*, Ed. by Pruitt, K.M. and Tenovuo, J., Marcel Dekker, New York, pp. 123–141.
342. Reiter, B. and Harnulv, G. (1984) *Journal of Food Protection*, 47, 724.
343. Reiter, B., Vazquez, D. and Newland, L. G. M. (1961) *Journal of Dairy Research*, 28, 183.
344. Rettger, L. F. and Cheplin, H. A. (1921) In *A Treatise on the Transformation of the Intestinal Flora with Special Reference to the Implantation of Bacillus acidophilus*, Yale University Press, U.S.A.
345. Rettger, L. F., Levy, M. N. and Weinstein, L. (1935) In *Lactobacillus acidophilus and its Therapeutic Application*, Yale University Press, U. S. A.
346. Rogers, S. A. and Mitchell, G. E. (1994) *Australian Journal of Dairy Technology*, **49**,70.
347. Roginski, H. (1988) *Australian Journal of Dairy Technology*, **43**, 37.
348. Rogosa, M. and Hansen, P. A. (1971) *International Journal of Systematic Bacteriology*, **21**, 177.
349. Rogosa, M. and Sharpe, M. E. (1959) *Journal of Applied Bacteriology*, 22, 329.
350. Rogosa, M., Wisemann, R. F., Mitchell, J. S. and Disraely, M. (1953) *Journal of Bacteriology*, **65**, 681.
351. Romero, D. A., Slos, P., Robert, C., Castellino, I. and Mercenier, A. (1987) *Applied and Environmental Microbiology*, **53**, 2405.
352. Roussis, I. E. (1994) *Chimika Chronika*, 23, 137.
353. Sable, S. and Lortal, S. (1995) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 43, 1.
354. Samona, A. and Robinson, R. K. (1994) *XXIV International Dairy Congress*, Brief Communications, p. 283.
355. Sandine, W. E. (1979) In *Lactic Starter Cultures Technology*, Phizer Cheese Monographs, Vol. VI, Chase Phizer, New York.
356. Sanuine, W. E. (1987) *FEMS Microbiology Reviews*, **46**, 205.
357. Sarimo, S. S. and Moksunen, R. L. I. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 565.
358. Sarkar, S. and Misra, A. K. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, 47, 133.
359. Sasaki, T. (1994) In *Recombinant Microbes for Industry*, Ed. by Murooka,Y., Marcel Dekker, New York, pp.509-527.
360. Satoh, E., Ito, Y., Sasaki, Y. and Sasaki, T. (1997) *Applied and Environmental Microbiology*, **63**, 4593.
361. Schiffmann, A. P. (1993) *Dairy Science Abstracts*, 55, 144.
362. Schiffmann, A. P., Scultz, M. and Weisner, H.-U. (1992) *Milchwissenschaft*, 47, 712.
363. Schleifer, K.-H., Ehrman, M., Krusch, U. and Neve, H. (1991) *Systematic and Applied Microbiology*, **14**, 386.
364. Schmidt, B. F., Adams, P. M., Requadt, C., Power, S. and Mainzer, S. E. (1989) *Journal of Bacteriology*, 171, 625.
365. Schroeder, C. J., Robert, c., Lenzen, G., McKay, L. L. and Mercenier, A. (1991) *Journal of General Microbiology*, **137**, 369.
366. Schuts, M., Codlibaly, O., Nogai, K. and Wiesner, H. W. (1982) *Milchwissenschaft*, 37, 202.
367. Sebastiani, H., and Jager, H. (1992) *Milchwissenschaft*, 47, 25.
368. Sebastiani, H., and Jager, H. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 25.
369. Sechaud, L.,Cluzel, P.-J., Rousseau, M., Baumgartner, A. and Accolas, J.-P. (1988) *Biochimie*, 70, 401.
370. Sellars, R. L. and Babel, F. J. (1985) In *Cultures for the Manufacture of Dairy Products*, 2nd Edition, Chr. Hansen's Laboratory, Milwaukee.
371. Sgorbati, B., Biavati, B. and Palenzona, D. (1995) In *Lactic Acid Bacteria - The General of Lactic Acid Bacteria*, Vol. 2, Ed. by Wood, B. J. B. and Holzapfel, W. H., Blackie Academic & Professional, London, pp. 279–306.
372. Shahani, K. M., Vakil, S. R. and Kilara, A. (1976) *Cultured Dairy Products Journal*, 11(4), 14.
373. Shaker, N., Abou-Donia, S. A., Salam, A. E., Abd-El-Shaheed, Y. and Ismail, A. (1985) *Alexandria Science Exchange*, **6**, 176.
374. Shaker, N., Abou-Donia, S. A. and Abd-El-Shaheed, Y. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**, 309.
375. Shalaby, S. O., Nour, M. A., Abd-El-Tawab, G. and Mohamed, O. A. (1986) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **14**, 143.
376. Shankar, P. A. (1977) In *Inter-Relationship of S. thermophilus and L. bulgaricus in Yoghurt Cultures*, Ph.D. Thesis, University of Reading, Reading.

377. Shankar, P. A. and Davies, F. L. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 467.
378. Shekar, S. and Bhat, G. S. (1983) *Journal of Food Protection* **46**, 321.
379. Sikes, A. and Hilton, T. (1987) *Journal of Food Protection*, 50, 812.
380. Simonds, J., Hansen, P. A. and Lakshmanan, S. (1971) *Journal of Bacteriology*, 107, 382.
381. Sinha, P. P. (1984) *Applied and Environmental Microbiology*, 47, 1175.
382. Skrinjar, M., Rasic, J. L. and Stojicic, V. (1996) *Folia Microbiologia*, **41**, 26.
383. Slocum, S. A., Jasinski, E. M. and Kilara, A. (1988a) *Journal of Dairy Science*, 71, 596.
384. Slocum, S. A., Jasinski, E. M., Anatheswaran, R. C. and Kilara, A. (1988b) *Journal of Dairy Science*, 71, 589.
385. Smart, J. B. and Thomas, T. D. (1987) *Applied and Environmental Microbiology, S3*, 533.
386. Soeding, B., Kleinschmidt, J., Teuber, M. and Neve, H. (1993) *Systematic and Applied Microbiology*, 16, 296.
387. Solaiman, D. K. Y. and Somkuti, G. A. (1991) *FEMS Microbiology Letters*, 80, 75.
388. Solaiman, D. K. Y. and Somkuti, G. A. (1995) *Journal of Industrial Microbiology*, 15, 39.
389. Solaiman, D. K. Y. and Somkuti, G. A. (1997a) *Biotechnology Letters*, 19, 1175.
390. Solaiman, D. K. Y. and Somkuti, G. A. (1997b) *Current Microbiology*, 34, 216.
391. Solaiman, D. K. Y. and Somkuti, G. A. (1997c) *Biotechnology Letters*, 19, 595.
392. Soldal, A. and Langsrud, T. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 563.
393. Soloman, E., Scortescu, G. and Bilbile, V. (1966) *Dairy Science Abstracts*, 28, 423.
394. Somkuti, G. A. and Solaiman, D. K. Y. (1997) *Current Microbiology*, 35,180.
395. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1988) *Biochimie*, 70, 579.
396. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1991) *FEMS Microbiology Letters*, 78, 271.
397. Sozzi, T. Poulin, J. M. and Maret, R. (1978) *Journal of Dairy Research*, 45,259.
398. Sozzi, T., Watanabe, K., Stetter, K. and Smiley, M. (1981) *Intervirology*, 16,129.
399. Spinnler, H. E., Bouillanne, C., Desmazeaud, M. J. and Corrieu, G. (1987) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 25, 464.
400. Sriranganathan, N., Seidler, R. J. and Sandine, W. E. (1985) *Journal of Dairy Science*, **68**, 1077.
401. Stadhouders, J., Massing, F., Leenders, G. J. M. and Driessen, P. M. (1984) *Voedingsmidelen Technologie*, 17(26), 21.
402. Steinka, I. and Przybylowski, P. (1994) *Dairy Science Abstracts*, 56, 452.
403. Steinka, I. and Przybylowski, P. (1997) *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 6/47,77.
404. Stiles, M. E. (1996) *Antonie van Leeuweenhoek*, 70, 331.
405. Stolk, K. (1955) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, ***9***, 37.
406. Storgards, T. (1964) In *Fermented Milks*, Annual Bulletin, Part III, International Dairy Federation, Brussels, pp. 65–77.
407. Su, H. P. and Lin, C. W. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 109.
408. Sungil, K., Germond, J. E., Pridmore, D. and Soll, D. (1996) *Journal of Bacteriology*, **178**, 2459.
409. Suzuki, I., Kato, S., Kitada, T., Yano, N. and Morichi, T. (1986) *Journal of Dairy Science*, ***69***, 311.
410. Tagg, J. R., Dajani, A. S. and Wannamaker, L. W. (1976) *Bacteriology Reviews*, **40**, 722.
411. Tamime, A. Y. (1977a) In *Some Aspects of the Production of Yoghurt and Condensed Yoghurt*, Ph.D. Thesis, University of Reading, Reading.
412. Tamime, A. Y. (1977b) *Dairy Industries International*, 42(8), 7.
413. Tamime, A. Y. (1990) In *Dairy Microbiology - The Microbiology of Milk Products*, Vol. 2,2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science, London, pp. 131–201.
414. Tamime, A. Y. and Deeth, H. C. (1980) *Journal of Food Protection*, **43**, 939.
415. Tamime, A. Y., Marshall, M. M. E. and Robinson, R. K. (1995) *Journal of Dairy Research*, ***62***,151.
416. Tao, L., Pavlova, S. I., Mod, S. M., Ma, W. and Kilic, A. O. (1997) *Infectious Diseases in Obstetrics and Gynecology, S*, 244.
417. Tayeb, J., Bouillanne, C. and Desmazeaud, M. J. (1984) *Journal of Fermentation Technology*, **62**, 461.
418. Tayfour, A., Millere, J. B. and Veillet-Poncet, L. (1981) *Lait*, **61**, 149.
419. Teixeira, P., Castro, H. and Kirby, R. (1994) *Letters in Applied Microbiology*, **18**, 218.
420. Teraguchi, S. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 433.
421. Teraguchi, S., Ono, J., Kiyosawa, I. and Okonogi, S. (1987) *Journal of Dairy Science*, **70**,514.
422. Terre, S. (1986) *Technique Laitiere & Marketing*, No. **1008** (Avril), 26.
423. Thunell, R. K. and Sandine, W. E. (1985) In *Bacterial Starter Cultures for Foods*, Ed. by Gilliland, S.E., CRC Press, Boca Raton, pp. 127–144.
424. Tittsler, R. P., Geib, D. S. and Rogosa, M. (1947) *Journal of Bacteriology*, **54**, 12.
425. Toba, T., Yoshioka, E. and Itoh, T. (1991) *Letters in Applied Microbiology*, **12**,43.
426. Torriani, S., Gardini, F., Guerzoni, M. E. and Dellaglio, F. (1996) *International Dairy Journal*, ***6***, 625.
427. Tramer, J. (1973) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **26**, 16.

428. Vazquez, D. and Reiter, B. (1962) *Dairy Industries*, **26**, 525.
429. Veringa, H. A., Galesloot, Th. E. and Davelaar, H. S. (1968) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 22, 114.
430. Vescovo, M., Bottazzi, V. and Prstini, P. A. (1990) *Annali di Microbiologia ed Enzimologia*, **40**, 197.
431. De Vos, W. M. (1996) *Antoine van Leeuwenhoek*, **70**, 223.
432. De Vos, W. M. and Simons, G. (1988) *Biochimie*, 70, 461.
433. Vosniakos, F., Moumtzis, A., Giouvanoudi, A., Drosos, G. and Karakoltsidis, P. (1991) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **11**, 433.
434. Vosniakos, F., Moumtzis, A., Giovanoudi, A., Drosos, G. and Zoumakis, N. (1992) *Fresenius Environmental Bulletin*, **1**, 601.
435. Vosniakos, F., Karakoltsidis, P., Giovanoudi, A., Moumtzis, A. and Zoumakis, N. (1993) *Fresenius Environmental Bulletin*, 2, 689.
436. De Vuyst, L. and Vandamme, E. J. (Eds.) (1994) In *Bacteriocins in Lactic Acid Bacteria*, Blackie Academic & Professional, London.
437. Walstra, P. and Jenness, R. (1984) In *Dairy Chemistry and Physics*, John Wiley & Sons, New York, pp. 396–397.
438. Warsy, J. D. (1983) *Journal of Agricultural Research - Pakistan*, **21**, 121.
439. Weinbrenner, D. R., Barefoot, S. F. and Grinstead, D. F. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 1246.
440. Weinmann, D. E., Morris, G. K. and Williams, W. L. (1964) *Journal of Bacteriology*, **84**, 263.
441. Whitehead, H. R. and Cox, G. A. (1935) *New Zealand Journal of Science and Technology*, **16**, 319.
442. Wolf, E., Lembke, A. and Deininger, R. (1983) United States Patent Application, US 4409245.
443. Wright, C. T. and Klaenhammer, T. R. (1983) *Applied and Environmental Microbiology*, **46**, 785.
444. Wright, C. T. and Klaenhammer, T. R. (1984) *Journal of Dairy Science*, **67**, 44.
445. Yoast, S., Adams, R. M., Mainzer, S. E., Moon, K., Paalombella, A. L. and Schmidt, B. F. (1994) *Applied and Environmental Microbiology*, **60**, 1221.
446. Yohda, M., Okada, H. and Kumagai, H. (1991) *Biochimica et Biophysica Ada, Gene Structure and Expression*, **1089**, 234.
447. Yondem, F., Ozilgen, M. and Bozoglu, T. F. (1989) *Journal of Dairy Science*, 72, 2444.
448. Yoon, S. S., Park, C. K. and Yu, J. H. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 149.
449. Yu, T. J. and Kim, I. H. (1979) *Korean Journal of Food Science and Technology*, **11**, 200.
450. Yu, R. S. T., Hung, T. V. and Azad, A. A. (1983) *Australian Journal of Dairy Technology*, **38**,104.
451. Yu, R. S. T., Kyle, W. S. A., Azad, A. A. and Hung, T. V. (1984) *Milch wissenschaft*, **39**, 136.
452. Zall, R. R., Chen, J. H. and Dzurec, D. J. (1983) *Milchwissenschaft*, **38**, 264.
453. Zanatta, P. and Basso, A. (1992) *Lait*, 72, 285.
454. Zidan, Z. A., Fayed, A. E., El-Shenawy, M. A. and Abou-Arab, A. A. K. (1990) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 18, 11.
455. Zottola, E. A. and Marth, E. H. (1966) *Journal of Dairy Science*, **49**, 1343.

7

БИОХИМИЯ ФЕРМЕНТАЦИИ (БРОЖЕНИЯ)

7.1 Введение

Микроорганизмы поддерживают свой жизненный цикл посредством большого количества сложных и взаимосвязанных метаболических путей, обеспечивающих как биосинтез, так и выработку энергии. Каждый конкретный метаболический путь состоит из ряда реакций, которыми, в свою очередь, управляют различные ферментные системы. Таким образом, именно уровень синтеза и активности ферментов поддерживает и регулирует функции микробной клетки [431]. Один из регуляторных механизмов (или механизмов обратной связи) основан на соединениях малого молекулярного веса, образованных в результате распада питательных веществ (углеводов, белков, липидов и других компонентов), присутствующих в среде культивирования. Следовательно, состав этой среды важен для роста и деления клеток микроорганизмов. При производстве йогурта ее влияние на метаболизм и рост *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus* (включая «био»-культуры) отражается также на свойствах продукта. Поэтому биохимические реакции, инициированные микроорганизмами закваски, принципиально важны для получения высококачественного продукта и, следовательно, заслуживают подробного анализа.

7.2 Углеводный обмен

Клетки микроорганизмов получают необходимую энергию с помощью различных систем:

- системы цитохрома для использования энергии электронов НАД · H_2 (восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида);
- ферментов, управляющих анаплеротными путями;
- цикла трикарбоновых кислот;
- ферментации.

Молочнокислые бактерии (лактококки, лейконосток, лактобактерии, стрептококки и бифидобактерии) не обладают ни одной из трех первых систем, и энергия в них может обеспечиваться лишь ферментацией углеводов [253]. Энергия образуется за счет фосфорилирования субстрата с помощью АТФ при участии ферментов цитоплазматической мембраны (см. также [319]). Культуры молочных заквасок утилизируют углевод (например, лактозу, являющуюся основным сахаром, присутствующим в молоке) по гомо- или гетероферментативному метаболическому пути. *S. thermophilus, L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *Lactobacillus acidophilus* сбраживают лактозу гомоферментативно, а подвиды *Bifidobacterium* сбраживают тот же сахар гетероферментативно; метаболические пути этих микроорганизмов описаны ниже.

7.2.1 Гомоферментативное молочнокислое брожение

Поскольку расщепление лактозы происходит внутри клетки микроорганизма, ключевым этапом этого метаболического пути является поступление лактозы в клетку. В лактококках и некоторых штаммах *L. acidophilus* [216, 282] в транспорте лактозы участвует специальная система, и сахар фосфорилируется с помощью фосфоенолпирувата (ФЕП) во время транслокации с помощью ФЕП-зависимой фосфотрансферазной системы (ФТС), как описано в [285] (см. также [254]). Этот механизм известен как ФЕП:ФТС (*PEP:PTS*). В переносе лактозы снаружи в цитоплазматическую мембрану и в клетку микроорганизма для превращения в фосфат лактозы участвуют четыре белка (последовательно: фермент II, III, I и *HPr*) [86, 102, 296, 510]. Лактозо-6-фосфат гидролизуется β-фосфогалактозидазой (β-*Pgal*) на его моносахаридные компоненты. Галактоза и глюкоза затем катаболизируется через тагатозный путь и путь Эмбдена–Мейергофа–Парнаса (*EMP*) соответственно [102, 282]. Возможно дефосфорилирование галактозы, и в этом случае она не усваивается и выводится из клетки микроорганизма. В обоих случаях глюкоза и галактоза превращаются в дигидроксиацетон-фосфат и глицеральдегид-3-фосфат, где трехуглеродные сахара окисляются дальше до фосфоенолпирувата, а затем образуют молочную кислоту (рис. 7.1).

Гомоферментативное молочнокислое брожение с помощью *S. thermophilus, L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. Acidophilus*, протекающее по пути Эмбдена–Мейергофа, характерно в основном для расщепления глюкозы. Альтернативная система транспорта лактозы в клетки этих культур заквасок (а также подвидов *Bifidobacterium*) включает цитоплазматические белки (пермеазы), которые перемещают лактозу без

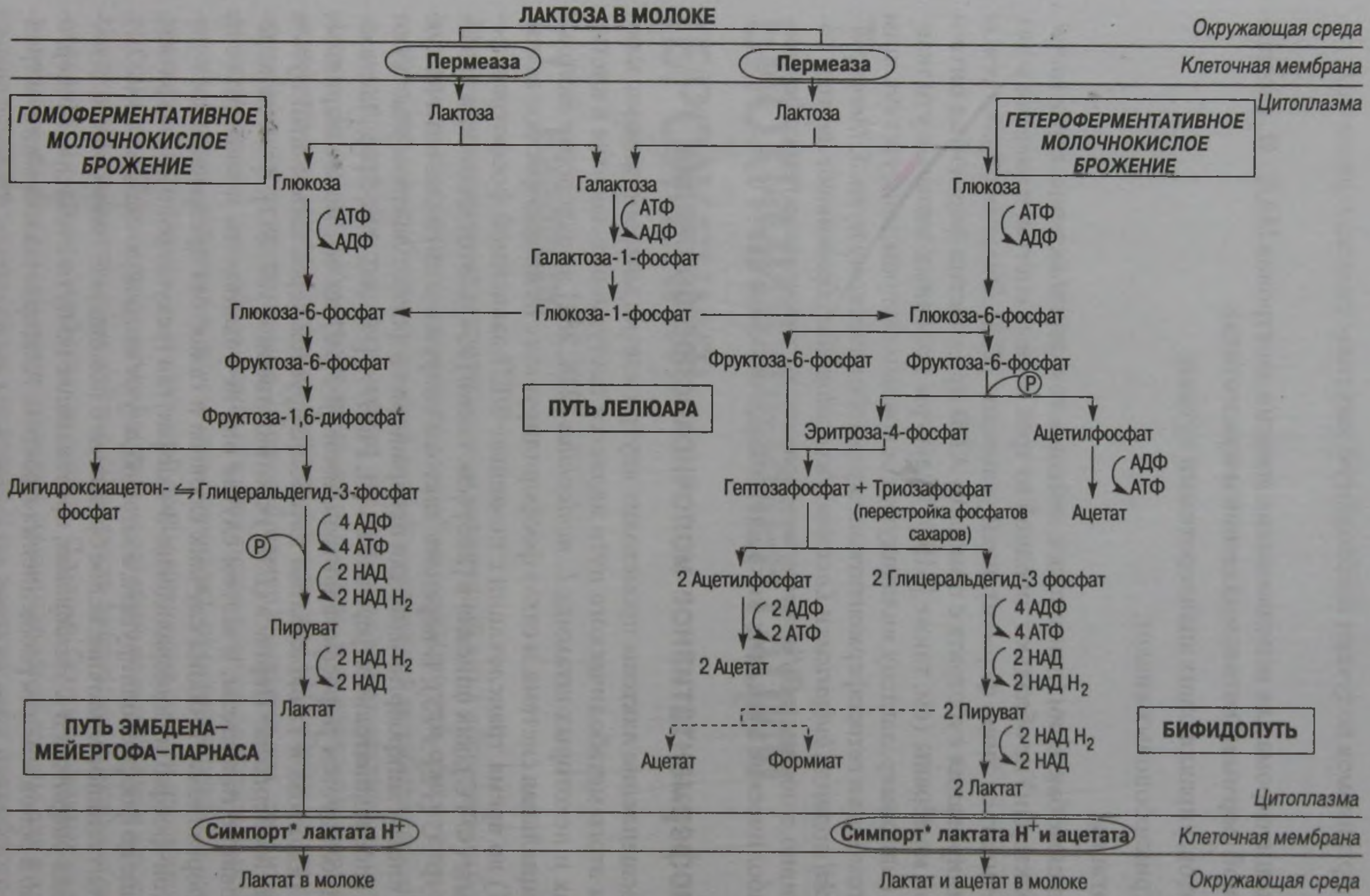


Рис. 7.1. Гомо- и гетероферментативное молочнокислое брожение лактозы под действием микроорганизмов культур закваски для йогурта после транслокации пермеазой

Примечание. Пунктир может указывать на альтернативный путь, объясняющий избыток ацетата, наблюдаемый при ферментировании некоторыми штаммами *Bifidobacterium*. * Симпорт – взаимосвязанный перенос через клеточную мембрану двух растворов в одном направлении.

По [282, 296].

модификации химической структуры. Такой механизм транспорта сахара может быть подобен системе пермеазы лактозы в *Escherichia coli*. После поступления лактозы в клетку с помощью пермеазы в виде нефосфорилированного дисахарида она гидролизуется β-галактозидазой (β-gal) до нефосфорилированной глюкозы и галактозы. Глюкоза катаболизируется до пирувата (см. рис. 7.1), а галактоза выделяется из клетки. После того, как глюкоза исчерпана, *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. acidophilus* используют галактозу по пути Лелюара (см. рис. 7.1) с галактокиназой в качестве первого фермента метаболического пути [37, 63, 87, 197, 206, 208, 217, 343–345, 455, 510]. В работе [86] было высказано предположение, что некоторые штаммы могут усваивать галактозу только когда присутствуют низкие (4 мМ) концентрации лактозы; это может быть обусловлено антипортной протонной движущей силой (антипорт – согласованный перенос двух растворов через мембрану в противоположных направлениях) транспортной системы, включающей галактозу.

Детали этого процесса до сих пор не установлены (см. также [207, 452]).

Таким образом, выяснено, что метаболизм углеводов у *S. thermophilus* не такой, как у лактококков. Описание метаболической активности этого микроорганизма см. в работах [22, 193, 194, 204, 355].

Следует отметить, что присутствие CO_2 при ферментации молока стимулирует рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. главу 6), и если принять, что *S. thermophilus* могут усваивать галактозу по пути Лелюара, это может объяснить присутствие CO_2 в молоке (см. рис. 7.1); альтернативный путь образования CO_2 – гидролиз мочевины [456–458].

Лактатдегидрогеназа также важна для регулирования углеводного обмена. Фермент в видах *Lactococcus* активизируется фруктозо-1,6-дифосфатальдолазой и тагатозо-1,2-дифосфат альдолазой (см. обзоры [282, 296]). Гомоферментативное молочнокислое брожение видов *Lactobacillus* может быть иным, поскольку было обнаружено, что ферменты многих видов имеют высокую активность, которая не зависит от присутствия фруктозо-1,6-дифосфатальдолазы. Секвенирование гена лактатдегидрогеназы *S. thermophilus* показывает, что она имеет 328 аминокислотных остатков [440, 441]; в работе [239] сообщается о 332 аминокислотных остатках для эквивалентного гена *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. также [236–238]). В работе [61] отмечается, что генное кодирование для пируваткиназы и для фосфофруктокиназы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* вело к образованию бицистронного оперона. В работе [429] сообщается, что мутантные штаммы (suc), изолированные после обработки *S. thermophilus* *N*-метил-*N*-нитрозо-*N'*-нитрогуанидином, оказались способны использовать лактозу, но не сахарозу, и сохраняли способность синтезировать β-фруктофуранозидазу (см. также [201]; описание Mn-содержащей супероксиддисмутазы в *S. thermophilus* приведено в работе [76]. Дополнительные данные по обмену сахаров и синтезу L(+) и D(–) молочной кислоты йогуртовыми микроорганизмами, выделенными из коммерческих продуктов в Аргентине, Южной Африке и Канаде, содержатся в работах [12–15, 272, 421] (см. также [376]).

7.2.2 Гетероферментативное молочнокислое брожение

В описываемых условиях лактозу и глюкозу по гетероферментативному пути сбраживают только бифидобактерии (рис. 7.1). При катаболизме глюкозы CO_2 не образу-

ется, поскольку отсутствует начальный этап, включающий декарбоксилирование. Как отмечалось ранее, лактоза транспортируется в клетку с помощью пермеазы, а затем гидролизуется в глюкозу и галактозу. Альдолаза и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа у этого вида отсутствуют. Гексозы подвергаются катаболизму путем гексозомонофосфатного шунта с участием фруктозо-6-фосфат-фосфокетолазы. Продуктами ферментации (брожения) видами *Bifidobacterium* являются лактат и ацетат, а ферментация двух молекул глюкозы дает три молекулы ацетата и две молекулы лактата.

7.2.3 Лактазная активность

Было установлено, что β-галактозидаза йогуртовых микроорганизмов является важным ферментом в процессе ферментации молока и участвует в основном в катаболизме лактозы.

Ферменты, продуцируемые *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, рассматриваются также в качестве альтернативного источника лактазы для коммерческих целей.

По наблюдению ряда исследователей, к числу факторов, влияющих на уровень активности стрептококковой β-*gal*, могут быть отнесены следующие: а) нейтральный pH; б) температура в буфере 55 °C; в) стрептококковая β-*gal* более термоустойчива, чем аналогичный фермент из дрожжей; г) ионы Mg^{2+} стимулировали активность фермента, а ЭДТА ее подавляла, д) присутствие бычьей желчи (0,15 мл/100 мл) увеличивало активность β-*gal* [147, 167, 178, 322]. В работе [167] сообщается, что активность фермента была выше в нагретом (до 63 °C или 85 °C в течение 30 мин) молоке, чем в необработанном, а активность в буферной системе была выше, чем в сыворотке или молоке вследствие неблагоприятного ионного окружения в последнем. Стабильность β-*gal* в молоке или сладкой сыворотке была в 10 и более раз выше, чем в растворе лактозы [168]. Тепловое разрушение происходит примерно при 60 °C, но стабильность может быть увеличена путем добавления альбумина сыворотки крупного рогатого скота [79]. В молоке энергия активации гидролиза лактозы составляла 35 кДж/моль [77, 78]; активность отдельных штаммов *S. thermophilus* была различной [324].

β-*gal* из *S. thermophilus* может быть использована, в частности, для гидролиза лактозы в молоке без сопутствующего образования молочной кислоты [430; см. также 35, 266, 423–425] или для иммобилизации β-*gal* на *DEAE*-целлюлозе (диэтиламиноэтилцеллюлозе) для получения молока с низким содержанием лактозы [403]. Генетические исследования [88] показали, что β-*gal* йогуртовых микроорганизмов и *Leuconostoc lactis* подобны, и при исследовании активности *in vivo* было установлено, что β-*gal* в йогурте с высоким содержанием лактозы была значительно менее устойчива к действию кислоты, чем в обычном йогурте [243]; активность β-*gal* трех коммерческих биойогуртов описана в работе [335].

Ферменты *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* могут для максимальной активности нуждаться в Mg^{2+} [6] и оптимальном pH 6,5–7,0, хотя фермент стабилен при pH 5,8 [179]. β-галактозидаза, продуцируемая *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, образована димером, состоящим из двух субъединиц одинакового размера (молекулярный вес 235 кДа). Она быстро и необратимо инактивировалась при pH 4 вследствие снижения из-за денатурации количества участвующих в реакциях триптофановых остат-

ков [488]. Оптимальная активность (pH 7 и 55 °C) фермента в стерилизованном молоке вела к гидролизу ~85% лактозы [397; см. также 498]. Специфическая активность β-*gal* была выше в лактобациллах группы I (*Thermobacterium)*, чем в группе II (*Streptobacterium)* [72]. Ряд исследователей использовали твердофазный иммуносорбентный анализ (*ELISA*) для определения иммунологических соотношений между β-*gal* различных лактобацилл [314, 482] или для определения активности аргинин-дигидролазы в лактобациллах групп I, II и III [273].

В *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* обнаружена β-фосфогалактозидаза (β-*Pgal*) [131, 339, 372, 426–428, 459], так что галактоза может быть усвоена. В работе [86] сообщается, что этот фермент является артефактом, образованным вследствие формирования фосфатазой *o*-нитрофенил-β-галактопиранозида (*ONPG*), служащего субстратом для β-gal, из *ONPG*-фосфата, субстрата для β-*Pgal*.

7.2.4 Образование молочной кислоты

Расщепление лактозы микроорганизмами *S. thermophilus, L. delbrueckii* подвида *bulgaricus, L. acidophilus* и бифидобактериями ведет в основном к образованию молочной кислоты или молочной и уксусной кислот при использовании бифидобактерий в составе закваски (рис. 7.1). Несмотря на то, что процесс преобразования лактозы состоит из множества различных биохимических реакций, упрощенно он может быть описан с помощью следующего уравнения:

Лактоза	+	Вода	→	Молочная кислота.
$C_{12}H_{22}O_{11}$		H_2O		$4C_3H_6O_3$

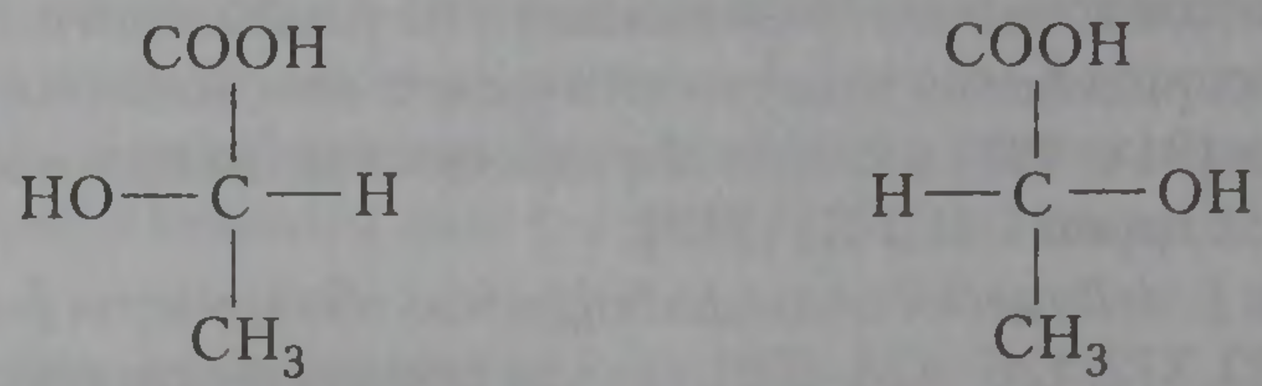
Молочная кислота важна при производстве йогурта по следующим причинам.

Во-первых, она способствует дестабилизации казеиновых мицелл, отщепляя от казеинаткальцийфосфатного комплекса фосфат кальция, который диффундирует в водную фазу молока. Это приводит к постепенному снижению содержания кальция в мицелле, что вызывает коагуляцию казеина при pH 4,6–4,7 и образование геля (дополнительная информация содержится в главе 2). При этом образуется растворимый лактат кальция, и в соответствии с [114] реакция дестабилизации может быть описана следующим образом:

Са-казеинатфосфатный комплекс + Молочная кислота → Казеиновый комплекс. + Са-лактат + Са-фосфат

Во-вторых, молочная кислота придает йогурту его характерный специфический вкус. Она может также улучшить или обогатить аромат продукта. Молочнокислые бактерии продуцируют фермент лактатдегидрогеназу (ЛДГ), необходимый для образования лактата из пирувата (рис. 7.1). Слово «лактат» происходит от латинского слова, обозначающего молочную кислоту, полученную из молока. При этом могут

образовываться различные изомерные формы молочной кислоты (например, L(+), D(−) или DL(±)), отличающиеся расположением гидроксильной группы у второго атома углерода:



L(+) Молочная кислота D(−) Молочная кислота

В культурах йогуртовых заквасок *S. thermophilus* образует в основном L(+) молочную кислоту [148, 194], а *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* — D(−) молочную кислоту [153, 154; см. также обзор 446]. Фермент ЛДГ находится в цитоплазме бактериальной клетки, и в соответствии с данными [149] активность этого фермента в йогуртовых микроорганизмах зависит от соотношения окисленной и восстановленной форм никотинамидадениндинуклеотида (НАД/НАД · H_2). Первый кофермент регенерируется из НАД · H_2 в процессе превращения пировиноградной кислоты в молочную кислоту. Некоторые штаммы *S. thermophilus* содержат фермент ЛДГ, активизируемый фруктозо-1,6-дифосфатом (ФДФ) [149, 492] Такие ферменты демонстрируют абсолютную необходимость ФДФ при физиологических значениях pH; реакция практически необратима, и фермент слабо взаимодействует с молочной кислотой и НАД (см. также [11, 39–41, 91]).

В работе [478] структура ЛДГ микроорганизмов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* представлена в виде субединиц α/β структуры с каталитической областью (состоящей из остатка гистидина с аргинином и фенилаланином) и областью связывания кофермента.

При получении йогурта *S. thermophilus* растет быстрее, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. рис. 6.2), и поэтому сначала образуется L(+)-молочная кислота, а затем — D(−)-молочная кислота. Соотношение этих изомеров в йогурте характеризует его следующим образом:

- йогурт, содержащий более 70% L(+)-молочной кислоты, получен с использованием закваски, содержащей в основном *S. thermophilus* [245]; сквашивание проводилось при температуре ниже 40 °C; продукт охлажден при низкой кислотности и содержит около 0,8 г/100 мл или менее молочной кислоты;
- йогурт, содержащий больше D(−)-, чем L(+)-молочной кислоты, получен при слишком высокой температуре сквашивания (45 °C или более); в течение длительного времени, за которое он стал излишне кислым; продукт хранили слишком долго, количество внесенной закваски было более 3%; закваска содержала больше палочек, чем кокков.

Йогурт обычно содержит 45–60% L(+)-молочной кислоты, и 40–55% D(−)-молочной кислоты [10, 226, 350–352, 471]. Соотношение изомеров молочной кислоты L(+):D (−) может быть использовано для оценки качества йогурта. В работах [351, 352] было проверено 269 образцов коммерческого йогурта и было обнаружено, что

Таблица 7.1. **Факторы, влияющие на выход и характеристики ЭПС, продуцируемых йогуртовыми микроорганизмами**

Микроорганизм	Комментарии	Литература
S. thermophilus	Слизистые штаммы демонстрировали увеличение вязкости в молоке, но не в сыворотке или в синтетической среде; они производили более растворимые полисахариды (≤ 4 мг/100 мл), чем неслизистые штаммы; слизистые штаммы, выращенные при 30°С, производили в 4–8 раз больше нерастворимых глицидов, чем неслизистые	[162]
	Количество производимых ЭПС находилось в диапазоне 5–34 мг/100 мл в ультрафильтрованном молоке, обогащенном казаминовой кислотой или сердечной вытяжкой; по сравнению с обезжиренным молоком количество производимого ЭПС было значительно ниже	[70]
	При культивировании закваски в синтетической среде ЭПС продуцировались в стационарной фазе роста; на производство ЭПС влияли вид сахара, температура и исходное значение pH; при оптимальной скорости роста продуцирование ЭПС зависело от концентрации лактозы	[143, 144]
	Оптимальный выход ЭПС (~10 мг/100 мл) был получен при инкубации микроорганизмов в течение 24 часов при 30°С	[306]
L. delbrueckii подвида *Bulgaricus*	Выделенные из коммерческого йогурта штаммы продуцировали растворимые ЭПС. Выход ЭПС составлял 6–43 мг/100 мл; среда культивирования не влияла на количество продуцируемых ЭПС	[70, 275]
	При более высокой температуре и медленном росте выделение ЭПС на одну клетку было выше; образование ЭПС увеличивалось в присутствии гидролизованного казеина в начале фазы роста при культивировании в молоке, но уменьшалось в MRS-бульоне и лактозе; предварительные результаты указывают на то, что ЭПС является гликопротеином, хотя белок может быть связан с углеводами слабо	[145]
	Выход 12 мг/100 мл был оптимальным при культивировании микроорганизмов в течение 24 часов при 37°С	[306]
	Половина ЭПС образовывалась в экспоненциальной фазе; выход ЭПС в обезжиренном молоке достигал 13 мг/100 мл	[56]
	Глюкоза + фруктоза влияли на выход ЭПС и максимальный выход составлял 8 мг/100 мл	[170, 171]
	Выход ЭПС составлял 35,4 мг/100 мл	[230]
Смешанная культура	Избыточное образование ЭПС в случае культивирования закваски в течение длительного времени при 32°С; такой йогурт имел сгусток с пониженной плотностью и структурной вязкостью	[390, 391]
	Выход 80 мг/100 мл был получен, когда обе используемые культуры вырабатывали ЭПС	[70]
	Совместное культивирование лактобактерий (производителей ЭПС) со стрептококками (не производящими ЭПС) позволяло получить 24 мг/мл ЭПС в обезжиренном молоке	[58]

соотношение *L*(+):D(−) варьировало от 0,34 (очень кислый) до 8,28 (преобладала L(+)-молочная кислота).

В работе [45] было предложено соотношение, которое, по мнению авторов, соответствовало бы йогурту хорошего качества, однако представляется, что такой подход может оказаться более полезным в случае, когда качество йогурта (с низким содержанием кислоты или острый с высоким содержанием кислоты) должно регулироваться для удовлетворения потребностей потребителя на различных рынках, то есть острый кислый йогурт должен иметь низкое соотношение L(+):D(−) и наоборот. Комбинированная закваска, состоящая из *Lactobacillus helveticus* и *S. thermophilus*, использованная для производства йогурта *йана* в Болгарии, давала >80% L(+) молочной кислоты, что приемлемо для детского питания [187]. Подобный результат был получен путем уменьшения активности лактатдегидрогеназы в *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [157; см. также 232].

При сбраживании лактозы *L. acidophilus* продуцирует *DL*-молочную кислоту, а бифидобактерии — L(+)-молочную кислоту. В работе [283] было показано, что скорость образования кислоты этими микроорганизмами не такая, как у *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Более того, большая часть биозаквасок зависят от йогуртовых микроорганизмов (отдельно или в смеси) в части кислотообразования в молоке, и поэтому было решено не рассматривать обмен био-организмов подробно. Следует учитывать, однако, количество образуемой в биойогурте уксусной кислоты. Слишком высокий ее уровень придает «уксусный» привкус, который может быть отвергнут потребителями (см. рис. 7.1).

Тем не менее основная задача йогуртовых микроорганизмов сводится к сквашиванию молока за счет образования молочной кислоты из лактозы. Подробно об анаэробных реакциях ферментации *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (по отдельности или в виде смеси штаммов, включая различные штаммы каждого вида) сообщается в работах [330–334, 507–510]. Такое изучение йогуртовых микроорганизмов направлено на получение смесей штаммов для производства различных продуктов с отличиями по вкусу и аромату, предназначенных для разных рынков (см. также [205, 318, 505]). Кроме того, сообщалось, что в процессе сквашивания йогуртовой закваской уменьшалось содержание неденатурированных сывороточных белков в обезжиренном молоке [470].

7.2.5 Образование экзополисахаридов (ЭПС)

Некоторые штаммы бактерий используют углеводы среды культивирования для образования экзополисахаридов. Примерами таких микроорганизмов являются *Streptococcus mutans*, *Streptococcus bovis* и *Leuconostoc mesenteroides* подвида *mesenteroides*, обладающие способностью образовывать внеклеточные декстраны [38]. В работе [405] говорится о том, что было выделено подобное вещество (слизь), продуцируемое некоторыми видами гетероферментативных *Lactobacillus*, и было установлено, что это глюкан (возможно, декстран) с α-1-6-глюкозидными связями. Изолированные штаммы видов *Lactococcus* и термофильных молочнокислых бактерий широко используются в производстве кисломолочных продуктов. Многие молочнокислые бактерии, образующие ЭПС, широко изучались с 1990 (см. обзоры [65–67, 273, 407]). Влияние

ЭПС на консистенцию и текстуру йогурта обсуждается в главах 2 и 10; см. также [161, 267, 368, 396, 466, 479].

Некоторые культуры йогуртовых заквасок образуют ЭПС, например, культура *RR*, разработанная в Нидерландах для повышения вязкости йогурта [141; см. также [270, 447]. Работы [443–445] свидетельствуют о том, что закваска *RR* образует β-глюкан, который в результате кислотного гидролиза образовывал только глюкозу. Более поздние исследования дают основания полагать, что выход и номенклатура веществ и углеводных компонентов ЭПС, образуемых *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, зависят от многих факторов — используемой среды культивирования, температуры инкубации, уровня кислотности среды культивирования и свойств штаммов [65–67, 150–152, 169, 171, 172, 295, 340].

В целом, количество ЭПС, образуемых микроорганизмами йогурта, может достигать 40 мг/100 мл [67]. Факторы, влияющие на продуцирование ЭПС и их выход, приведены в табл. 7.1. Данные по образованию ЭПС биокультурами отсутствуют. В работе [304] сообщается, что оптимальный выход ЭПС от штамма *L. acidophilus* составлял ~6 мг/100 мл после инкубации при 37°C или 42°C в течение 24 часов.

Очевидно, что ряд штаммов культур йогуртовых заквасок способен продуцировать ЭПС. Их можно классифицировать как гетерополисахариды, состоящие из линейных или ветвящихся повторяющихся блоков полисахаридов различного размера (от ди- до гептасахаридов). Молекулярный вес этих ЭПС, образованных полимеризацией сотен, а возможно, и тысяч повторяющихся блоков, весьма высок и составляет $1–2 \cdot 10^6$. Имеющиеся данные свидетельствуют о наличии различных структур ЭПС.

- В некоторых смешанных культурах структура ЭПС характеризуется наличием галактозы и глюкозы в соотношении 2 : 1 [390, 391], а для *S. thermophilus* в работе [262] приведено соотношение 1 : 1. ЭПС, продуцируемые *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, состоят из глюкозы и фруктозы (в соотношении 1 : 2), и преобладающими были связи α-1,4 и α-1,6-гликозидов в соотношении 1 : 1 [275].
- ЭПС, продуцируемые *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, состояли из галактозы, глюкозы и рамнозы в соотношении 4 : 1 : 1 [68], 5 : 1 : 3 [177] или 7 : 1 : 0,8 [170]; для ЭПС, образованных *S. thermophilus*, авторы работы [262] наблюдали соотношение 3 : 1 : 2.
- *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* продуцировал ЭПС, состоящие из глюкозы и галактозы с небольшим количеством маннозы [57] или в основном галактозы и небольших количеств глюкозы и рамнозы [58; см. также 510].
- В работе [69] сообщается, что глюкоза и галактоза были основными сахаридами в ЭПС, образованных *S. thermophilus* (наряду с небольшими количествами ксилозы, арабинозы, рамнозы и маннозы); авторы работы [21] наблюдали соотношение рамнозы и галактозы 1 : 1,47 в ЭПС, образованных тем же микроорганизмом.

Структуры ЭПС, производимых некоторыми йогуртовыми микроорганизмами, были определены в [104, 105, 177, 262, 435]. Эти полимеры основаны на остатках

D-галактозы, следующим образом соединенных через 1 → 3 или 1 → 4 гликозидные связи:

S. *thermophilus* (тетрасахарид)

[→3)-β-D-Gal*p*-(1→3)-[α-D-Gal*p*-(1→6)]-β-D-Glc*p*-(1→3)-α-D-Gal*p*NAc-(1→]*n*

[→3)-α-D-Glc*p*-(1→3)-[β-D-Gal*p*-(1→6)]-β-D-Glc*p*-(1→3)-β-D-Gal*f*-(1→]*n*

[→2)-α-L-Rha*p*-(1→2)-α-D-Gal*p*-(1→3)]-α-D-Glc*p*-(1→3)-α-D-Gal*p*-[→3)-β-D-Gal*p*-(1→4)]-α-L-Rha*p*-(1→]*n*.

L. delbrueckii подвида *bulgaricus* (гептасахариды с разветвленной структурой)

[→2)-[β-D-Gal*p*-(1→3)]-α-D-Gal*p*-(1→3)]-β-D-Glc*p*-(1→3)-[β-D-Gal*p*-(1→4)-β-D-Gal*p*-(1→4)]-[α-L-Rha*p*-(1→3)]-α-D-Gal*p*-(1→]*n*,

где Gal*p* — галактопираноза, Gal*f* — галактофураноза, Glc*p* — глюкопираноза, Rha*p* — рамнопираноза и NAc — *N*-ацетил-D-галактозамин.

В некоторых штаммах образование ЭПС иногда нестабильно (например, в *S. thermophilus*) — возможно, из-за присутствия гликогидралазы, способной гидролизовать ЭПС [510].

Описаны также другие структуры ЭПС, продуцируемых молочнокислыми бактериями, наиболее типичными среди которых являются *Lactococcus lactis* подвида *cremoris* [71, 176, 317], *Lactobacillus paracasei* подвида *paracasei* [303, 305–308, 380], *Lactobacillus helveticus* [378], *Lactobacillus sake* [379], *Bifidobacterium longum* [16, 377] и *Lactobacillus rhamnosus* [142]. Однако о метаболическом синтезе ЭПС молочнокислыми бактериями, в том числе о факторах, запускающих механизмы в микробиальных клетках, сведений недостаточно. Некоторые гипотезы или возможные пути синтеза ЭПС описаны в работах [125, 170, 435, 437]. Рядом исследователей запатентованы для получения кисломолочных напитков заквасочные культуры, производящие ЭПС [103, 145, 474].

Как уже отмечалось в главе 2, микроструктура йогурта характеризуется наличием белковой матрицы, включающей цепи и кластеры казеиновых мицелл. Жировые шарики включены в белковую матрицу. Продуцирование ЭПС микроорганизмами заквасок ведет к образованию «паутины» нитей, прикрепляющих микробиальную клетку к белковой матрице йогурта [57, 390, 422, 448] . В работе [422] сообщается, что на прикрепление нитей к бактериальным клеткам и белкам может влиять тип получаемого йогурта. Рис. 7.2 демонстрирует такой эффект (см. также [451]).

Микроструктура перемешанного йогурта, полученного в двух различных лабораториях, несколько различается тем, что прикрепление нитей между микробиальными клетками было не видно, но они образовывали связи между казеиновыми мицеллами белковой матрицы (см. рис. 7.3).

Такие незначительные отличия в микроструктуре йогурта могут быть объяснены механическим отрывом ЭПС от микробиальной клетки [422].

Таким образом, имеются определенные данные по продуцированию ЭПС молочнокислыми бактериями, но требуется дополнительная информация о механизмах, управляющих анаболическими характеристиками. Например, что заставляет культуру закваски начать полимеризацию сахаров вместо разрушения их и использования в качестве источника энергии?

Рис. 7.2. Микроструктура йогурта с нарушенным сгустком, полученного с использованием заквасок, продуцирующих ЭПС (a) и не продуцирующих ЭПС (b)
По [422]. Воспроизведено с разрешения *Milchwissenschaft*.

7.2.6 Образование вкусовых веществ

Образование веществ, обусловливающих аромат йогурта, связано в основном с деятельностью культур заквасок. Эти вещества можно разделить на четыре основные группы:

- нелетучие кислоты (молочная, пировиноградная, щавелевая или янтарная);
- летучие кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая или масляная);
- карбонильные соединения (ацетальдегид, ацетон, ацетоин или диацетил);
- прочие соединения (некоторые аминокислоты и/или их составляющие, образующиеся в результате термической деструкции белка, жира или лактозы).

Общепризнано, что аромат и вкус йогурта обусловлены в основном образованием нелетучих и летучих кислот и карбонильных соединений. Дополнительные сведения по этому вопросу можно почерпнуть в обзорах [7, 85, 134, 280, 282, 294]. Результаты первых исследований вкуса йогурта приведены в работе [341], где сделан вывод о том, что аромат обусловлен присутствием ацетальдегида и других неидентифицированных соединений; наблюдалось также, что содержание ацетальдегида было гораздо больше в смешанных культурах благодаря ассоциативному росту йогуртовых мик-

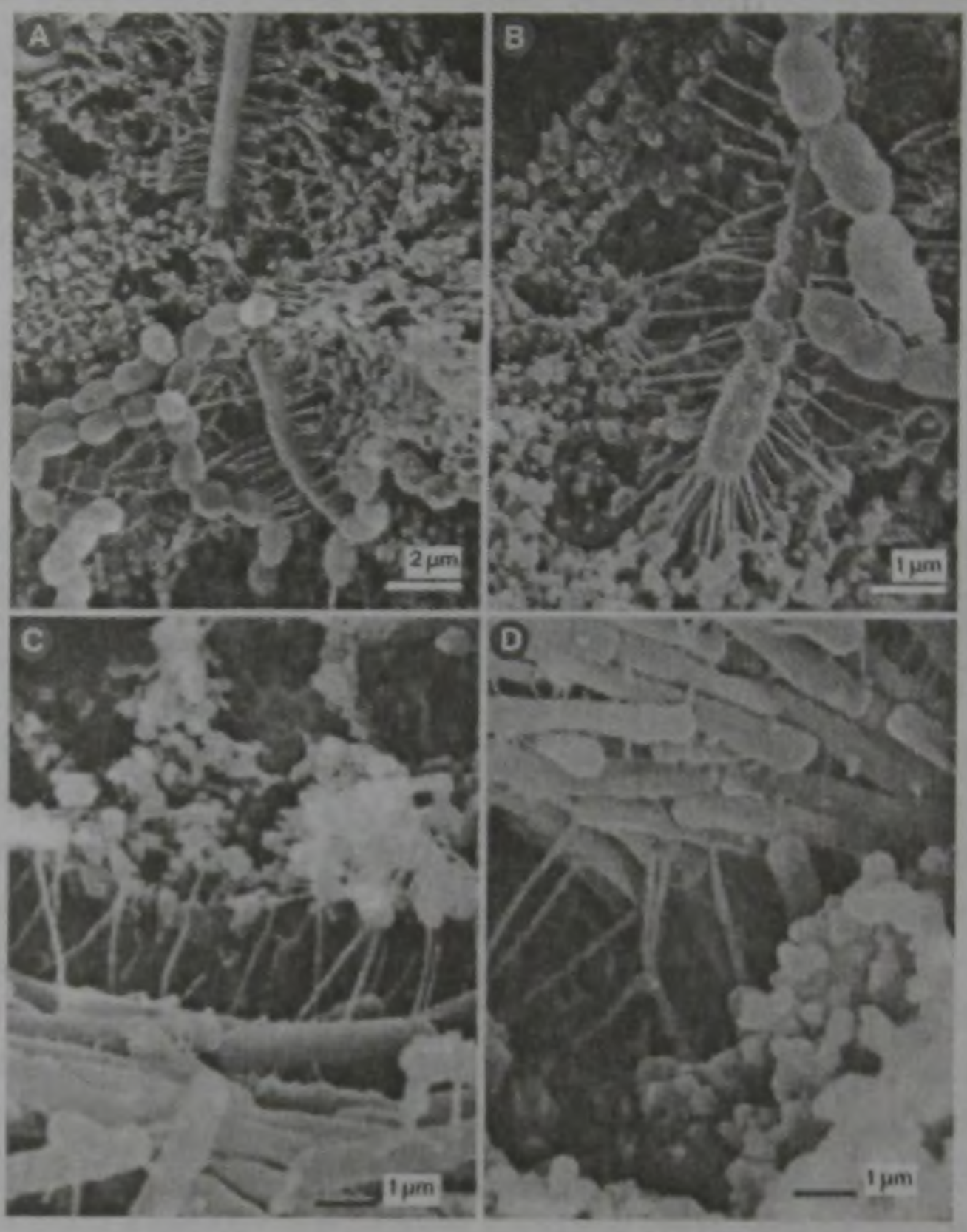


Рис. 7.3. Производство ЭПС микроорганизмами *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в йогурте, изготовленном в различных лабораториях

A и B, Tamime and Kalab (Шотландия и Канада); C и D, Bottazzi (Италия).

роорганизмов, хотя более важную роль играли *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Это наблюдение подтверждено многими исследователями, данные которых приведены в табл. 7.2.

Органолептическая оценка йогурта [341, 394] показала, что высшую оценку комиссии экспертов он получал, когда содержал мало ацетальдегида. В связи с этим было высказано предположение, что в основном типичный вкус и/или аромат йогурта могут определять другие карбонильные соединения. Этот взгляд разделяли и авторы [55], обнаружившие, что отдельно взятые штаммы *S. thermophilus* продуцировали равные количества ацетальдегида и диацетила и что равное соотношение этих соединений (1 : 1) давало желательный аромат йогурта. В другой публикации той же лаборатории [56] указывается, что соотношение ацетальдегида и ацетона 2,8 : 1 давало оптимальный аромат йогурта, причем оба вещества продуцировали отдельные культуры *S. thermophilus*; *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* образовывали небольшое количество ацетона. Те же авторы не наблюдали образования диацетила контрольными микроорганизмами, в то время как в работе [112] сообщается, что от отдельно взятых штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* было получено 13 мкг/л диацетила (самый высокий уровень из имеющихся в литературе данных) (см. также [32, 311]). Продуцирование диацетила и ацетоина отдельными культурами в столь

Таблица 7.2. **Образование карбонильных соединений (мкг/л) культурами йогуртовых заквасок**

Микроорганизм	Ацетальдегид	Ацетон	Ацетоин	Диацетил
S. thermophilus	1,0–13,5	0,2–5,2	1,5–7,0	0,1–13,0
L. delbrueckii подвида *bulgaricus*	1,4–77,5	0,3–3,2	Следы–2,0	0,5–13,0
Смешанная культура	2,0–41,0	1,3–4,0	2,2–5,7	0,4–0,9

По [1, 2, 27, 189, 190, 235, 420, 446, 454, 496, 499].

высоких количествах не соответствует приведенным в литературе уровням этих соединений в йогурте (см. табл. 7.2). Эти расхождения могут быть объяснены различиями между используемыми штаммами лактобактерий, различиями в аналитических методах, применяемых для определения этих карбонильных соединений, и/или вариациями уровня СМО в молоке, видом молока и степенью его тепловой обработки, применяемой при подготовке молочной основы (см. [235, 381, 392, 443, 444, 467, 495]).

Можно утверждать, конечно, что во фруктовых и ароматизированных йогуртах присутствие этих карбонильных соединений не существенно. Вместе с тем высокий уровень ацетальдегида желателен для создания характерного аромата натурального йогурта. В работе [438] сделан вывод о том, что йогурт, содержавший лишь 7 мкг/л ацетальдегида, не имел в достаточной степени выраженного йогуртового аромата. Кроме того, те же авторы обнаружили высокое содержание диацетила в кисломолочных напитках лишь в присутствии *Lactococcus lactis* биотипа *diacetylactis*. Многие авторы подтверждают это (см. по табл. 7.2 уровень образования диацетила смешанными йогуртовыми культурами и в главе 5 — о производстве *дахи*).

В работах [381, 443] приведены результаты органолептической оценки присутствия карбонильных соединений в образцах натурального йогурта, изготовленного с применением различных штаммов микроорганизмов: *CH*-1 (нормальный), *Boll*-3 (вязкий) и *RR* (продуцирующий ЭПС). Первые две культуры были получены из лаборатории Кр. Хансена (*Chr. Hansen's Lab. A/S*), Дания, а третья культура (*RR*) — из *NIZO*, Нидерланды. Экспертная комиссия состояла из представителей Средиземноморья и других районов. Предпочтение было отдано йогурту, полученному с использованием культуры *CH*-1, затем — культуры *Boll*-3. Низшую оценку (особенно среди представителей Средиземноморья) получил йогурт, полученный при использовании культуры *RR*. Содержание ацетальдегида в этих йогуртах иллюстрирует табл. 7.3, из которой видно, что закваска *CH*-1 давала наибольший уровень ацетальдегида, затем шла *Boll*-3, и, наконец, *RR*. Эти результаты, по-видимому, подтверждают тот факт, что характерный аромат и вкус натурального йогурта непосредственно связан с наличием в продукте карбонильных соединений, в основном ацетальдегида.

Содержание ароматических веществ (ароматический профиль) и данные органолептических исследований были сопоставлены для классификации йогуртов, произведенных в Болгарии [42, 180], а также в Австрии [468] с применением различных культур заквасок. В типичных болгарских йогуртах были обнаружены следующие ароматические соединения: ацетальдегид, ацетон, этилацетат, бутанон, диацетил и этанол [180, 242]. В Швейцарии было установлено присутствие в йогурте 91 компо-

Таблица 7.3. **Содержание ацетальдегида в йогурте, полученном с применением различных заквасочных культур**

Культура	Количество ацетальдегида (мкг/г)	Среднее отклонение
CH–1	37,5	±2,3
Boll-3	27,6	±1,3
RR	10,4	±0,3

Использовался колориметрический метод, неспецифичный в отношении ацетальдегида, измеряющий общее содержание кетонных и альдегидных составляющих.

Значения являются средними по 10 пробам, кислотность варьировала в диапазоне pH 4,0–4,1 или 1,1–1,2 г молочной кислоты на 100 г продукта.

По [381, 443].

нента, причем 21 из них оказывал важное влияние на аромат [336; см. также 210, 211, 254, 374].

При производстве йогурта образование ацетальдегида становится заметным только при определенном уровне сквашивания (pH 5,0), достигает максимума при pH 4,2 и стабилизируется при pH 4,0. Обогащение молочной основы сухими веществами молока и определенные виды термообработки молока для йогурта могут значительно увеличить содержание альдегида в йогурте [164]. В продуктах из сквашенного молока коэффициенты распределения карбонильных соединений (ацетальдегида и диацетила) и этанола между воздушной и водной фазами при 50 °C были выше, чем при 30 °C, и возрастали при увеличении концентрации в молочной основе СОМО (12 г/100 г) и жира (20 г/100 г) [255]; коэффициенты распределения находились в следующем соотношении: ацетальдегид > диацетил > этанол. Образование диацетила и ацетоина при сквашивании натурального молока (коров или буйволиц) было интенсивнее, чем при сквашивании восстановленного цельного молока [212]. Сравнительных исследований по формированию вкуса довольно мало; например, в козьем молоке было обнаружено больше летучих кислот, чем в коровьем, а культуры закваски для йогурта образовывали ацетальдегида больше в коровьем молоке, чем в козьем [278, 385]. В работах [495, 497] приведены сведения о содержании (диапазон, в мкг/г) ароматических соединений в йогурте, изготовленном из молока различных видов млекопитающих:

Молоко	Ацетальдегид	Ацетон	Этанол
Коровье	4–26	3–25	19–365
Овечье	7–30	5–30	10–255
Козье	5–19	3–40	25–355
Буйволиц	6–28	5–30	5–195

Примечание. В некоторых образцах были обнаружены следы диацетила.

Продуцирование ацетальдегида чистыми культурами *L. acidophilus* и *S. thermophilus* было максимальным при 42 °С и 37 °С в молоке, которое нагревали в течение 15 мин при 85 °С и в течение 30 мин при 65 °С соответственно, а смешанные культуры демонстрировали большую активность в молоке, обработанном паром в течение 30 мин [408; см. также 420].

Потери ацетальдегида в йогурте после хранения в течение суток зависят от типа применяемого молока, то есть в йогурте, изготовленном из цельного молока или молока с нормальным содержанием жира, наблюдалось небольшое изменение содержания ацетальдегида, а в йогурте из обезжиренного молока его содержание снижалось [500, 501]. Кроме того, количество ацетальдегида в йогурте, полученном из молока различных видов животных, может варьироваться. Так, по данным [165], содержание ацетальдегида после 3 ч сквашивания было наивысшим в йогурте, изготовленном из коровьего молока, затем шло козье и, наконец овечье молоко; по результатам газожидкостной хроматографии, высоты пиков ацетальдегида в этих йогуртах составляли соответственно 400, 23 и 2 мм. Подобные результаты приведены и в работе [4]: 17,1 мкг/л ацетальдегида присутствовало в йогурте, полученном из коровьего молока, и 4,7–5,5 мкг/л — из козьего молока через 3 ч сквашивания. Поведение культур йогуртовых заквасок в указанных видах молока изучено недостаточно, однако одна из причин наблюдаемых отличий в метаболизме может заключаться в том, что овечье и козье молоко содержит вещество, препятствующее образованию предшественника, необходимого микроорганизмам закваски для производства ацетальдегида (см. об этом ниже).

При хранении йогурта карбонильные и ароматические соединения претерпевают следующие изменения:

а) содержание ацетальдегида, этилацетата и диацетила в йогурте из овечьего молока снижается, а содержание ацетона и этанола, обнаруженное в исходном молоке, не изменяется в течение периода ферментации (сквашивания) или при хранении продукта [156, 434];

б) содержание ацетальдегида (мкг/л) снижается в йогуртах, изготовленных из обычного молока (от 14,8 до 13,1), из молока, обогащенного сухим цельным молоком (от 22,8 до 16,5) и из молока, подвергнутого ультрафильтрации (от 25,1 до 20,6) [126];

в) концентрация ацетальдегида снижается в йогуртах, хранившихся в течение 10 дней при 4 °С или 10 °С, а содержание диацетила и этанола возрастает [203].

В работе [219] приведены данные об определении содержания ароматических (вкусовых) веществ в йогурте при хранении путем пропускания газа через свободное пространство над продуктом в таре. Результаты показали рост содержания ацетальдегида в продукте; другие исследователи о подобных наблюдениях не сообщали.

Соединения, которые могут быть связаны (возможно, косвенно) с улучшением вкуса или действовать как предшественники образования основных ароматических соединений в йогурте представлены ниже.

- Летучие жирные кислоты: уксусная, пропионовая, масляная, изовалериановая (β-метилмасляная), капроновая (гексановая), каприловая и каприновая (декановая) кислоты [107, 465].
- Аминокислоты: серин, глутаминовая кислота, пролин, валин, лейцин, изолейцин и тирозин [173, 175].

- Продукты термической деструкции составляющих молока (обработка при 80–90 °С в течение 15–30 мин [477]): а) жира (кетокислоты – ацетон, бутанон, гексанон, оксикислоты – *υ*-валеролактон, δ-капролактон, δ-каприлактон и другие – 2-гептанон, 2-нонанон, 2-ундеканон, пентан); б) лактозы (фурфурол, 5-метилфурфурол, 2-пентилфуран); в) жира и/или лактозы (бензиловый спирт, бензилальдегид, метилбензоат); г) белка (метионин (диметилсульфид), валин (изобутиральдегид) или фенилаланин (фенилацетальдегид) [185]).
- *n*-пентальдегид и 2-гептанон, продуцируемые *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [174, 500, 501].

Как отмечалось выше, образование ацетальдегида и других ароматических соединений микроорганизмами *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в йогурте происходит во время ферментации (сквашивания), и конечное их содержание зависит от присутствия специфических ферментов, способных катализировать образование карбонильных соединений из различных составляющих молока. В работах [260, 261] была детально изучена роль молочнокислых бактерий в формировании вкуса кисломолочных продуктов, полученных с использованием различных микроорганизмов, однако, в настоящее время о механизмах обмена, ведущих к формированию вкусовых и ароматических соединений, известно уже больше [282, 510]. Ниже описаны возможные метаболические пути синтеза ацетальдегида.

7.2.6.1 Путь Эмбдена–Мейергофа–Парнаса

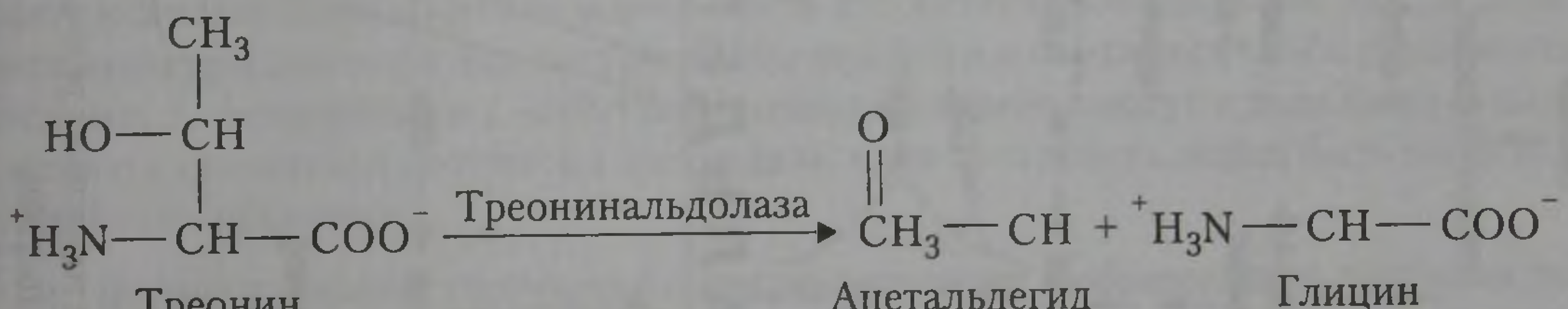
Этот путь приводит к накоплению пирувата (см. рис. 7.1), из которого под действием α-карбоксилазы образуется ацетальдегид (см. также [220, 256, 397]). Другой возможный вариант, по которому действие пируватдегидрогеназы на пируват приводит к образованию ацетил-КоА, который может быть катализирован/восстановлен альдегиддегидрогеназой с образованием ацетальдегида (см. также [256–259]). В работах [260, 261] эти же авторы сообщали о деятельности альдегиддегидрогеназы в четырех штаммах *S. thermophilus* и в четырех штаммах *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, причем только два штамма стрептококков проявляли активность алкогольдегидрогеназы, в то время как дезокисирибоальдолаза была обнаружена в одном штамме *S. thermophilus*. В работе [369] изучались по два штамма каждого вида йогуртовых микроорганизмов, и было обнаружено отсутствие активности альдегиддегидрогеназы, фосфокетолазы или алкогольдегидрогеназы и лишь слабая активность пируватдекарбоксилазы. Подобные результаты были получены также в работе [277] из той же исследовательской лаборатории, и никакой активности деокисирибоальдолазы или α-карбоксилазы обнаружено не было. Поэтому на основании этих результатов трудно предположить, что ацетальдегид образуется из пирувата, так как этот метаболический путь редко реализуется в *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. В некоторых штаммах, однако, были обнаружены ацетаткиназа и фосфотранацетилаза [369], а альдегидгидрогеназа была обнаружена только в *S. thermophilus* [276, 277]. На основании этих результатов трудно предположить, что ацетальдегид может быть образован по гексозомонофосфатному шунту.

Алкогольдегидрогеназа *L. acidophilus* способна восстанавливать ацетальдегид, поэтому в молоке, ферментированном этой культурой, обнаруживается лишь слабый йогуртовый вкус [281]. Диацетил производится *Lactobacillus paracasei* биотипа *shirota* из цитрата [280] — возможно, по тому же пути, по которому идет метаболизм цитрата в видах *Lactococcus* и *Leuconostoc*; этот микроорганизм *Lactobacillus* широко используется для получения *якулта* (японского кисломолочного продукта).

В работе [37] сообщается, что *L. acidophilus* использует пируват в качестве источника углерода в среде глюкозы и образует диацетил; выделение диацетила выше в среде пирувата при 45 °C. При всех температурах производится больше ацетоина, чем диацетила, особенно при 37 и 45 °C.

7.2.6.2 Треонинальдолаза

Треонинальдолаза катализирует разложение треонина до ацетальдегида и глицина, причем и *S. thermophilus*, и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* обладают этим ферментом. Треонинальдолаза более активна в лактобациллах, чем в стрептококках [257–259]. В соответствии с [260] взаимопревращение треонина в ацетальдегид и глицин происходит следующим образом:



Активность треонинальдолазы была обнаружена в двух штаммах *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, но ее не оказалось в двух штаммах *S. thermophilus*, исследованных в работах [369, 370]. Другие исследователи обнаружили активность треонинальдолазы в обоих йогуртовых микроорганизмах [279, 388, 486, 487]. Активность треонинальдолазы стрептококков уменьшается с ростом температуры от 30 до 42 °C, но остается той же у лактобацилл; поскольку йогурт изготавливается примерно при 40–45 °C; так что весьма вероятно, что ацетальдегид продуцируется *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [510]. На активность треонинальдолазы влияет содержание глицина, солей и некоторых двухвалентных катионов, таких как Cu^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+} и Co^{2+} [276, 279, 369, 370, 392, 393, 486].

Увеличивать содержание ацетальдегида в питательной среде, заквашенной только *S. thermophilus*, может и другая аминокислота — метионин [401]. Было обнаружено, что при обогащении среды культивирования 100–400 мкг/мл метионина содержание ацетальдегида через 20 ч сквашивания выросло от 1 мкг/л в контрольном образце до 10 и 14 мкг/л, соответственно, в опытных образцах (см. также [382, 461]). Другой возможный путь накопления ацетальдегида — разложение треонина до глицина, — описан в работе [388]. Формирование вкуса в мутантных штаммах лактобактерий описано в работе [34]. В работе [132] описано образование глутатиона и тиольной группы в штаммах *S. thermophilus* и *L. helveticus*.

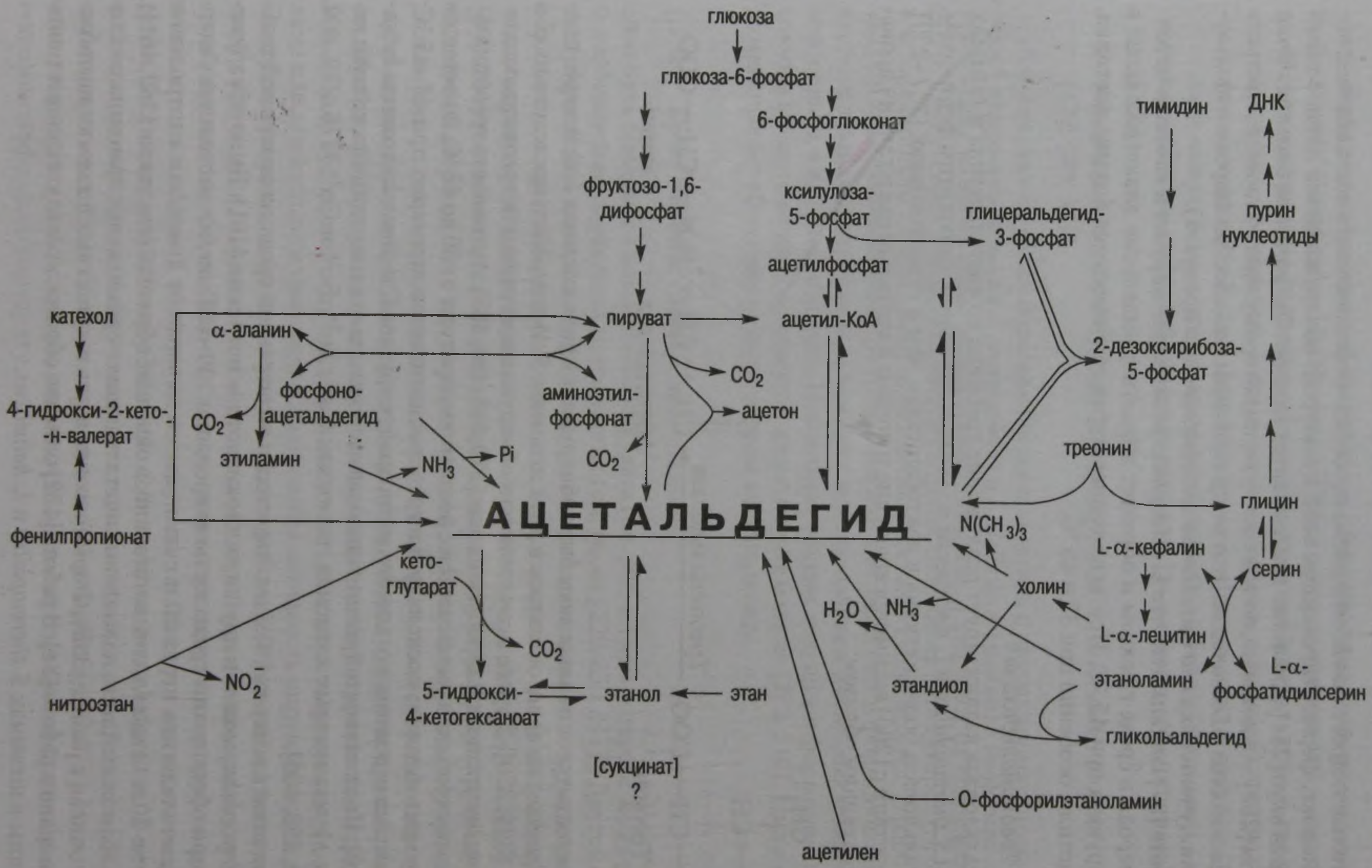


Рис. 7.4. Схематическое изображение известных реакций с участием ацетальдегида

По [260].

Воспроизведено с разрешения *Journal of Dairy Science*.

7.2.6.3 ДНК-компоненты

В ходе исследования [259, 260] в одном из четырех штаммов *S. thermophilus* была выявлена активность дезоксирибоальдолазы, но этот фермент не был активен в *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. также [369, 370]). Этот фермент наряду с тимидинфосфорилазой и дезоксирибомутазой разлагает ДНК до 2-дезоксирибозо-5-фосфата, который далее разлагается до ацетальдегида и глицеринового альдегида.

Таким образом, можно наблюдать, что образование ацетальдегида микроорганизмами *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* может включать ряд различных метаболических путей. На рис. 7.4 представлены возможные пути, по которым может идти образование ацетальдегида из углеводов, белков и/или нуклеиновых кислот.

7.3 Метаболизм белков

Протеолиз в сыроделии — это важный фактор при выборе штаммов бактерий для заквасок, однако в производстве кисломолочных напитков протеолитическая активность используемых штаммов может иметь второстепенное значение. Тем не менее, хотя культуры закваски для йогуртов и биопродуктов считаются слабо протеолитическими, *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* могут в ходе ферментации вызывать значительную степень протеолиза, и эта активность может быть важной по следующим причинам:

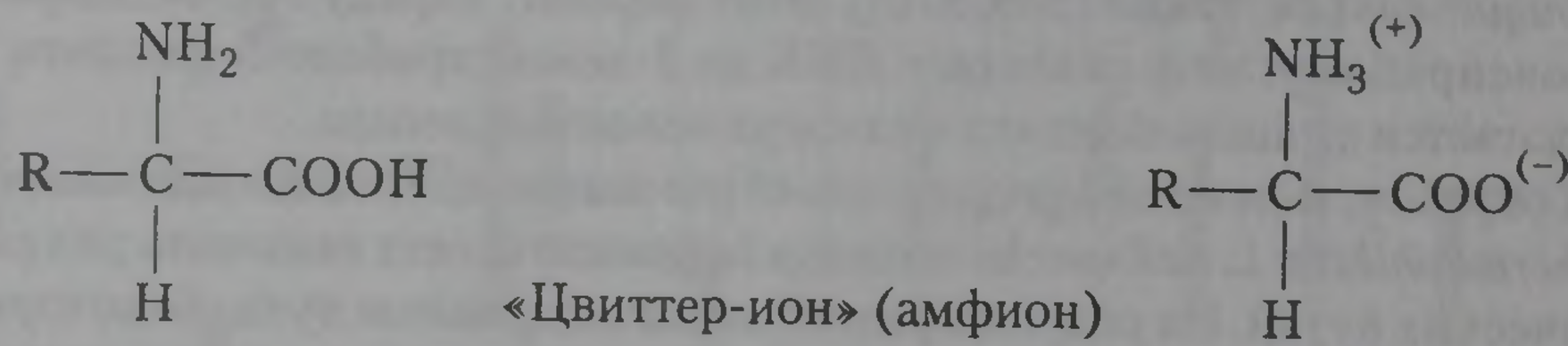
- ферментативный гидролиз белков молока ведет к образованию пептидов различных размеров и свободных аминокислот, что может влиять на формирование геля и механическую структуру йогурта;
- наличие свободных аминокислот в молоке необходимо для роста *S. thermophilus* (см. главу 6);
- аминокислоты и пептиды могут, не внося непосредственного вклада во вкус йогурта, выступать в роли предшественников множества реакций, в которых образуются вкусовые вещества (см. [173, 477]);
- высвобождение так называемых функциональных пептидов влияет на питательные свойства продукта [460].

Спектр продуктов, высвобождаемых при протеолизе, зависит от двух основных факторов: во-первых, от фракционного состава белков молока и во-вторых, от видов протеолитических ферментов, выделяемых микроорганизмами йогурта и биопродуктов.

7.3.1 Строение молекулы белка молока

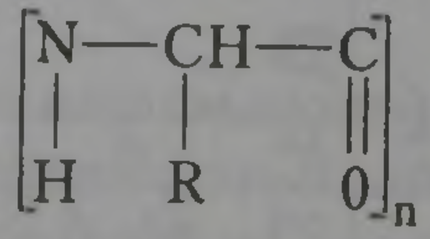
Белковый компонент молока состоит из казеина и сывороточных белков и, так как молекула белка очень сложна, здесь мы лишь кратко опишем ее структуру и покажем возможные места гидролиза.

Основные составляющие молекулы белка — это аминокислоты. В белках молока обнаружена 21 аминокислота. Базовую структуру аминокислот можно представить следующим образом:



Каждая аминокислота может состоять из одной или нескольких аминогрупп (NH_3^+) и одной или нескольких карбоксильных групп (COO^-). Все аминокислоты проявляют асимметрию α-атома углерода — там, где аминогруппа находится рядом с карбоксильной группой, за исключением глицина, где R = H. Номенклатура аминокислот подобна номенклатуре углеводов, т. е. D и L указывают их конфигурацию относительно α-атома углерода. Некоторые аминокислоты являются циклическими (например, пролин, который называют иминодиацетовой кислотой, но их структура подобна α-аминокислотам.

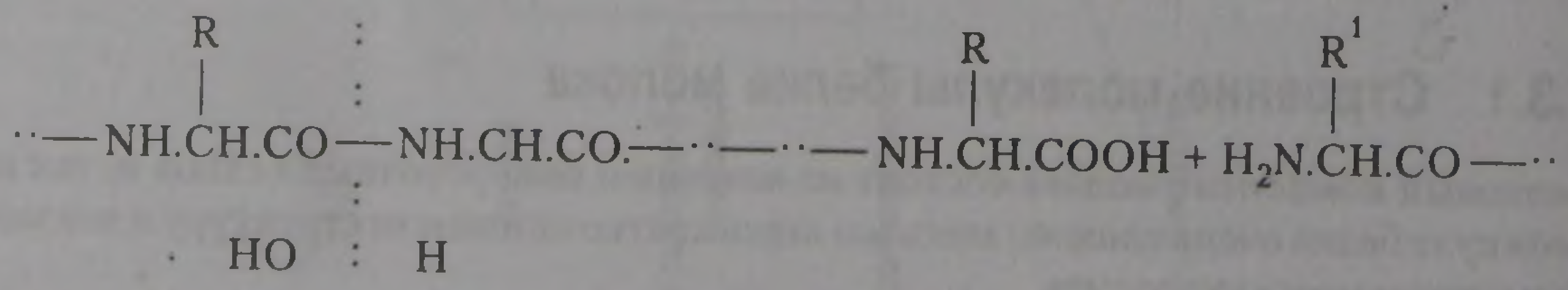
Эти аминокислоты являются базовыми блоками белковой молекулы, и полипептидные цепи представляют собой последовательности аминокислотных остатков (см. [481]); структура такой цепи приведена ниже:



Наращивание полипептидной цепи приводит к потере аминокислотами воды; связи между соседними блоками называются пептидными связями (например, NH.CO—). Эти полипептидные цепи соединяются благодаря наличию различных сил (например, водородных, ковалентных и нековалентных связей), и это агрегирование ведет к формированию молекулы белка.

7.3.2 Протеолитические ферменты

Эти ферменты (энзимы), как предполагает их название, специфичны по своему действию, и их основной функцией является катализ гидролитического расщепления пептидных связей, которые образуют основу молекулы белка. Действие протеолитических ферментов на пептидную связь может быть представлено следующим образом:



Ферменты, действующие на пептидные связи, известны как пептидные гидролазы, и к настоящему времени идентифицировано довольно много таких ферментов. В прошлом наименование, даваемое ферменту, происходило от используемого субстрата, но этот подход породил такую путаницу в энзимологии, что для выработки универсальной классификации, применимой для ферментов и коферментов, был организован отдельный комитет Международного союза по биохимии и молекулярной биологии (*Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*). В сообщении этого комитета [18] дается следующая схема классификации и нумерации ферментов:

- первое число после сокращения «*EC*» (классификация фермента, *enzyme classification*) указывает, к какому из шести основных классов принадлежит данный фермент;
- второе число указывает подкласс;
- третье число дает подподкласс;
- четвертое число — это порядковый номер фермента в его подподклассе.

Согласно [18], недопустимо применение термина *пептидазы* в качестве синонима термина *пептидные гидролазы* для всей группы ферментов, которые гидролизуют пептидные связи. Это отход от сведения термина *пептидазы* к ферментам, включенным в подподклассы экзопептидаз, а термин *протеиназа* был заменен термином эндопептидаза; таким образом, для сохранения четкости подподклассы пептидаз именуются как

- экзопептидазы (*EC* 3.4.11–19) и
- эндопептидазы (*EC* V4.21–24 и *EC* 3.4.99),

а их общая классификация и характеристики приведены в табл. 7.4.

Возможно, эта система будет со временем принята многими, поэтому в данном тексте в соответствии с новой схемой используются термины *эндопептидазы* и *экзопептидазы*. Таким образом, гидролиз белка для получения аминокислот может включать две основные стадии:

$$\text{Белок} \xrightarrow[\text{Эндопептидазы}]{\text{1 стадия}} \text{Полипептиды} \xrightarrow[\text{Экзопептидазы}]{\text{2 стадия}} \text{Аминокислоты}$$

7.3.3 Протеолиз под действием микроорганизмов йогурта и биопродуктов

Данные по протеолитической активности *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, собранные в [446], показывают, что эти микроорганизмы обладают различными экзопептидазами и пептидазами. С 1980 года протеолитические системы молочнокислых бактерий тщательно изучали, используя генетические, биохимические и ультраструктурные методы. Описание свойств, структуры и клеточной локализации таких ферментов молочнокислых бактерий приводится в обзорах [231, 241, 246, 252, 349, 453, 476, 510]. В работе [43] описан широкий диапазон ферментной активности *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, выделенных из коммерческих йогуртов и

Таблица 7.4. **Номенклатура (ферментная) пептидаз**

Фермент	Классификация и общая характеристика
Экзопептидазы EC 3.4.11-19 Эти ферменты действуют только на концевых участках полипептидных цепей	Аминопептидазы EC 3.4.11.1-18 *EC 3.4.11.8*[a] теперь 3.4.19.3 и *EC 3.4.11.11*[a] исключенная позиция; эти ферменты действуют на свободный N-конец, выделяя единичный аминокислотный остаток Пептидаза EC 3.4.13.1-20 Шесть позиций перенесено в другие EC номера, а две позиции[a] исключены: эти ферменты избирательно катализируют дипептиды Дипептидил-пептидазы и трипептидил-пептидазы EC 3.4.14.1-10 *EC 3.4.14.3*[a] сейчас 3.4.19.1, *EC 3.4.14.7*[a] удаленная позиция и *EC 3.3.14.8*[a] сейчас 3.4.14.9 & 10: эти ферменты действуют на свободные N-концы, высвобождая ди- или трипептид Пептидил-дипептидазы EC 3.4.15.1-4 *EC 3.4.15.2*[a] сейчас 3.4.19.2 и *EC 3.4.15.3*[a] сейчас 3.4.15.1: эти ферменты действуют на свободные C-окончания, выделяя дипептид Карбоксипептидазы типа бета-гидроксилаланина (серина) EC 3.4.16.1-4 *EC 3.4.16.3*[a] сейчас 3.4.16.1; эти ферменты действуют на свободные C-окончания, выделяя одиночный остаток Металлокарбоксипептидазы EC 3.4.17.1-17 *EC 3.4.17.5*[a] удаленная позиция; *EC 3.4.17.7*[a] сейчас 3.4.19.10 и *EC 3.4.17.9*[a] сейчас 3.4.17.4: эти ферменты для своей работы требуют двухвалентные катионы Карбоксипептидазы типа цистеина EC 3.4.18.1 Эти ферменты действуют на свободные C-окончания, выделяя единичный остаток, и требуют для своей деятельности воздействия тиола Омега пептидазы EC 3.4.19.1-10 *EC 3.4.19.4*[a] удаленная позиция; эти ферменты удаляют остатки, которые замещены, циклизованы или связаны изопептидными связями, т.е. не α-карбоксила или α-аминогрупп
Эндопептидазы EC 3.4.21-24 & 3.4.99 Эти ферменты классифицируются на основе каталитического механизма и специфичности	Сериновые эндопептидазы EC 3.4.21.1-74 Десять позиций перенесены на другие EC-номера, а одиннадцать позиций удалены[a]: эти ферменты с серином в качестве активного центра участвуют в каталитическом процессе Цистеиновые эндопептидазы EC 3.4.22.1-35 Десять позиций перенесено на другие EC-номера, а две позиции удалены[a]: эти энзимы имеют в центре цистеин Аспаргиновые эндопептидазы EC 3.4.23.1-34 Пять позиций перенесены на другие EC номера, а три позиции удалены[a]; эти ферменты для своей каталитической активности требуют остатка аспаргиновой кислоты Металлоэндопептидазы EC 3.4.24.1-54 Две позици перенесены на другие EC-номера, а четыре записи удалены[a]: эти ферменты используют ион металла (например, Zn^{2+}) в каталитическом механизме Эндопептидазы с неизвестным каталитическим механизмом EC 3.4.99.35-46 В этом разделе произошли большие изменения (см. [18])

[a] Отмечены изменения, произошедшие с момента последнего издания *Enzyme Nomenclature*.
По [18].

итальянских сыров. По мнению авторов, *S. thermophilus* продемонстрировали большую экзопептидазную активность, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, и ограниченную эндопептидазную активность. Способность *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* гидролизовать казеин подтверждает, что у лактобацилл эндопептидазная активность значительно выше. Такая картина дает дополнительное подтверждение отношений ассоциативного роста, существующих между *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Таким образом, благодаря эндопептидазной активности *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* происходит гидролиз казеина с образованием полипептидов, которые, в свою очередь, разрушаются экзопептидазами *S. thermophilus* с выделением аминокислот.

Эндопептидазы, выделенные из *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и биокультур, способные гидролизовать казеиновые фракции, приведены в табл. 7.5 (см. также [347].

Картина катаболизма казеина микроорганизмами йогурта, который в основном приписывают активности эндопептидазы, может меняться. Ограниченность имеющихся данных по гидролизу казеина затрудняет их обобщение, но увеличение протеолитической активности мутантных штаммов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. табл. 7.5) после воздействия γ-облучения, рентгеновского облучения, УФ-облучения или воз-

Таблица 7.5. **Протеолиз отдельных фракций казеинов ферментами различных заквасочных культур**

Микроорганизм	Последовательность гидролиза	Литература
S. thermophilus	β- > α-казеин	[406]
	β- и κ-, но не α_{s1}-казеин	[98]
	κ- > α_s- и β-казеин	[417]
	κ- и α_s- > β-казеин	[188]
L. delbrueckii подвида *bulgaricus*	α_s- > κ-, но не β-казеин	[325–327]
	β- > α_s-казеин	[114]
	κ- > α_s- и β-казеин	[80]
	κ- и α_s-, но не β-казеин	[81]
	β- > α_s- и κ-казеин (полностью)	[413, 414, 416]
	α_s- > β- и κ-казеин (очищенный)	
	α_s- и κ- > β-казеин	
	β- > α_s- > полностью > κ-казеин	[402]
	β- > α_s- > κ-казеин	[20, 74]
	κ- > α_s- и β-казеин	[417]
	κ- и α_s- > β-казеин	[188]
	β- > α_s- и κ-казеин	[297–299]
	α_s- > κ- и β-казеин	[300, 301]
	α_s- и β-казеин	[3, 160, 248]
L. acidophilus	κ- > α_s- и β-казеин	[417]
	α_s- и β-, но не κ-казеин	[187]
L. helveticus	κ- и α_s- > β-казеин	[188]
	α_s- и β- но не κ-казеин	[284, 493, 494,506]
L. paracasei подвида *paracasei*	β-казеин	[240, 315]

действия химическими мутагенами указывает на то, что различия между обычными штаммами может вести к наблюдаемым вариациям в гидролизе казеина (см. также [100, 101, 244, 409–412, 415, 418]). Хотя мутантные штаммы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* с увеличенной протеолитической активностью специально для производства йогурта не отбирались, эта активность желательна на ранних стадиях созревания некоторых видов сыра (типа швейцарского).

В работе [248] сообщается, что эндопептидаза, присутствующая в экстракте стенок клетки *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, активно воздействует на казеины (см. табл. 7.5), демонстрирует те же свойства относительно гидролиза, что и целые клетки, сильно активизируется дитиотреитолом и частично подавляется *E*-64 (специфическим ингибитором цистеиновой эндопептидазы); очищенный фермент не может гидролизовать ди- или трипептиды. В работе [323] для оценки протеолитической активности 35 штаммов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* использовался аминокислотный анализ и *o*-фталдиальдегидный тест. Аминокислотные профили позволили применить кластерный анализ для дифференцирования штаммов, что оказалось невозможно сделать по результатам второго теста. Кроме того, казеинолитическая активность эндопептидазы из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* характеризовалась следующим: фермент был цинкозависимыми, разрушал неповрежденные казеины, оказывая значимое предпочтение в-казеинам, казеинолитическая активность возрастала при снижении pH (<5,0) , что позволяет предположить, что этот фермент может участвовать в последующих стадиях периода ферментации [432; см. также 433].

Металлоэндопептидазная активность в *S. thermophilus* отмечена рядом авторов [95–97, 99, 117, 118, 354, 389, 402]. Позднее в работе [400] сообщалось, что активность эндопептидазы двух молочных штаммов *S. thermophilus*, *CNRZ* 385 и 703, была связана со стенками клеток и не проявлялась в отсутствии $CaCl_2$, как и в случае с *Lactococcus lactis* подвида *lactis*. Высокая скорость кислотонакопления под действием этих двух штаммов была связана с десяти- и семикратным увеличением активности эндопептидазы по сравнению с другими штаммами *S. thermophilus*; однако уровень образования кислоты эндопетидаза-отрицательными мутантами не превышал средний.

Биохимические характеристики ассоциированной со стенками клеток эндопептидазы в *L. paracasei* подвида *paracasei*, *L. helveticus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* были описаны в работах [120, 121, 129, 130, 248, 284]. Протеолитическая активность некоторых видов этих бактерий связана с хромосомами [122], и ген, кодирующий эндопептидазу поверхности клеток из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, был секвенирован [159]; в большинстве штаммов плазмиды не были обнаружены. Кроме того, сравнение последовательностей ДНК эндопептидаз клеточной поверхности *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и лактококков продемонстрировало малую генетическую гомологию [159]. Эндопептидаза, выделенная из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, представляла собой мономер ~70 кДа, и подавлялась ЭДТА и сериновыми ферментами [51]. Нагревание клеток микроорганизмов в течение 15,5–16 с при 67–68 °C снижает активность эндопептидазы, но активность аминопептидазы при этом сохраняется [268]. Эндопептидазы из *L. paracasei* подвида *paracasei* и *S. thermophilus* демонстрировали наибольшую активность в фосфатном буфере с последующим трис-HCl, а во фталатном буфере — очень низкую активность, в то время как подобные ферменты из *L. acidophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* имели наибольшую активность в трис-HCl и наимень-

шую — в цитратном буфере [8, 9]. Однако при сравнении казеинолитической активности эндопептидаз поверхности клеток *L. paracasei* подвида *paracasei*, *Lactobacillus delbrueckii* подвида *lactis* and *L. helveticus* установлено, что характеристики этих эндопептидаз первых двух микроорганизмов были подобны, а *L. helveticus* показал наличие двух эндопептидаз с различной специфичностью расщепления [160].

Протеолитическая система штаммов *L. paracasei* подвида *paracasei* исследовалась в работах [198, 240, 315], и в хромосомах были определены подобные гены *PrtP* и *PrtM*; при секвенировании ген *PrtP* оказался подобным гену *PrtP* лактококков.

После гидролиза, например, казеина в молоке, полученные пептиды должны быть гидролизованы далее экзопептидазами, присутствующими в микроорганизмах йогурта и биопродуктов. До 1970-х гг. многие авторы отмечали активность экзопетидаз *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. обзор [446]). Общие характеристики экзопептидаз молочнокислых бактерий приведены ниже.

7.3.3.1 Аминопептидаза N (PepN)

Во всех изученных микроорганизмах (см. табл. 7.6) этот фермент имеет молекулярный вес ~95 кДа, является мономерной металлопептидазой и в большинстве (если не во всех) случаев расположен в межклеточном пространстве.

Аминопептидаза (*PepN*), выделенная из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [49], полностью подавлялась 0,1 мМ ЭДТА. Активность фермента увеличивали введением 1 мМ Mn^{2+} и 0,1 мМ Hg^{2+}; подходящими субстратами для оценки активности фермента оказались L-Лиз-Na и L-Ала-L-Арг-NA. Подобный фермент из *L. helveticus* имел основную последовательность *PepN*, идентичную ферментам *L. delbrueckii* подвида *lactis* и *Lac. lactis* подвида *cremoris* [84, 246]. *PepN* способен к расщеплению *N*-концевых аминокислот, причем фермент из *L. paracasei* подвида *paracasei* способен только гидролизовать трипептиды, содержащие пролин в первой или второй позициях [23, 24; см. также [25].

N-аминопептидазы *L. acidophilus* и других лактобацилл описаны в работах [29, 116, 127, 129, 195, 196, 224, 271]. N-аминопептидаза из *S. thermophilus* подавлялась $CuCl_2$, $ZnCl_2$ и ЭДТА; этот фермент продемонстрировал активность по отношению к *p*-нитроанилидным производным или ди- и трипептидам [383, 384]; последовательность генов этого фермента показала значительную гомологию с последовательностью для *PepN*, выделенного из *Lac. laciis* подвида *cremoris*. Подобный фермент рассмотрен в работе [463]; он мог разрушать субстраты путем гидролиза N-концевых аминокислот, проявлял очень низкую эндопептидазную активность и отсутствие карбоксипептидазной активности (см. также [214, 215, 463, 464]).

*7.3.3.2 Аминопептидаза C (*PepC*)*

Этот фермент подобен *PepN* и способен отщеплять широкий диапазон N-концевых остатков пептидов; является тиольной пептидазой, молекулярный вес ~50 кДа. По [252] аминная последовательность PepC показала значительную гомологию с активными областями цистеиновых эндопептидаз, включая папаин и гидролазу беломицина млекопитающих. В работах [489–491] аминопептидаза из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* была охарактеризована как подобная *PepC* лактококков; восстанавливающие аген-

Таблица 7.6. **Некоторые характеристики экзопептидаз заквасочных культур**

Фермент	Микроорганизм	Тип фермента[а]	Мол. вес[б] (кДа)	Оптимальная активность pH	Литература
Аминопептидаза N (PepN)	*L.delbrueckii* подвида *bulgaricus* B 14	M	95	7,0	[49]
	L. paracasei подвида *paracasei* LGG	M	87	7,0	[24]
	L. helveticus CNRZ 32	НС	97	6,5	[84, 221, 222, 472]
	LHE511	M	92	7,0	[293]
	ITGL 1	M	97	6,5	[44]
	S. thermophilus ACA-DC 114	НС	89	6,5	[462]
	CNRZ 302	M	97	7,0	[383, 384]
	NCDO 537	НС	96	НС	[288]
Аминопептидаза C (PepC)	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* B 14	T	54	7,0	[490]
	L. helveticus CNRZ 32	T	50	НС	[134, 475]
Аминопентидаза X[в] (PepX)	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* B 14	C	95	6,5	[48]
	CNRZ397	C	82	7,0	[30]
	LBU47	C	90	6,5	[292]
	L. paracasei подвида *paracasei* LLG	C	79	8,0	[182]
	L. helveticus CNRZ 32	C	95[с]	7,0	[222, 246]
	L. acidophilus	C	95	6,5	[48]
	S. thermophilus	C	165	> 6,5	[287]
Пролиназа (PepR)	*L. helveticus* CNRZ 32	НС	35	7,5	[246]
Пролиназа иминопептидаза	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* CNRZ 397	C	3	6,5	[31, 158]
Дипептидаза (PepV)	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* B 14	M	51	7,5	[489]
	L. helveiicus SBT 217 & CNRZ 32	M	50	НС	[246, 449]
(PepD)	53/7 & CNRZ 32	T	54	6,0	[246]

Примечания: [а]M – металлопептидаза; T – тиолпептидаза; C – серин-протеаза. [б] – молекулярный вес. [в] – см. текст. НС – не сообщается.

ты (такие, как дитиотреитол и β-меркаптоэтанол) увеличивали активность фермента, а хелатирующие агенты оказывали подавляющее действие. Специфичность относительно отдельных областей у таких ферментов ограничена дипептидами, содержащими N-конечные гидрофобные аминокислоты (такие, как Лей-Лей и Лей-Гли) (см. также табл. 7.6).

*7.3.3.3 X-пролил-дипептид-ламинопептидаза (*PepX*)*

Выделение дипептидов из олигопептидов может быть осуществлено *PepX* даже тогда, когда пролин находится в предпоследнем положении. Кроме того, *PepX* способен выделять N-конечные пролил-пролин дипептиды из олигопептидов (см. [246, 252, 310]). Название этого фермента было сокращено до аминопептидазы X; он выделен в чистом виде из многих молочнокислых бактерий (см. табл. 7.6).

PepX, изолированные из штаммов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. acidophilus*, имели вес ~90 кДа, представляли собой серин-протеазы и сильно подавлялись диизопропил-монофторфосфатом (1 мМ) и двухвалентными ионами металлов (1 мМ Cu^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+} или Hg^{2+}) [48, 292]. В мутантных штаммах фермент *PepX* полностью отсутствовал, и это отсутствие вело к уменьшению скорости роста, увеличению активности эндопептидазы в стенках клеток и потере трех белков стенок клеток [30].

Молекулярный вес *PepX*, изолированных из *L. helveticus*, составлял 72–95 кДа, и этот разброс, возможно, связан с различием штаммов или с методом расчета молекулярной массы (например, производная аминокислотная последовательность клонированного гена, генная фильтрация или электрофорез в полиакриламидном геле (*SDS-PAGE*); см. также [19, 155]). Такой же фермент был обнаружен в *L. delbrueckii* подвида *lactis* и *S. thermophilus* [287], причем молекулярная масса для обоих видов составляла 165 кДа. При pH ниже 5,0 изоляты обеих *PepX* были нестабильны, и их реакции на различные субстраты, включая металлы, комплексоны и другие ингибиторы варьировали в зависимости от вида микроорганизма.

7.3.3.4 Другие экзо- и эндопептидазы

Выделена и описана трипептидаза *B*14 с весом 85 кДа из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Этот фермент состоит из трех субъединиц и зависящего от металла фермента с оптимальными температурой 40 °C и pH 6,0 [50, 52]. Характеристики гена пролидазы *PepO* и соответствующего криптического гена *OrfZ* из *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* описаны в работе [356]; свойства ферментов, таких как пролиназы *PepR* (см. также [473]), пролиновой иминопептидазы и дипептидаз *PepV* и *PepD*), обнаруженных в лактобациллах, приведены в табл. 7.6 (см. также [183, 184, 229]).

Данных по протеолитической активности биокультур мало. Можно утверждать, однако, что подобная микрофлора при производстве кисломолочных продуктов не развивается сколько-нибудь значительно, и поэтому протеолитическая активность биозаквасок имеет второстепенное значение. Вместе с тем в работе [163] сообщается, что в цельном молоке, заквашенном *B. bifidum* или *L. acidophilus*, возрастает содержание растворимых азотистых соединений и свободных аминокислот, и высказано предположение о наличии в этих микроорганизмах протеолитических ферментов. Это подтверждает и работа [5], где наблюдалось, что в заквашенном верблюжьем молоке некоторые штаммы бифидобактерий демонстрируют более высокую протеолитиче-

скую активность, чем в коровьем. Протеолитическая активность *Bifidobacterium longum, infantis* и *adolescentis* объясняется наличием в каждом штамме одной аминопептидазы и двух дипептидаз [94, 123]; свойства аминопептидазы и пролиновой иминопептидазы *Bifidobacterium breve* изучались в работах [82, 83]. Протеолитическая активность йогуртовых микроорганизмов максимальна при следующих условиях:

- наибольшая активность в лог-фазе;
- скорость протеолиза снижается при хранении или после достижения стационарной фазы;
- соотношение *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в культуре заквас-ки в период хранения может влиять на уровень аминокислот в йогурте; например, при соотношении 1 : 1 через 1 день высвобождается 70 мг/100 г , затем 50 мг/100 г — через два дня и 41 мг/100 г — через 5 дней. Однако кислотность этих йогуртов была весьма высока — 1,9 г/100 г молочной кислоты для соотношения 1 : 1; возможно, высокий уровень высвободившихся аминокислот в продукте был связан с протеолитической активностью *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, которая в такой кислой среде становится преобладающим микроорганизмом (см. об этом ниже);
- в йогурте (через 24 ч) спектр аминокислот меняется в зависимости от соотношения кокки : палочки (при соотношении 1 : 1 тирозин, фениланин и лейцин составляли 56% пула аминокислот, а при соотношении 3 : 1 пролин составлял 71% свободных аминокислот);
- гидролиз сывороточных белков в молоке дает более низкие уровни небелкового азота при уменьшении отношения *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* к *S. thermophilus*;
- свободные жирные кислоты, например, каприновая и (в меньшей степени) олеиновая кислоты могут снижать протеолитическую активность культур закваски и влиять на структуру сгустка;
- повышенная протеолитическая активность в йогурте наблюдается при производстве йогурта с гидролизованной лактозой, возможно из-за остатков протеазы присутствующих в препаратах β-*D*-галактозидазы [192];
- в молоке, содержащем психротрофные бактерии до производства йогурта, наблюдалась повышенная протеолитическая активность; однако при этом в продукте появлялся посторонний привкус (см. главу 2);
- горький вкус йогурта обычно объясняют образованием горьких пептидов в результате протеолитической активности *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, однако при сквашивании молока при 44 °С вероятность появления горького привкуса в йогурте ниже, чем в случае сквашивания молока при 38 °С.

7.3.4 Продукты протеолиза

Содержание азотистых соединений в йогурте по сравнению с молоком меняется вследствие протеолитической активности *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при сквашивании и (в меньшей степени) при холодильном хранении продукта. В основном изменение заключается в увеличении уровня растворимых азотистых соеди-

нений, в том числе за счет высвобождения аминокислот и выделения пептидов из белков молока.

7.3.4.1 Растворимые азотистые соединения

Результаты наиболее полных исследований в этой области представлены в работах [289, 290] (см. табл. 7.7).

Эти данные подтверждают, что разные штаммы йогуртовых микроорганизмов различаются по своей протеолитической активности и, более того, что количества диализуемого азота, выделяемого *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *S. thermophilus* (490 и 302 мг/л соответственно), соответствуют представлению о том, что первый микроорганизм обладает более выраженной протеолитической активностью, чем *S. thermophilus*. Та же тенденция может наблюдаться в отношении количеств азота аминокислот, азота мочевины и азота пептидов (см. табл. 7.7), но особое свойство *S. thermophilus* увеличивать уровень аммиачного азота в кисломолочных напитках обусловлено способностью лактококков расщеплять мочевину.

7.3.4.2 Образование свободных аминокислот

Спектр свободных аминокислот в молоке и йогурте (табл. 7.8) зависит от нескольких факторов.

- Тип молока: молоко разных видов животных (коровье, овечье и козье) имеет различные содержания аминокислот: <10; 3,78 и 20,6 мг/100 мл соответственно, и, кроме того, козье молоко содержит по сравнению с другими гораздо больше аланина, глицина, глутаминовой кислоты, серина и треонина.
- Параметры технологического процесса: несколько более высокие уровни аминокислот были обнаружены, когда ферментация проводилась при 42 °С в течение 2–3 ч по сравнению с выдержкой при 42 °С в течение 1 ч, а затем 5–6 ч при

Таблица 7.7. **Растворимые азотистые фракции молока и йогурта**

	Диализуемый азот		Азот аммиака		Азот аминокислот		Азот мочевины		Азот пептидов	
	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%
Молоко	249	4,7	30	0,6	20	0,4	62	1,2	137	2,6
L. delbrueckii подвида *bulgaricus*										
Av (6)	490	9,3	73	1,4	166	3,1	96	1,8	155	2,9
Диапазон изменений	438–545	8,3–10,3	63–89	1,2–7,9	56–314	1–5,7	51–146	1–2,8	71–270	1,3–5,4
S. thermophilus										
Av (5)	302	5,7	144	2,7	21	0,4	10	0,6	127	2,4
Диапазон	222–406	4,2–7,7	88–190	1,7–3,6	16–26	0,3–0,5	3–30	0,1–0,9	117–197	2,0–3,7

Данные по [289, 290, 446]. Воспроизведено с разрешения *Journal of Food Protection*.

30–32 °С; общее содержание аминокислот в таких йогуртах составляло 23,6 и 19,4 мг/100 мл [365, 366, 436].

- Соотношение палочек и кокков: поскольку *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* являются протеолитически более активными, чем *S. thermophilus*, то чем выше отношение палочек к коккам в культуре закваски, тем выше, вероятно, будет содержание аминокислот в соответствующем йогурте. В работе [312] изучались различные штаммы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, которые были разделены на три группы в зависимости от сбраживания сахаров и вида выделяемых аминокислот. Первая группа (118 штаммов) характеризовалась высвобождением лейцина, глутаминовой кислоты, аспарагина и пролина и отсутствием в среде β-аланина, триптофана и аминомасляной кислоты. Вторая группа (шесть штаммов) отличалась тем, что глутаминовая кислота не образовывалась, а третья группа (один штамм) отличалась наличием триптофана. Определение содержания аминокислот в финских кисломолочных продуктах описано в работе [213]. Авторы обнаружили более высокое содержание пролина по сравнению с другими аминокислотами. Высоким также было содержание глутаминовой кислоты.
- Условия хранения: температура хранения йогурта может влиять на уровень свободных аминокислот в продукте, то есть чем выше температура хранения, тем выше содержание свободных аминокислот. Натуральные йогурты с нормальным и пониженным содержанием жира хранились при 4 °С и 20 °С в течение 60 суток, и увеличение уровня аминокислот в этих йогуртах составило соответственно 2,36 и 1,00 (при 4 °С) и 7,57 и 14,65 мг/100 мл (при 20 °С) [338]. Те же авторы не наблюдали увеличения уровня аминокислот в йогуртах с лимонной и апельсиновой добавками, хранившихся в аналогичных условиях в течение того же периода времени. Это отличие авторы объясняют присутствием во фруктах природных ингибиторов метаболизма, влиянием некоего бактерицидного агента, добавленного во фруктовый концентрат, или высокой кислотностью фруктовых добавок.
- Содержание молочной кислоты: ее количество в йогурте зависит от титруемой кислотности продукта. По [269] йогурты, содержащие 1,9 и 1,72–1,73 г /100 г молочной кислоты имели общее содержание аминокислот 70 и 41–50 мг/100 г соответственно. Величина 70 мг/100 г в йогурте — самая высокая из приведенных в литературе, и можно утверждать, что такой кислый йогурт может явиться результатом излишне длительного сквашивания, и поэтому содержание аминокислот прямо отражает степень метаболической активности культур закваски.

Конечное содержание аминокислот в йогурте, изготовленном из коровьего молока, может варьироваться от 18,7 до 33 мг/100 мл (см. табл. 7.8) и, возможно, кислотность этих йогуртов составляла 1,0–1,4 г молочной кислоты на 100 г. Важно, конечно, то, что общее содержание аминокислот в йогурте отражает соотношение между протеолизом и ассимиляцией аминокислот бактериями. Некоторые аминокислоты (такие, как глутаминовая кислота, пролин и, в меньшей степени, аланин и серин), по-видимому, не востребованы микроорганизмами йогурта, и поэтому накапливаются в продукте в больших количествах, чем остальные аминокислоты, которые *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* используют при росте и/или ферментации.

Таблица 7.8. **Содержание свободных аминокислот (мг/100 мл) в молоке и йогурте**

Аминокислота	Коровье		Козье		Овечье	
	молоко	йогурт	молоко	йогурт	молоко	йогурт
Аланин	0,16–0,64	1,17–3,80	1,33	3,83	0,56	1,30
Аргинин	0,16–0,96	0,70–1,39	0,40	0,67	0,26	0,85
Аспарагиновая кислота	0,23–0,52	0,70–1,20	0,22	1,37	0,18	1,75
Глицин	0,30–0,53	0,28–0,45	5,91	6,06	0,15	0,25
Глутаминовая кислота	1,48–3,90	4,80–7,06	3,54	3,78	1,08	4,10
Гистидин	0,11	0,80–1,70	0,45	1,28	0,10	0,50
Изолейцин	0,06–0,15	0,15–0,40	0,18	0,43	0,06	0,25
Лейцин	0,06–0,26	0,70–1,82	0,21	1,25	0,23	0,45
Лизин	0,22–0,94	0,80–1,11	0,60	2,35	0,19	0,72
Метионин	0,05	0,08–0,20	0,10	0,35	0,05	0,15
Фенилаланин	0,05–0,13	0,17–0,61	0,11	0,35	0,08	0,15
Пролин	0,12	5,40–7,05	0,65	4,35	0,11	4,30
Серин	0,08–1,35	1,50–2,90	3,05	3,51	0,20	2,00
Треонин	0,05–0,26	0,24–0,70	3,34	2,80	0,13	0,55
Триптофан	Сл.	0,2	НС	НС	НС	НС
Тирозин	0,06–0,14	0,18–0,61	0,30	0,60	0,16	0,24
Валин	0,10–0,25	0,90–1,86	0,30	0,50	0,24	0,90
Всего	3,29–10,31	18,77–33,06	20,60	33,48	3,78	18,46

Сл. – следы; НС – не сообщается.
Данные по [446].

7.3.4.3 Образование пептидов

Как указывалось выше, некоторые протеолитические ферменты, которыми обладают бактерии йогурта, выделяют в продукт пептиды. Исследования этого аспекта ферментации, выполненные в Болгарии, описаны в работе [450]. Авторы контролировали поведение коротких цепей пептидов в болгарском йогурте при холодильном хранении. Метод определения пептидов с использованием электрофореза, метод «отпечатка пальцев» с помощью нисходящей бумажной хроматографии и дифференциального окрашивания пептидов, был прекрасно продемонстрирован на молоке и йогурте, хранившихся при 4 °С в течение 1, 2, 3 и 65 дней. Размер и состав этих короткоцепочечных пептидов в работе не указан, но распределение этих пептидов в йогурте описано.

В работе [213] исследовалась скорость протеолиза и пептидные профили финских кисломолочных продуктов (болгарского йогурта, натурального йогурта, кефира с биодобавками и ацидофильного молока). Авторы обнаружили, что скорость протеолиза возрастала в период хранения, причем самая высокая скорость была обнаружена в свежем кефире с биодобавками, и после хранения она была сравнима со скоростью протеолиза в других кисломолочных продуктах. Пептидные профили болгарского и

натурального йогуртов были похожи. Были выделены следующие фракции: Лей, Тир, Фен, α_{s1}-казеин 1–14, β-casein 47–57, β-казеин 166–175 и β-казеин 176–188 (см. также [247, 484]; факторы, влияющие на образование аминов в питательной среде микроорганизмами *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, описаны в работе [75].

7.4 Метаболизм липидов/жиров

7.4.1 Введение

Ацилглицерины составляют 96–98% всех липидов молока, кроме этого в молоке содержатся фосфолипиды, стерины, жирорастворимые витамины (A, D, E и K), жирные кислоты, парафины и сквален. Липиды обнаруживаются в следующих фазах молока: жировых шариках, мембранах жировых шариков и молочной сыворотке. Соотношение этих фракций может варьироваться в зависимости от таких факторов, как вид млекопитающего, порода, стадия лактации и тип корма [138, 139, 481, 483]. Ацилглицерины, присутствующие в молоке, образованы путем этерификации спиртовых радикалов глицерина с одним, двумя или тремя остатками жирных кислот с образованием соответственно моно-, ди- или триацилглицеринов (триглицеридов). Поэтому в широком смысле ферментативный гидролиз молочных липидов происходит в области эфирных связей, приводя к образованию свободных жирных кислот и глицерина. Эти ферменты известны как триацилглицерин липазы EC 3.1.1.3 [18], и их действие может быть специфичным для определенных связей молекул глицерина аналогично действию пептидаз (см. раздел 7.3.2). Упрощенно последовательность превращений при гидролизе липидов такова:

Три-глицериды —Липаза→ Ди-глицериды —Липаза→ Моно-глицериды —Липаза→ Жирные кислоты + глицерин

Своим образованием ферменты триацилглицеринлипазы в йогурте могут быть обязаны культуре закваски или микробиологическому загрязнению, перенесшим термообработку молока. Липазы, которые встречаются в натуральном молоке, инактивируются при обычных температурах пастеризации [89]. Поэтому любое уменьшение процента жира, увеличение содержания жирных кислот (свободных или этерифицированных) или увеличение содержания летучих жирных кислот в йогурте могут быть объяснены метаболизмом липидов, происходящим благодаря микроорганизмам, в том числе *S. thermophilus* and *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Однако прежде чем перейти к анализу роли различных липаз, присутствующих, как сообщается, в этих микроорганизмах, представляется целесообразным рассмотреть некоторые факторы, которые могут влиять на степень липолиза.

7.4.1.1 Содержание жира в йогурте

Содержание жира (г/100 г) в йогурте в разных странах различно. Оно зависит от действующих или предлагаемых норм химического состава продукта, а также от типа йогурта. Имеется четыре широких категории йогурта и родственных ему продуктов:

- обезжиренный, или с содержанием жира < 1 %;
- > l% и < 3%;
- > 3% и < 4%;
- > 4,5% и 10%,

причем весьма вероятно, что степень липолиза в йогуртах с высоким содержанием жира будет больше.

7.4.1.2 Гомогенизация

Гомогенизация, которой подвергается молочная основа, является необходимой при промышленном производстве йогурта по двум основным причинам: во-первых, для уменьшения размера жировых шариков и предотвращения, тем самым, отстаивания сливок или отделения жира в молоке при сквашивании, и, во-вторых, для повышения вязкости и улучшения консистенции йогурта. Однако степень липолиза в гомогенизированном молоке значительно выше, чем в негомогенизированном, что обусловлено в основном разрушением защитного слоя жировых шариков, или, иными словами, их мембран [309].

Хотя гидролиз жира, обусловленный культурами закваски йогурта, происходит в незначительной степени, он может влиять на вкус продукта. Впрочем, на заметную потерю липидов, а именно снижение содержания жира в йогурте, хранившемся в течение 21 дня при 4 °С на 3,4%, указано только в работе [137]. Это явление не было замечено другими авторами.

Однако в 1960–70-х гг. в *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* была обнаружена липазная активность. Перечень липолитических ферментов приведен в табл. 7.9, причем их номенклатура основана на гидролизуемом субстрате, а не на систематическом подходе, предложенном в [18]. Все триацилглицериновые липазы в йогуртовых бактериях были обнаружены в цитоплазме, поскольку после разрушения клеток активность клеточной мембраны очень низка (см. также [93]); состав жирных кислот культур молочных заквасок описан в работах [73, 375]. В статьях [214, 215] сообщается об активности эстеразы в обоих йогуртовых микроорганизмах, причем эти ферменты были выделены как из стенок, так и из содержимого клетки. Доля активности эстеразы в *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* была также высока [43].

В работах [119, 120, 223] описана активность эстеразы разных видов лактобактерий, что кратко можно охарактеризовать следующим образом:

- была зарегистрирована положительная активность ферментов по отношению к нитрофенильным производным жирных кислот при температурах до 50 °С;
- *P*-нитрофенильные производные гидролизовались быстрее *O*-нитрофенильных производных;
- штаммы *L. helveticus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* имели более низкую активность эстераз, чем *L. acidophilus* и *L. delbreuckii* подвида *lactis*;

Таблица 7.9. **Активность триацилглицеринлипаз микроорганизмов заквасок йогурта**

Фермент	Субстрат	*S. thermophilus*	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*
Трибутираза	Трибутирин	+++[a]	++
Триолеиназа	Соевое молоко и оливковое масло		
Гидролаза глицеринового эфира	Молочный жир	++	
Эстеразы	*Tween* 40 и 60 и α-нафтил ацетат или бутират	+	
	Триацетин		Следы
Трикапроиназа	Трикапроин		+

[a] – из-за применения различных процедур анализа ферментов их активность обозначена как высокая (+++), средняя (++) и низкая (+).
По [17, 135–137, 302, 337, 469].

- оптимальная активность ферментов наблюдалась при pH ~7,0 и при температурах от 40 до 50 °С;
- на активность эстераз в различных видах *Lactobacillus* могут влиять замораживание клеток, среда культивирования (например, *MRS*, стерильное обезжиренное молоко или среда на основе сыворотки) и стадия роста (см. также [115, 313]).

7.4.2 Изменения содержания свободных и этерифицированных жирных кислот

Свободные и этерифицированные жирные кислоты в йогуртах из коровьего, овечьего и козьего молока изучались в работах [364, 367]. Данные о происходящих изменениях представлены в табл. 7.10.

Приведенные данные об увеличении (или уменьшении) уровня свободных жирных кислот в различных типах йогурта противоречивы, и подобные изменения, вероятно, отражают различие в поведении *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgiiricus* в коровьем, овечьем и козьем молоке (см. также [46, 47]).

В исследованиях другой лаборатории, о которых сообщается в работе [137], результаты по содержанию свободных жирных кислот в йогурте несколько упрощены, поскольку речь идет о накоплении в продукте длинноцепочечных жирных кислот, содержание которых существенно не менялось в процессе холодильного хранения. Тем не менее сквашивание молока с нормальным содержанием жира с применением *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* или *L. acidophilus* вело к проявлению у липидов молока различных изменений, которые согласно [360] сводятся к следующему:

- значительное увеличение содержания насыщенных жирных кислот и олеиновой кислоты;

Таблица 7.10. **Изменения содержания свободных жирных кислот в йогуртах из молока различных млекопитающих**

Жирные кислоты	Молоко коровье	Молоко овечье	Молоко козье
Капроновая (гексановая)	–	р	–
Каприловая	р	р	п
Каприновая (декановая)	–	–	–
Лауриновая (додекановая)	р	р	п
Миристиновая	р	р	п
С-15	–	п	–
Пальмитиновая (гексадекановая)	р	п	р
Пальмитолеиновая	–	–	–
Стеариновая (октадекановая)	п	п	–
Олеиновая	п	п	–
Линолевая	–	–	р

(р) – растет, (п) – падает; более 1% по сравнению с молоком; (–) — отсутствие изменений.
По [364, 367].

- сопутствующее снижение уровня линолевой и линоленовой кислот в глицеридной фракции;
- умеренное увеличение содержания свободных жирных кислот, но наблюдались значительные увеличения содержания стеариновой (октадекановой) и олеиновой кислот;
- полное исчезновение после ферментации моноглицериновой фракции;
- незначительные изменения содержания холестерина;
- выявление значимой корреляции (r = 0,711) между кислотностью и уровнем свободных жирных кислот.

7.4.3 Изменения содержания летучих жирных кислот

При производстве и хранении йогурта в продукте происходит значительное возрастание общего содержания летучих жирных кислот. Данные по выделению этих жирных кислот отдельными штаммами *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и смешанными культурами приводятся в работах многих исследователей, причем из двух микроорганизмов *Laciobacillus* продуцирует этих кислот больше, чем *S. thermophilus*. Увеличение содержания летучих жирных кислот в йогурте зависит от ряда факторов — таких, как штамм бактерий закваски, вид молока (коровье, буйволиц или козье), длительность и температура инкубации, температура термоообработки молока и/или возраст йогурта [109, 110, 112, 419]. Некоторое уменьшение содержания летучих жирных кислот наблюдалось в присутствии в молоке небольшого количества лимонной кислоты [111].

В работах [500–503] приводятся подробные данные по содержанию некоторых жирных кислот в цельном и обезжиренном молоке, заквашенном бактериями йогуртовой закваски. Эти данные приведены в табл. 7.11, из которой можно видеть, что через

Таблица 7.11. **Изменение содержания летучих жирных кислот (ЛЖК) в цельном (Ц) и обезжиренном (О) молоке, сквашенном йогуртовыми микроорганизмами при 37° С в течение различного времени**

Жирные кислоты	Молоко		S. thermophilus		*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*		Смешанные	
			24 ч	72 ч	24 ч	72 ч	24 ч	72 ч
Общее содержание ЛЖК (мг / 100 г)	Ц	3,20	6,05	6,26	4,90	4,19	6,88	7,55
	О	2,97	5,89	6,32	4,88	3,79	6,80	7,20
C2	Ц	0,21	0,55	1,26	0,51	0,45	0,57	0,48
	О	0,20	1,95	1,36	0,45	0,37	0,12	0,20
C3	Ц	Следы	Следы	Следы	0,05	0,03	0,22	0,11
	О	–	0,05	0,05	0,03	0,03	Следы	Следы
i-C4	Ц	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,13	0,14
	О	0,03	0,04	0,61	0,05	0,05	0,03	0,06
n-C4	Ц	0,39	0,74	0,94	1,21	0,97	1,05	1,44
	О	0,38	0,50	0,96	1,20	0,90	0,66	1,08
i-C5	Ц	0,05	0,21	0,21	0,14	0,10	0,15	0,06
	О	0,03	0,13	0,18	0,11	0,09	0,07	0,17
n-C5	Ц	–	–	–	–	–	–	–
	О	–	Следы	Следы	–	–		
n-C6	Ц	1,09	1,73	1,24	1,24	1,05	1,56	2,57
	О	1,13	1,72	1,35	1,25	1,07	2,40	2,04
C8	Ц	0,97	1,44	0,99	0,74	0,53	1,78	1,64
	О	0,96	1,30	1,18	0,87	0,56	2,26	2,36
C10	Ц	1,21	1,59	1,30	0,91	1,10	2,65	2,22

(–) – не обнаружено; пустая ячейка свидетельствует о том, что тест не проводился.
Данные по [500–503], а также [446]. Воспроизведено с разрешения *Journal of Food Protection*.

сутки инкубации при 37 °С липолиз *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* наблюдается лишь в слабой степени. Вместе с тем спорным можно считать тот факт, что появление летучих жирных кислот в кисломолочных напитках, и особенно на основе обезжиренного молока, является результатом липидного метаболизма йогуртовых микроорганизмов. Они могут возникать, как указывается в работе [316], и в результате разрушения других составляющих молока (например, за счет аминокислотного пула) — в ходе окислительного дезаминирования и декарбоксилирования аминокислота расщепляется на соответствующие летучие жирные кислоты. Липидные составляющие продукта под называнием «вита» на основе цельного и обезжиренного молока (болгарский ферментированный напиток, изготовленный с помощью *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus)* описаны в работе [209].

В работе [302] указывалось, что присутствие «достоверно обнаруженных эстераз» в молочнокислых бактериях (например, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus)* трудно проверить, поскольку некоторые протеолитические ферменты и другие присутствующие в

молоке вещества могут проявлять эстеразную активность. Поэтому можно уверенно предположить, что обнаруженная активность эстеразы йогуртовых бактерий (табл. 7.9) непосредственно связана с действием протеолитических ферментов, а не липаз. Такое заключение находится в соответствии с образованием большего количества летучих жирных кислот *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, то есть оно с большой вероятностью обусловлено эндопептидазами и/или экзопептидазами, а не липазами.

7.5 Метаболизм витаминов

7.5.1 Общие основы

Молоко содержит как жиро-, так и водорастворимые витамины. В табл. 7.12 (см. также главу 9) показано содержание этих витаминов в различных видах молока (цельном и обезжиренном) и в соответствующих йогуртах (см. также [27, 28, 92, 250, 361, 395]. В ходе производства содержание этих витаминов изменяется, и причины этого изложены ниже.

7.5.1.1 Снижение содержания витаминов

- Значительно снизить содержание витаминов могут избыток растворенного кислорода и/или умеренная тепловая обработка молока, причем наиболее чувствительны к этим факторам витамины С, B_6, B_{12} и фолиевая кислота (см. главу 2 и табл. 2.20).
- Еще большие потери указанных выше витаминов вызывает избыточная тепловая обработка молока. Например, кипячение в течение 5 мин вызывает снижение содержание витамина B_{12} на 1,78 мкг/л [363].
- Бактерии культур закваски йогурта используют некоторые витамины, присутствующие в молоке, в процессе ферментации, для удовлетворения своих потребностей роста, что в некоторой степени ухудшает питательные свойства продукта. Потребляемые количества зависят от дозы закваски, штамма йогуртовой закваски и условий ферментации (сквашивания) [140, 399].
- Содержание некоторых витаминов (например, витамина B_{12}) снижается при хранении йогурта при 4 °С, [64, 363]. В работе [373] отмечены потери фолиевой кислоты и витамина B_{12} соответственно на 28,6 и 59,9 % при хранении йогурта в течение 16 дней при 5 °С. Те же исследователи наблюдали также снижение содержания биотина, ниацина и пантотеновой кислоты, объяснив это совместным действием микроорганизмов в инкубационном периоде и химическим разложением этих витаминов при холодильном хранении. Последний фактор характерен скорее для йогурта, изготовленного методом прямого сквашивания, чем полученного с помощью микробной ферментации (см. также [383, 395, 404]).
- Штамм *S. thermophilus*, продуцирующий фолиевую кислоту, увеличивал ее содержание в течение 3,5 ч, после чего это содержание быстро убывало; это свидетельствует о том, что когда *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* начинают расти, они используют витамин, продуцируемый *S. thermophilus* [218]. Те же авторы наблю-

Таблица 7.12. **Содержание витаминов в различных видах молока и йогуртаа**

Витамины/единицы	Коровье		Коровье		Козье		Овечье[а]		Соевое[е]	
	Молоко[б]	Йогурт[в]	Молоко[г]	Йогурт[д]	Молоко	Йогурт	Молоко	Йогурт	Молоко	Йогурт
Ретинол(мкг/ 100 г)	1	8	52	28	44	Н	88	86	0	23
Каротин(мкг/ 100 г)	Следы	5	21	21	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы
Витамин D (мкг/ 100 г)	Следы	0,01	0,03	0,04	0,11	Н	0,18	0,24	0	0
Витамин B12 (мкг/ 100 г)	0,4	0,2	0,4	0,2	0,1	Следы	0,6	0,2	0	0
Фолат (мкг/ 100 г)	5	17	6	18	1	7	5	3	19	Н
Биотин (мкг/ 100 г)	1,9	2,9	1,9	2,6	3	0,5	2,5	Н	Н	Н
Витамин E (мг / 100 г)	Следы	0,01	0,09	0,05	0,03	0,03	0,11	0,73	0,74	1,49
Тиамин (мг / 100 г)	0,04	0,05	0,03	0,06	0,04	0,04	0,08	0,05	0,06	Н
Рибофлавин (мг / 100 г)	0,17	0,25	0,17	0,27	0,13	0,17	0,32	0,33	0,27	Н
Ниацин (мг / 100 г)	0,09	0,15	0,08	0,18	0,31	0,27	0,41	0,23	0,11	Н
Триптофан 60 (мг / 100 г)	0,78	1,20	0,75	1,33	0,73	0,83	1,27	1,03	0,52	0,88
Витамин B6 (мг / 100 г)	0,06	0,09	0,06	0,10	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07	Н
Пантотенат (мг / 100 г)	0,32	0,45	0,35	0,50	0,41	0,23	0,45	Н	Н	Н
Витамин C (мг / 100 г)	1	1	1	1	1	1	1	Следы	0	0

а – простой или натуральный йогурт; б –молоко с содержанием жира 1,6 г/100 г; в – йогурт с пониженным содержанием жира (жир 0,8 г/100 г); г – молоко цельное (жир 3,9 г/100 г); д –йогурт с содержанием жира 3,0 г/100 г; е – продукт может быть обогащен ретинолом и витамином Е.
Н – Данное вещество присутствует в значимом количестве, однако отсутствуют надежные данные о его содержании.
По [199].

Таблица 7.13. **Влияние температуры сквашивания на синтез витаминов в йогурте**

Витамин (мкг/100 г)	Молоко +2% СОМ	Температура сквашивания в течение 3 ч (°С)			
		37	40	42	45
Фолиевая кислота	0,37	3,74	4,04	4,32	3,94
Ниацин	120	126	130	142	136

По [373].

дали, что витамин B_{12} был использован широким спектром лактобацилл, когда их выращивали в восстановленном обезжиренном молоке (см. также [362, 480]).

- Микроорганизмы йогуртовых заквасок, вырабатывающие ЭПС, уменьшают содержание тиамина и биотина в продукте, тогда как культуры, не образующие ЭПС, увеличивают содержание биотина, фолиевой кислоты и рибофлавина [124].
- *L. acidophilus* и *B. bifidum* используют присутствующую в молоке фолиевую кислоту [106].
- Длительное сквашивание молока при производстве йогурта (например, при 30 °С в течение 14–16 ч) снижает синтез фолиевой кислоты, увеличивая вместе с тем содержание тиамина и никотиновой кислоты в продукте [233].

7.5.1.2 Увеличение содержания витаминов

К витаминам, содержание которых в реальном процессе производства йогурта возрастает, относятся ниацин и фолиевая кислота, поскольку они активно синтезируются культурами закваски. По [373], увеличение содержания фолиевой кислоты и ниацина в йогурте (изготовленном из цельного молока, обогащенного 2% СОМ и подвергнутого сквашиванию в течение 3 ч при 42 °С) составляет 3,95 и 22 мкг/100 г соответственно (см. также табл. 7.13), однако потери при хранении (см. выше) могут со временем превысить этот прирост. В литературе считается общепринятым, что при производстве йогурта содержание витамина B_{12} уменьшается. В работах [227, 228, 291, 399] было обнаружено, что некоторые виды *Laciobticillus* и штаммы культур йогуртовых заквасок синтезируют витамин B_{12}.

Содержание фолиевой кислоты в поступающем в продажу йогурте может варьировать от 3,7 и 24,5 мкг/100 г [200, 218, 485], причем мутантные штаммы *S. thermophilus* увеличивают содержание фолиевой кислоты в обезжиренном молоке до 38,1 мкг/100 г [218]. Кроме того, как уже отмечалось выше, йогуртовые культуры, не продуцирующие ЭПС, увеличивают в ферментированном продукте содержание биотина, фолиевой кислоты и рибофлавина [124]. Увеличить синтез витаминов в йогурте можно, используя различные комбинации культур закваски, примером чему может служить добавление в культуры заквасок йогурта *пропионовых бактерий*, что увеличивает содержание фолиевой кислоты в продукте на 43% [480]; йогурт, изготовленный с добавлением *Saccharomyces cerevisiae* и консервантов, характеризуется повышенным содержанием рибофлавина и ниацина при хранении [108], а использование смешанной культуры бифидобактерий *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и кефирных зерен (в соотношении

1:0,5:0,5) позволяет увеличить содержание тиамина и рибофлавина в продукте на 27 и 18% соответственно [225].

В начале 1990-х гг. австрийские исследователи изучали 47 промышленных заквасок (йогурта, биокультур и кефира), и результаты (см. ниже) дали основание предложить различные механизмы синтеза и использования в кисломолочных напитках водорастворимых витаминов [233, 234].

Учитывая имеющиеся данные (см. также [90]), можно с уверенностью утверждать, что *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при производстве йогурта синтезируют ниацин, фолиевую кислоту, и, в меньшей степени, витамин B_6. Данные, подтверждающие синтез витаминов видами *Bifidobacterium*, опубликованы в работе [33]; имеются также свидетельства синтеза биотина различными штаммами бифидобактерий [321]. Учитывая, что оба йогуртовых микроорганизма и некоторые культуры биозаквасок способны к синтезу некоторых водорастворимых витаминов, интересно рассмотреть возможные пути метаболизма, по которым идет синтез этих витаминов.

7.5.2 Биосинтез фолиевой кислоты

Группа фолиевой кислоты (или фолаты) — общее наименование примерно десяти различных соединений, имеющих одинаковую базовую структурную единицу, соединенную с конъюгатами, имеющими различное количество остатков глутаминовой кислоты. Фолаты, таким образом, состоят из атомов углерода, водорода, азота и кислорода, и их формула варьирует от $C_{15}H_{12}N_6O_4$ до $C_{49}H_{61}N_{13}O_{24}$. Таким образом, некоторые или все эти соединения активны, как фолацин. Типичная структура одного из таких соединений, которое может быть синтезировано бактериями (птероилтриглутаминовая кислота [*p*-(2-амино-4-оксодигидроптеридил-6)-метил-аминобензоил-L-глутаминовая кислота]), показана на рис. 7.5.

Многие микроорганизмы требуют присутствия фолацина как фактора роста. Как кофермент он функционирует во многих биохимических реакциях (в качестве активатора и носителя углеродных блоков при окислении) и участвует в метаболизме пуринов, пиримидинов и некоторых аминокислот. Пути синтеза фолиевой кислоты в *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* полностью не установлены, и в работах [263, 264] было высказано предположение, что синтез этого компонента у живот-

Фолиевая кислота
$C_{19}H_{19}N_7O_6$

Рис. 7.5. Возможная структура фолиевой кислоты, образованной микроорганизмами йогурта

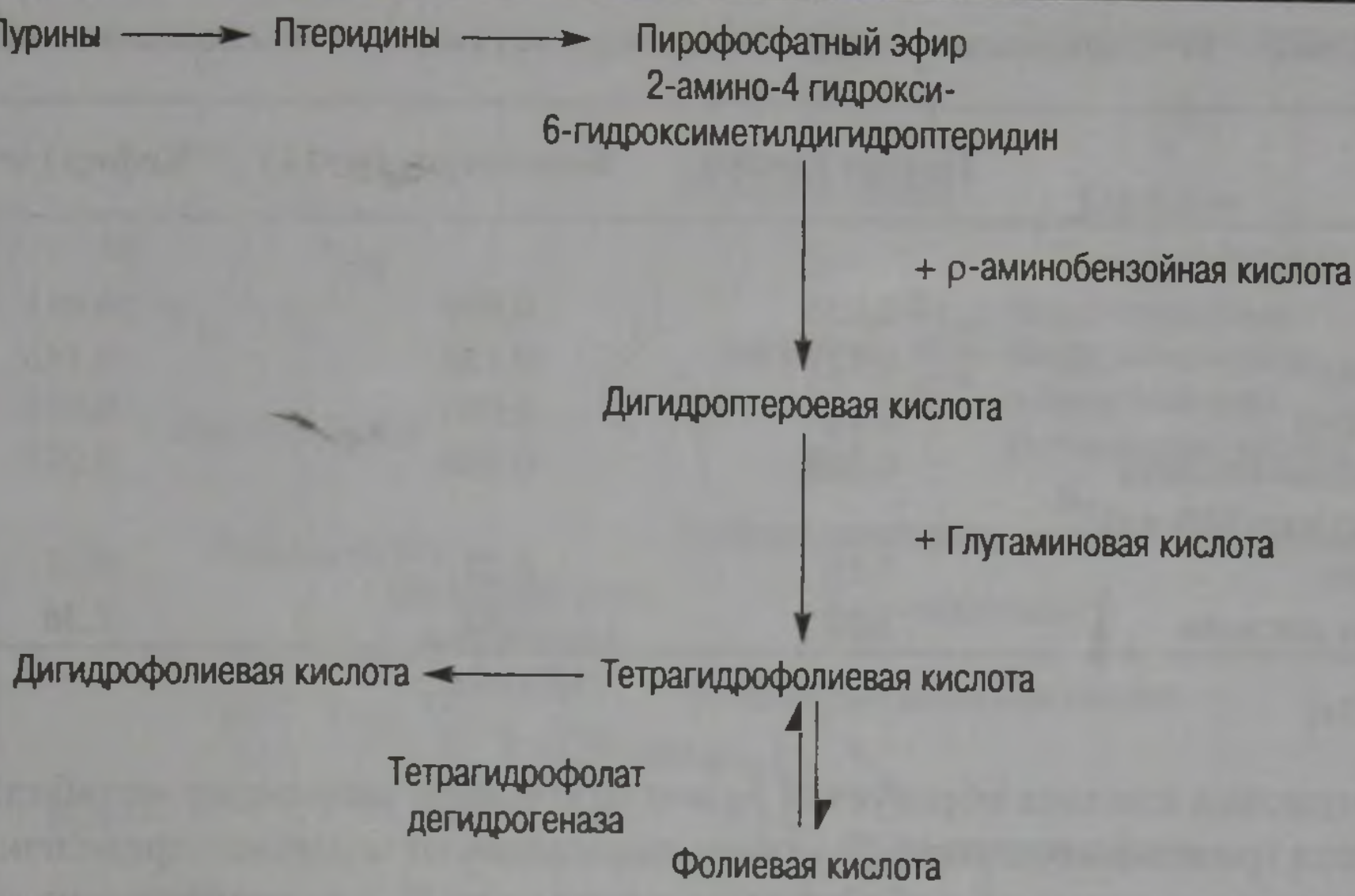


Рис 7.6. Возможные биохимические реакции при синтезе микроорганизмами фолиевой кислоты
По [263, 264].

ных, растений и микроорганизмов включает биохимические реакции, показанные на рис. 7.6.

Следует отметить, что белки, связывающие фолаты, могут участвовать в абсорбции последних в кишечнике человека, в связи с чем концентрация этих белков важна [485], но поскольку молочная основа при изготовлении йогурта нагревается до температуры >90 °С, йогурт содержит фолатсвязывающие белки в значительно меньших количествах по сравнению с другими молочными продуктами.

7.5.3 Биосинтез ниацина

Активность ниацина определяется никотиновой кислотой и никотинамидом. Первое соединение составляет часть структуры двух важных коферментов, НАД (никотинамидадениндинуклеотид) и никотинамидадениндинуклеотид фосфат (НАДФ). Эти два кофермента состоят из адениловой (аденозинмонофосфорной) кислоты и никотинамидриботида, связанных через их фосфатные группы (см. рис. 7.7); НАДФ содержит дополнительную фосфатную группу [431]. Поскольку НАД и/или НАДФ необходимы для многих окислительно-восстановительных биохимических реакций, ниацин, синтезированный *S. termophilus* и *L. delhrueckii* подвида *bulgaricus*, может происходить от никотинамидной фракции, возникшей при образовании НАД и/или НАДФ. Биосинтез этих нуклеотидов включает следующие основные этапы: первый — синтез сахарного компонента (возможно происходящего от имеющегося молочного сахара (сахаров)) и второй — синтез пиримидиновой или пуриновой основы. После образования НАД и/или НАДФ никотинамидная фракция может также появиться в результате деградации этих нуклеотидов, но может ли никотиновая кислота образовываться из выделенного никотинамида, предстоит еще выяснить.

Таблица 7.14. **Содержание водорастворимых витаминов в кисломолочных напитках**

Витамин	Йогурт (n=30)	Био-йогурт (n=14)	Кефир (n=3)
Единицы (мг/10 мл)			
Тиамин	0,034	0,030	0,011
Рибофлавин	0,121	0,135	0,145
Пиридоксин	0,23	0,015	0,011
Никотиновая кислота	0,088	0,109	0,076
Единицы (мкг/100 мл)			
Кобаламин	0,19	0,23	0,27
Фолиевая кислота	3,22	3,62	1,38

По [233, 234].

Никотиновая кислота образуется рядом бактерий в результате метаболизма или разрушения триптофана, то есть способом, зависящим от наличия определенных витаминов (например, тиамина, рибофлавина и витамина B_6), активирующих необходимые ферменты [263, 264]. Поскольку *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* используют эти витамины и при получении йогурта, триптофан не накапливается. Возможно, что эти микроорганизмы используют витамины для синтеза ниацина. Учитывая ограниченность информации по этому вопросу, на рис. 7.7 проиллюстрированы лишь некоторые возможные схемы синтеза ниацина йогуртовой микрофлорой.

7.5.4 Биосинтез витамина B_6

Витамин B_6 проявляет свою активность в равной степени в форме пиридоксина, пиридоксаля и пиридоксамина. Базовая структура этих соединений подобна, так как состоит из пиридинового кольца, но отдельные соединения отличаются радикалами (см. рис. 7.8).

По [262, 264], информация по биосинтезу пиридинового кольца в микроорганизмах, растениях или животных отсутствует; однако микроорганизмы могут взаимопревращать различные формы витамина B_6 в соответствии со схемой, показанной на рис. 7.9. Учитывая ограниченность информации по синтезу B_6, трудно предложить возможный метаболический путь, по которому *S. thermophilus* и *L. delhrueckii* подвида *bulgaricus* могли бы синтезировать этот витамин.

7.6 Прочие изменения

Биологическая деятельность *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и культур биозаквасок при производстве йогурта и родственных ему продуктов весьма сложна. Проведенные научные исследования дали некоторую общую информацию об используемых этими микроорганизмами метаболических путях, однако многочисленные изменения происходят и в молоке. Некоторые дополнительные небольшие изменения в составляющих молока — это а) снижение уровня лимонной кислоты, б) полное исчезновение гиппуровой кислоты, в) увеличение содержания уксусной и янтарной кислот

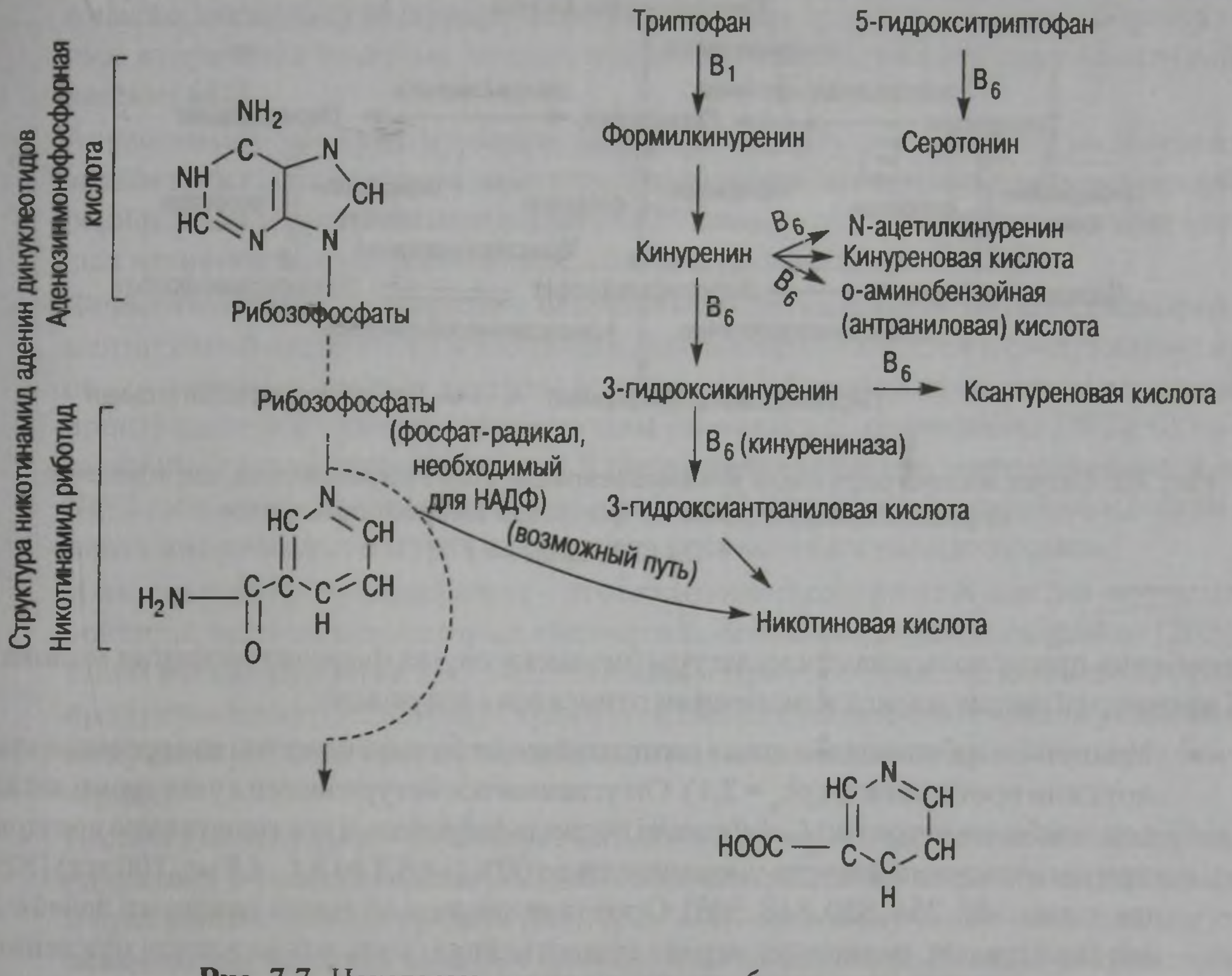
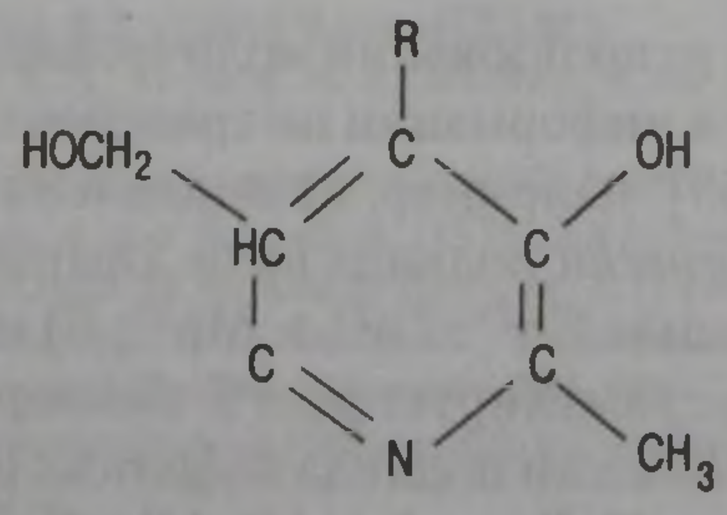


Рис. 7.7. Некоторые возможные схемы биосинтеза ниацина йогуртовыми микроорганизмами
По [263, 264] и [431]



Пиридоксина ($C_8H_{11}NO_3$) R = CH_2OH
Пиридоксаля ($C_8H_9NO_3$) R = CHO
Пиридоксамина ($C_8H_{12}N_2O_2$) R = CH_2NH_2

Рис. 7.8. Базовая структура витамина B_6 (с различными радикалами)

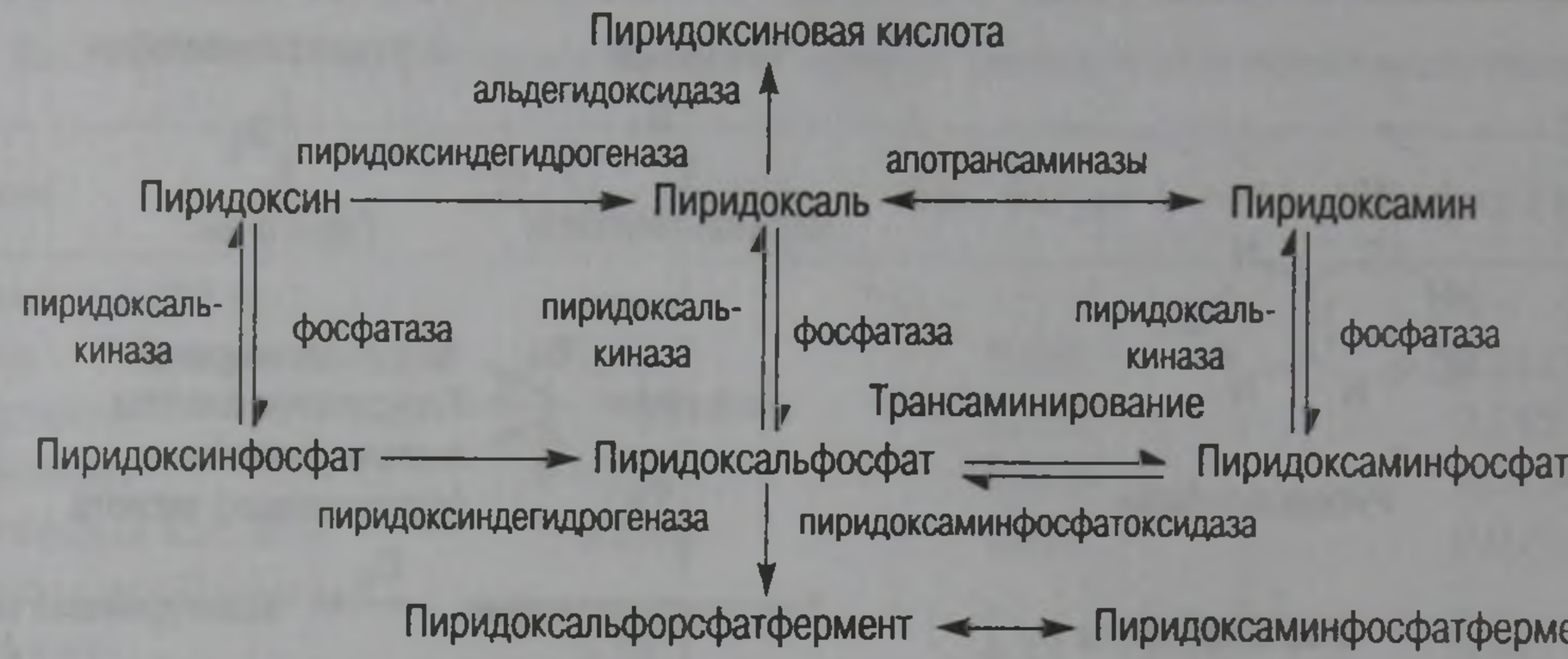


Рис. 7.9. Схема, иллюстрирующая взаимопревращаемость пиридоксина, пиридоксаля и пиридоксамина, а также их фосфатов микроорганизмами
По [263, 264].

(особенно при использовании культуры биозаквасок для ферментирования молока). К прочим наблюдающимся изменениям относятся следующие:

- Урацил-4-карбоновая кислота — этот компонент больше известен как оротовая кислота или оротат анион ($pk_a = 2,4$). Он усваивается йогуртовыми культурами заквасок, наиболее вероятно *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, и его содержание в молоке при изготовлении йогурта уменьшается до 50% (от 8,3 до 3,4–4,2 мг/100 мл) [329; см. также 186, 251, 320, 348, 386]. Оротовая кислота обладает важными лечебными свойствами, поскольку играет существенную роль в биосинтезе нуклеиновых кислот. Кроме того, по [249], содержание оротовой кислоты в кисломолочных продуктах зависит от степени ферментации и количества в продукте растворимых сухих веществ сыворотки (см. также [329]). В работе [439] отмечено, что биосинтез пиримидина из оротовой кислоты может быть связан обратной зависимостью с межклеточным уровнем пуриннуклеотидов, а *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* не может развиваться в молоке с пониженным содержанием оротата. Это указывает на то, что синтез пиримидина в этом микроорганизме весьма ограничен.
- Ионы металлов — об их использовании молочнокислыми бактериями известно мало. Обзор имеющейся информации по транспорту и важности ионов металлов сделан в работе [59], например: а) подавление некоторых экзопептидаз *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *lactis* химическими веществами может быть устранено с помощью Co^{2+}, Zn^{2+} и Mn^{2+}; б) присутствие Mn^{2+} и Mg^{2+} в среде культивирования стимулирует рост *S. thermophilus* и *L. acidophilus*; в) Fe^{2+} стимулирует рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и *L. acidophilus*; г) для роста *S. thermophilus* необходим Ca^{2+}, а в *L. acidophilus* Ca^{2+} вызывает морфологические изменения (от нитевидных к палочковидным), причем измененные клетки являются более морозостойкими.
- Действие 7-α-дегидролазы на желчные кислоты — штаммы видов *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *S. thermophilus* при тестировании на этот фермент дают отрицательный результат, следовательно, потребление этих заквасочных культур бе-

зопасно, поскольку их присутствие в кишечнике человека не ведет к образованию вторичных желчных кислот, что может способствовать раку ободочной кишки [442].

- Ангиотензин-I-конвертирующие ферменты (АКФ) способствуют выделению экзопептидаз, ассоциированных с системой ренин-ангиотензин, регулирующей периферийное артериальное давление [286]. Было обнаружено, что ингибирующая активность этих ферментов слаба в йогурте, но велика в сырах.
- Ферментативная активность – некоторые представляющие интерес виды ферментативной активности молочнокислых бактерий сводятся к следующему: а) по сравнению с шестью другими культурами молочной закваски наилучшим производителем супероксиддисмутазы оказались *S. thermophilus* [202]; б) поглощение глутаминовой кислоты *S. thermophilus* является энергозависимым, и NaCl сильно его подавляет [60]; в) в работе [342] описан быстрый метод скрининга микрофлоры йогурта для ограничения активности эндонуклеаз.
- Иммуностимулирующий агент – этот компонент содержит N-ацетил-мурамил пептиды, источником которых являются *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [265]; такой метод обработки был запатентован, и при производстве кисломолочных продуктов иммуностимулирующий агент может использоваться для усиления иммунной реакции против воздействия на кишечник грамотрицательных бактерий.
- Польза для здоровья – не следует забывать о присутствии других метаболитов, например, β-галактозидазы [227, 357, 358] или различных противоопухолевых и противомикробных средств [353, 359, 371], поскольку такие вещества могут оказывать на человека полезное для здоровья воздействие. Данные, касающиеся полезных и лечебных свойств кисломолочных продуктов, включая производство молочнокислыми бактериями молока бактериоцина, приведены в главах 5 (раздел 5.10), 6 и 9.

7.7 Литература

1. Abo-Elnaga, I. E. and Hegazi, F. Z. (1981) *Nahrung*, 25, 883.
2. Abou-Donia, S. A., Ismail, A. A., El-Soda, M. A., Mashaly, R. and El-Shafy, H. K. (1984) *Indian Journal of Dairy Science*, **37**,172.
3. Abraham, A. G., De Antoni, G. L. and Anon, M. C. (1993) *Journal of Dairy Science*, **76**, 1498.
4. Abrahamsen, R. K., Svensen, A. and Tufto, G. N. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 828.
5. Abu-Taraboush, H. M., Al-Dagal, M. M. and Al-Royli, M. A. (1998) *Journal of Dairy Science*, **81**, 354.
6. Adams, P. M., Yoast, S., Mainzer, S. E., Moon, K., Dalombella, A. L., Estell, D. A., Power, S. D. and Schmidt, B. K. (1994) *Journal of Biological Chemistry*, ***269***, 5666.
7. Adda, J. (1986) In *Developments in Food Flavours*, Ed. by Birch, G.G. and Lindley, M.G. Elsevier Applied Science, London, pp. 151–172.
8. Akuzawa, R., Ito, O. and Yokoyama, K. (1983) *Japanese Journal of Zootechnical Science*, 54,685.
9. Akuzawa, R., Ito, O. and Yokoyama, K. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**,134.
10. Aleksieva, P., Girginova, T. and Kondratenko, M. (1981) *Dairy Science Abstracts*, **43**, 381.
11. Alvarez, J. A., Gelpi, J. L., Johnsen, K., Bernard, N., Delcour, J., Clarke, A. R., Holbrook, J. J. and Cortes, A. (1997) *European Journal of Biochemistry*, **244**, 203.
12. Amoroso, M. J. and Manca de Nadra, M. C. (1991) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, **9**,171.
13. Amoroso, M. J., Manca de Nadra, M. C. and Oliver, G. (1988) *Milchwissenschaft*, 43, 626.

14. Amoroso, M. J., Manca de Narda, M. C. and Oliver, G. (1989) *Lait*, **69**, 519.
15. Amoroso, M. J., Manca de Nadra, M. C. and Oliver, G. (1992) *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **8**, 50.
16. Andaloussi, S. A., Talbaoui, H., Marczak, R. and Bonaly, R. (1995) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **43**, 995.
17. Angeles, A. G. and Marth, E. H. (1971) *Journal of Milk and Food Technology*, 34, 69.
18. Anon. (1992) *Enzyme Nomenclature*, The International Union of Biochemistry and Molecular Biology. Academic Press, San Diego, pp. 371–421.
19. Ardo, Y. and Jonsson, L. (1994) *Journal of Dairy Research*, *61*,573.
20. Argyle, P. J., Mathison, G. E. and Chandan, R. C. (1976) *Journal of Applied Bacteriology*. **41**, 175.
21. Ariga, H., Urashima, T., Michihata, E., Ito, M., Morizono, N., Kimura, T. and Takahashi, S. (1992) *Journal of Food Science*, *57*, 625.
22. Arihara, K. and Hjchansky, J. B. (1995) In *Food Biotechnology-Microorganism, Ed. by* Hui, Y. H. and Khachatourians, G. C. VCH Publishers, New York, pp. 609-643.
23. Arora, G. and Lee, B. H. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73, 274.
24. Arora, G. and Lee, B. H. (1992) *Journal of Dairy Science*, 75, 700.
25. Arora, G., Lee, B. H. and Lamoureux, M. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73,264.
26. Ashoor, S. H., Seperich, G. J., Monte, W. C. and Welty, J. (1983) *Journal of Food Science*, 48, 92.
27. Ashoor, S. H., Knox, M. J., Olsen, J. R. and Deger, D. A. (1985) *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, **68**, 693.
28. Ashour, M., El-Zayat, A. I., Rabie, A. H. and Gouda, A. (1985) *Egyptian Journal of Food Science*, **13**, 137.
29. Atlan, D., Laloi, P. and Portalier, R. (1989) *Applied and Environmental Microbiology*, 55, 1717.
30. Atlan, D., Laloi, P. and Portalier, R. (1990) *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 2174.
31. Atlan, D., Gilbert, C., Blanc, B. and Protalier, R. (1994) *Microbiology*, **140**, 527.
32. Baisya, R. K. and Bose, A. N. (1975) *Indian Journal of Dairy Science*, 28, 179.
33. Ballongue, J. (1998) In *Lactic Acid Bacteria*, 2nd Edition, Ed. by Salminen, S. and von Wright, A., Marcel Dekker, New York, pp. 519–587.
34. Bednarski, W. and Hammond, E. G. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73, 1450.
35. Benateya, A., Bracouart, P. and Linden, G. (1991) *Canadian Journal of Microbiology*, 37, 136.
36. Benito de Cardenas, I. L., Gerutti de Guglielmone, G., Ledesma, O. and Oliver, G. (1989) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, 7, 383.
37. Benito de Cardenas, I. L., Peral de Portillo. M. C., Albizzatti de Rivadeneira, M. C. and Oliver, G. (1991) *Microbiologie. Aliments, Nutrition*, *9*, 369.
38. Berkeley, R. C. W., Gooday, C. W. and Ellwood, D. C. (Eds.) (1979) In *Microbiat Polysaccharides and Polysaccharases*. Academic Press, London.
39. Bernard, N., Johnsen, K., Ferain, T., Garmyn, D., Hols, P., Holbrook, J. J. and Delcour, J. (1994) *European Journal of Biochemistry*, 224, 439.
40. Bernard, N., Johnsen, K., Holbrook, J. J. and Delcour, J. (1995) *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **208**, 895.
41. Bernard, N., Jonsen, K., Gelpf, J. L., Alvarez, J. A., Ferani, T., Garmyn, D., Hols, P., Cortes, A., Clarke, A. R., Holbrook, J. J. and Delcour, J. (1997) *European Journal of Biochemistry*, 244,213.
42. Beshkova, D., Simova, E., Frengova, G. and Simova, Z. (1998) *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, *20*, 180.
43. Bianchi-Salvadori, B., Camaschella, P. and Cislaghi, S. (1995) *International Journal of Food Microbiology*, 27, 253.
44. Blanc, B., Laloi, P., Atlan, D., Gilbert, C. and Portalier, R. (1993) *Journal of General Microbiology*, **139**, 1441.
45. Blumenthal, A. and Helbiing, J. (1974) *Dairy Science Abstracts*, 36, 331.
46. Boccignone, M., Bricidi, R. and Sarra, C. (1983) *Dairy Science Abstracts*, 45, 351.
47. Boccignone, M., Brigidi, R. and Sarra, C. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 190.
48. Bockelmann, W., Fobker, M. and Teuber, M. (1991) *International Dairy Journal*, 1, 51.
49. Bockelmann, W., Shulz, Y. and Teuber, M. (1992) *International Dairy Journal*, 2, 95.
50. Bockelmann, W., Beuck, H. P., Lick, S. and Heller, K. (1995) *International Dairy Journal*, *5*, 493.
51. Bockelmann, W., Hoppe-Syler, T. and Heller, K. J. (1996) *International Dairy Journal*, *6*, 1167.
52. Bockelmann, W., Gollan, V. and Heller, K. J. (1997) *Milchwissenschaft*, 52,500.
53. Bottazzi, V. (1967) *Dairy Science Abstracts*, *29*, 156.
54. Bottazzi, V. and Bianchi, F. (1986) *Scienza e Tecnica Lattiero - Casearia*, 37, 297.
55. Bottazzi, V. and Dellaglio, F. (1967) *Journal of Dairy Research*, 34, 109.
56. Bottazzi, V. and Vescovo, M. (1969) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 23, 71.
57. Bouzar, F., Cerning, J. and Desmazeaud, M. (1996) *Journal of Dairy Science*, *79*, 205.
58. Bouzar, F., Cerning, J. and Desmazeaud, M. (1997) *Journal of Dairy Science*, 80,2310.

59. Boyaval, P. (1989) *Lait*, 69, 87.
60. Bracquart, P., Le Deaut, J.-Y. and Linden, G. (1989) *Journal of Dairy Research*, 56, 107.
61. Branny, P., De La Torre, F. and Garel, J.-R. (1996) *Journal of Bacteriology*, 178, 4727.
62. Branny, P., De La Torre, F. and Garel, J.-R. (1998) *Microbiology - Reading*, 144, 905.
63. Le Bras, G., Deville-Bonne, D. and Garel, J.-R. (1991) *European Journal of Biochemistry*, 198, 683.
64. Cerna, J., Pickova, J. and Blattna, J. (1973) *Dairy Science Abstracts*, 35,413.
65. Cerning, J. (1990) *FEMS Microbiology Reviews*, 87, 113.
66. Cerning, J.(1994) In *Bacteries Lactique,Vol. 1, Ed.by de* Rossarlaud, H. and Laquet, F.M., Lorica,Llriage, pp. 309–329.
67. Cerning, J. (1995) *Lait*, *75*, 463.
68. Cerning, J., Bouillanne, C., Desmazeaud, M. J. and Landon, M. (1986) *Biotechnology Letters*, **8**, 625.
69. Cerning, J., Bouillanne, C., Desmazeaud, M. J. and Landon, M. (1988) *Biotechnology Letters*, **10**, 255.
70. Cerning, J., Bouillanne, C., Landon, M. and Desmazeaud, M. J. (1990) *Sciences des Aliments*, **10**, 443.
71. Cerning, J., Bouillanne, C., Landon, M. and Desmazeaud, M. J. (1992) *Journal of Dairy Science*, 75, 692.
72. Cesca, B., Manca de Nadra, M. C., Strasser de Saad, A. M., Pesce de Ruiz Holgado, A. A. and Oliver, G. (1984) *Folia Microbiologia*, **29**, 288.
73. Chand, R., Malan, C. P. and Srinivasan, R. A. (1992) *Journal of Dairying, Foods and Home Sciences*, **11**,31.
74. Chandan, R. C., Argyle, P. S. and Mathison, G. E. (1982) *Journal of Dairy Science*, **65**,1408.
75. Chander, H., Batish, V. K., Babu, S. and Singh, R. S. (1989) *Journal of Food Science*, **54**, 940.
76. Chang, S. K. and Hassan, H. M. (1997) *Applied and Environmental Microbiology*, **63**, 3722.
77. Chang, B.-S. and Mahoney, R. R. (1989a) *Journal of Dairy Research*, **56**, 117.
78. Chang, B.-S. and Mahoney, R. R. (1989b) *Journal of Dairy Research*, **56**,785.
79. Chang, B.-S. and Mahoney, R. R. (1994) *Biotechnology and Applied Biochemistry*, **19**, 169.
80. Chebbi, N. B., Chander, H. and Ranganathan, B. (1974) *Journal of General and Applied Microbiology*, **20**, 149.
81. Chebbi, N. B., Chander, H. and Ranganathan, B. (1977) *Acta Microbiologica Polonica*, **9**, 281.
82. Cheng, C.-C. and Nagasawa, T. (1985a) *Japanese Journal of Zootechnical Science*, **56**, 257.
83. Cheng, C.-C. and Nagasawa, T. (1985b) *Japanese Journal of Zootechnical Science*, **56**, 484.
84. Christensen, J. E., Lin, D., Palva, A. and Steele, J. L. (1995) *Gene*, 155, 89.
85. Cogan, T. M. (1995) *Journal of Applied Bacteriology (Symposium Supplement)*, **79**, 49S.
86. Cogan, T. M. and Hill, C. (1993) In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 1, 2nd Edition, Ed. by Fox, P. P., Chapman & Hall, London, pp. 193–255.
87. Collins, M. A. and Thompson, J. K. (1992) *Journal of Applied Bacteriology*, 73,237.
88. David, S., Stevens, H.,Van Riel, M., Simons, M. G. and De VoS, W. M. (1992) *Journal of Bacteriology*, **174**, 4475.
89. Deeth, H. C. and Fitz-Gerald, C. H. (1976) *Australian Journal of Dairy Technology*, **31**, 53.
90. Deeth, H. C. and Tamime, A. Y. (1981) *Journal of Food Protection*, **44**, 78.
91. Delcour, J., Bernard, N., Garmyn, D., Ferain, T. and Hols, P. (1993) *Lait*, 73, 127.
92. Delgado Zamarreno, M. M., Sanchez Perez, A., Sanches Rodriguez, M., Gomez Perez, M. C. and Hernandez Mendez, J. (1996) *Talanta*, **43**, 1555.
93. Demoraes, J. and Chandan, R. C. (1982) *Journal of Food Science*, 47, 1579.
94. Desjardins, M.-L., Roy, D. and Goulet, J. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73, 299.
95. Desmazeaud, M. J. (1974) *Biochimie*, 56, 1173.
96. Desmazeaud, M. J. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 469.
97. Desmazeaud, M. J. and Hermier, J. H. (1968) Annales de Biologic Animate Biochlmie et Biophysique, 8, 565.
98. Desmazeaud, M. J. and Juge, M. (1976) *Lait*, *56*, 241.
99. Desmazeaud, M. J. and Zevaco, C. (1976) *Annales de Biologic Animate Biochimie et Biophysique*, **16**, 851.
100. Dilanian, Z., Markarian, K. and Sarkisyan, R. (1970) *VIII International Dairy Congress*, **IE**, 122.
101. Dilanian, Z. Kh., Arutyunyan, R. K., Markarian, K. V. and Akopyan, A. A. (1971) *Dairy Science Abstracts*, 33, 222.
102. Dills, S. S., Apperson, A., Schmidt, M. R. and Saier, J. R., M. H. (1980) *Microbiological Reviews*, 44,385.
103. Doco, T., Fournet, B., Carcano, D., Ramos, P., Loones, A., Piot, J. M. and Guillochon, D. (1989) European Patent Application, EP 0331 564 A2.
104. Doco, T., Wieruszeski, J.-M., Fournet, B., Carcano, D., Ramos, P. and Loones, A. (1990) *Carbohydrate Research*, **198, 313.**
105. Doco, T., Carcano, D., Ramos, P., Loones, A. and Fournet, B. (1991) *Journal of Dairy Research*, 58, 147.
106. Drewek, Z. and Czarnocka-Roczniakowa, B. (1983) *Dairy Science Abstracts*, 45, 762.
107. Dumont, J. P. and Adda, J. (1973) *Lait*, 53, 12.
108. Durga, C. L., Sharada, D. and Sastry, P. M. (1986) *Indian Journal of Dairy Science*, **39**, 404.
109. Dutta, S. M., Kuila, R. K., Ranganathan, B. and Laxminarayana, H. (1971a) *Indian Journal of Diary Science*, 24, 107.

110. Dutta, S. M., Kuila, R. K., Ranganathan, B. and Laxminarayana, H. (1971 b) *MilchwitSenSchaft*, **26**, 158.
111. Dutta, S. M., Kuila, R. K., Sabharwal, V. B. and Ranganathan, B. (1972) *Journal of Food Science and Technology — India*, **9**, 207.
112. Dutta, S. M., Kuila, R. K. and Ranganathan, B. (1973) *Mitchwissenschaft*, 28, 231.
113. Dyachenko, P. P. (1971) In *Chemistry of Milk*, Ministry of Meat and Milk Industry, Tallinn, U.S.S.R.
114. Dyachenko, P. P. and Shidlovskaya, V. V. (1971) *Dairy Science Abstracts*, 33, 56.
115. El-Sawah, M. M. A., Sherief, A. A. and Bayoumy, S. M. (1995) *Antonie van Leeuwenhoek*, 67, 357.
116. El-Soda, M. A. and Desmazeaud, M. J. (1982) *Canadian Journal of Microbiology*, 28, 1181.
117. El-Soda, M. A., Desmazeaud, M. J. and Bergere, J. L. (1978a) *XX International Dairy Congress*, E, 475.
118. El-Soda, M. A., Desmazeaud, M. J. and Bergere, J. L. (1978b) *Journal of Dairy Research*, 45, 445.
119. El-Soda, M., Korayem, M. and Ezzat, N. (1986a) *Milchwissenschaft*, **41**, 353.
120. El-Soda, M. A., Desmazeaud, M. J., Le Bars, D. and Zevaco, C. (1986b) *Journal of Food Protection*, 49, 361.
121. El-Soda, M., Abd-El-Wahab, H., Ezzat, N., Desmazeaud, M. J. and Ismail, A. A. (1986c) *Lait*. **66**, 431.
122. El-Soda, M., Lucas, S. and Novel, G. (1989) *Egyptian Journal of Dairy Science*, *17*, *201*.
123. El-Soda, M., Macedo, A. and Olson, N. F. (1992) *Milchwissenschaft*, 47, 87.
124. Erzinkyan, L. A., Akopova, A. B., Tsibul'skaya, M. I. and Pomortseva, N. V. (1987) *Dairy Science Abstracts*, 49, 58.
125. Escalante, A., Wacher-Rodarte, G., Garcia-Garibay, M. and Farres, A. (1998) *Journal of Applied Microbiology*, **84**, *108*.
126. Estevez, C. R., Goicoechea, A. and Jimenez perez, S. (1988) *Dairy Science Abstracts*, 50,661.
127. Ezzat, N., El-Soda, M., Desmazeaud, M. J. and Ismail, A. (1982) *Milchwissenschaft*, 37, 666.
128. Ezzat, N . El-Soda, M., Bouillanne, C., Zevaco, C. and Blanchard, P. (1985) *Milchwissenschaft*, 40, 140.
129. Ezzat, N., El-Soda, M., Desmazeaud, M. J. and Ismail, A. A. (1986) *Lait*, 66, 445.
130. Ezzat, N., Zevaco, C., El-Soda, M. and Gripon, J. C. (1987) *Milchwissenschaft*, 42, 95.
131. Farrow, J. A. E. (1980) *Journal of Applied Bacteriology*, **49**, 493.
132. Fernandez, L. and Steele, J. L. (1993) *Journal of Dairy Science*, 76, 1233.
133. Fernandez, L., Bhowmik, T. and Steele, J. L. (1994) *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 333.
134. Fernandez-Garcia, E. and McGregor, J. U. (1994) *Journal of Dairy Science*, 77, 2934.
135. Formisano, M., Percuoco, G. and Percdoco, S. (1972) *Dairy Science Abstracts*, 34, 324.
136. Formisano, M., Percuoco, G. and Percuoco, S. (1973) *Dairy Science Abstracts*, 35, 137.
137. Formisano, M., Coppola, S., Percuoco, G., Percuoco, S., Zoina, A., Germano, S. and Capriglione, I. (1974) *Annali di Microbiologia ed Emimologia*, **24**, 281.
138. Fox, P. F. (Ed.) (1991) In *Food Emymology*, Vol. 1, Elsevier Science Publishers, London.
139. Fox, P. F. (Ed.) *(1994) In Advanced Dairy Chemistry: Lipids, Vol.2*, 2nd Edition, Chapman & Hall, London.
140. Friend, B. A., Fiedler, J. M. and Shahani, K. M. (1983) *Milchwissenschaft*, 38, 133.
141. Galesloot, Th. E. and Massing, F. (1966) *Dairy Science Abstracts*, 28, 184.
142. Gamar, L., Blondeau, K. and Simonet, J. M. (1997) *Journal of Applied Microbiology*, **83**, 281.
143. Gancel, F. and Novel, G. (1994a) *Journal of Dairy Science*, 77, 685.
144. Gancel, F. and Novel, G. (1994b) *Journal of Dairy Science*, 77, 689.
145. Gancel, F., Novel, G., Carcano, D., Loones, S. and Ramos, P. (1989) French Patent Application, FR 2632968 A 1.
146. Garcia-Garibay, M. and Marshall, V. M. E. (1991) *Journal of Applied Bacteriology*, 70, 325.
147. Garman, J., Coolbear, T. and Smart, J. (1996) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 46, 22.
148. Garvie, E. I. (1978) *Journal of Dairy Research*, 45, 515.
149. Garvie, E. I. (1980) *Microbiological Reviews*, **44**, 106.
150. Gassem, M. A., Schmidt, K. A. and Frank, J. F. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(3), 18.
151. Gassem, M. A., Schmidt, K. A. and Frank, J. F. (1997a) *Journal of Food Science*, **62**, 171.
152. Gassem, M. A., Sims, K. A. and Frank, J. F. (1997b) *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie*, 30, 273.
153. Gasser, F. (1970) *Journal of General Microbiology*, **62**, 223.
154. Gasser, F. and Gasser, C. (1971) *Journal of Bacteriology*, 106, 113.
155. Gatti, M., Fornasari, E. and Neviani, E. (1997) *Letters in Applied Microbiology*, **25**, 345.
156. Georgala, A. I. K., Tsakalidou, E., Kandarakis, I. and Kalantzopoulos, G. (1995) *Lait*, 75, 271.
157. Germond, J. E., Hottinger, H., Mignot, O., Mollet, B. and Tsuda, K. (1995) European Patent Application, EP0638642A1.
158. Gilbert, C., Atlan, D., Blanc, B. and Portalier, R. (1994) *Microbiology*, **140**, 537.
159. Gilbert, C., Atlan, D., Blanc, B., Popralier, R., Germond, J. E., Lapierre, L. and Mollet, B. (1996) *Journal of Bacteriology*, 178, 3059.
160. Gilbert, C., Blanc, B., Frot-Coutaz, J., Portalier, R. and Atlan, D. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 561.
161. Giraffa, G. (1994) *Industrie Alimentari*, 33, 295.
162. Giraffa, G. and Bergere, J.-L. (1987) *Lait*, **67**, 285.

163. Goh, J. S., Kwon, I. K, Ahn, J. K. and Yoon, Y. H. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 273.
164. Corner, F., Palo, V. and Bertan, M. (1968) *Milchwissenschaft*, 23, 94.
165. Gorner, F., Palo, V. and Bertan, M. (1971) *Dairy Science Abstracts*, 33, 800.
166. Greenberg, N. A. and Mahoney, R. R. (1982) *Journal of Food Science*, 47, 1824.
167. Greenberg, N. A. and Mahoney, R. R. (1984) *Food Chemistry*, **15**, 307.
168. Greenberg, N. A., Wilder, T. and Mahoney, R. R. (1985) *Journal of Dairy Research*, **52**, 439.
169. Grobben, G. J., Sikkema, J., Smith, M. R. and De Bont, J. A. M. (1995) *Journal of Applied Bacteriology*, 79, 103.
170. Grobben, G. J., Smith, M. R., Sikkema, J. and De Bont, J. A. M. (1996) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **46**, 279.
171. Grobben, G. J., Van Casteren, W. H. M., Schols, H. A., Oosterveld, A., Sala, G., Smith, M. R., Sikkema, J. and De Bont, J. A. M. (1997) *Applied Microbial and Biotechnology*, 48, 516.
172. Grobben, G. J., Chin-Joe, I., Kitzen, V. A., Boels, I. C., Sikkema, J., Smith, M. R. and De Bont, J. A. M. (1998) *Applied and Environmental Microbiology*, **64**, 1333.
173. Groux, M. (1976) In *Nestle Research News 1974/75*, Ed. by Boella, C. Nestle Product Technical Assistance, Lausanne, pp. 50–52.
174. Groux, M. and Moinas, M. (1974) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 293.
175. Grozeva, L., Tchorbanov, B. and Gyosheva, B. (1994) *Journal of Dairy Research*, **61**, 581.
176. Gruter, M., Leeflang, B. R., Kuiper, J., Kamerling, J. P. and Vligenthart, J. F. G. (1992) *Carbohydrate Research*, **231**, 273.
177. Gruter, M., Leeflang, B. R., Kuiper, J., Kamerling, J. P. and Vliegenthart, J. F. G. (1993) *Carbohydrate Research*, **239**, 209.
178. Guenduez, U. and Rejaee, R. (1997) *Turkish Journal of Biology*, 21, 109
179. Gupta, P. K., Mital, K. B., Garo, K. S. and Mishra, P. O. (1994) *Journal of Food Biochemistry*, 18, 55.
180. Gyosheva, B. (1985) *Nahrung, 29*, 185. gyosheva, b. (1986) *Dairy Science Abstracts*, 48, 564.
181. Gyosheva, B., Petrova, I. and Mutafchieva, M. (1996) *Nahrung*, 40, 68.
182. Habibi-Najafi, M. B. and Lee, B. H. (1994a) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 42, 280.
183. Habibi-Najafi, M. B. and Lee, B. H. (1994b) *Journal of Dairy Science*, 77, 385.
184. Habibi-Najafi, M. B. and Lee, B. H. (1995) *Journal of Dairy Science*, 78, 251.
185. Haesoo, K., Joungjwa, A., Kyungwook, L. and Dongsoon, S. (1996) *Foods and Biotechnology*, 5, 94.
186. Haggerty, R. J., Luedecke, L. O., Nagel, C. W. and Massey, L. K. (1984) *Journal of Food Science*, 49, 1194.
187. Hebert, E. M., Fernandez Murga, M. L., Font de Valdez, G. and De Giori, G. S. (1998) *Milchwissenschaft*, **53**, 184.
188. Hegazi, F. Z. (1987) *Nahrung*, **31**, 19.
189. Hegazi, F. Z. and Abo-Elnaga, I. G. (1989) *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 85, 322.
190. Hegazi, F. Z. and Abo-Elnaga, I. G. (1990) *Microbiotogie, Aliments, Nutrition*, 8, 119.
191. Hemme, D. and Nardi, M. (1980) *Lait*, 60, 375.
192. Hemme, D., Vassal, L., Foyen, H. and Auclair, J. P. (1979) *Lait*, **59**, 597.
193. Hemme, D., Wahl, D. and Nardi, M. (1980) *Lait*, 60, 111.
194. Hemme, D., Nardi, M. and Wahl, D. (1981) *Lait*, **61**, 1.
195. Hickey, M. W., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1983a) *Australian Journal of Dairy Technology*, **38**, 118.
196. Hickey, M. W., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1983b) *Australian Journal of Dairy Technology*, **38**, 154.
197. Hickey, M. W., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1986) *Applied and Environmental Microbiology*, **51**, 825.
198. Holck, A. and Naes, H. (1991) *Journal of General Microbiology*, **138**, 1353.
199. Holland, B., Unwin, I. D. and Buss, D. H. (1989) In *Milk Products and Eggs, 4th Supplement to McCance & Widdowson's The Composition of Foods*, 4th Edition, Royal Society of Chemistry, Cambridge.
200. Hoppner, K. and Lampi, B. (1990) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 23, 223.
201. Hosono, A., Zhang, X. and Otani, H. (1989) *Japanese Journal of Dairy and Food Science*, 38, A9.
202. Hosono, A., Suzliki, M. and Otani, H. (1991) *Animal Science and Technology*, 62, 39.
203. Hruskar, M., Vahcic, N. and Ritz, M. (1995) *Mljekarstvo*, 45, 175.
204. Hutkins, R. W. and Morris, H. A. (1987) *Journal of Food Protection*, 50, 876.
205. Hutkins, R. W. and Nannen, N. L. (1993) *Journal of Dairy Science*, 76, 2354.
206. Hutkins, R. W. and Ponne, C. (1991) *Applied and Environmental Microbiology*, 57, 941.
207. Hutkins, R. W., Morris, H. A. and McKay, L. L. (1985a) *Applied and Environmental Microbiology*, 50, 772.
208. Hutkins, R. W., Morris, H. A. and McKay, L. L. (1985b) *Applied and Environmental Microbiology*, 50, 777.
209. Ilinova, P. and Naumova, R. (1984) *Dairy Science Abstracts*, 46, 963.
210. Imhof, R., Glattli, H. and Bosset, J. O. (1994) *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 27, 442.
211. Imhof, R., Glattli, H. and Bosset, J. O. (1995) *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28, 78.
212. Ismail, A. A., Salama, F. A., Abou-Donia, S. A., Khader, A. E. and Abou-Zeid, N. A. (1980) *Mounoufeia Journal of Agricultural Research*, 3, 211.
213. Kahala, M., Pahkala, E. and Pihlanto-Lepala, A. (1993) *Agricultural Science of Finland*, 2, 379.

214. Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. and Georgala, C. (1990a) In *Processing and Quality of Foods*, Vol. 2, Ed. by Zeutheu, P., Cheftel, J. C, Eriksson, C., Gormley, T. R., Links, P. and Paulus, K. Elsevier Applied Science, London, pp. 2.52–2.60.
215. Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. and Manolopoulou, E. (1990b) *Journal of Dairy Research*, 57, 593.
216. Kanatani, K. and Oshimura, K. (1994) *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 78, 123.
217. Kandler, O. (1983) *Antonie van Leeuwenhoek*, 49, 209.
218. Kaneko, T., Suzuki, H. and Takahashi, T. (1987) *Dairy Science Abstracts*, 49, 201.
219. Kang, Y., Frank, J. F. and Lillard, D. A. (1988) *Cultured Dairy Products Journal*, 23(4), 6.
220. Keenan, T. W. and Bills, D. D. (1968) *Journal of Dairy Science*, 51, 1561.
221. Khalid, N. M. and Marth, E. H. (1990a) *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 381.
222. Khalid, N. M. and Marth, E. H. (1990b) *Systematic and Applied Microbiology*, 13, 311.
223. Khalid, N. M., El-Soda, M. and Marth, E. H. (1990) *Journal of Dairy Science*, 73, 2711.
224. Khalid, N. M., El-Soda, M. and Marth, E. H. (1991) *Journal of Dairy Science*, 74, 29.
225. Khamagacheva, N. S., Khamanacheva, N. I. and Sharobaiko, V. I. (1988) *Dairy Science Abstracts*, 50, 241.
226. Kielwein, G. and Daun, U. (1980) *Dairy Science Abstracts*, 42, 361.
227. Kilara, A. and Shahani, K. M. (1976) *Journal of Dairy Science*, 59, 2031.
228. Kilara, A. and Shahani, K. M. (1978) *Journal of Dairy Science*, 61, 1793.
229. Kim, S. I., Nalaskowska, M., Germond, J. E., Pridmore, D. and Soll, D. (1996) *Nucleic Acid Research*, 24, 2648.
230. Kimmel, S. A., Roberts, R. F. and Ziecler, G. R. (1998) *Applied and Environmental Microbiology*, 64, 659.
231. Klaenhammer, T. R. (1995) *International Dairy Journal*, 5, 1019.
232. Klupsch, H. J. (1984) German Federal Republic Patent Application, DE 33 00123 A1.
233. Kneifel, W., Holub, S. and Wirthmann, M. (1989) *Journal of Dairy Research*, 56, 651.
234. Kneifel, W., Erhard, F. and Jaros, D. (1991) *Milchwissenschaft*, 46, 685.
235. Kneifel, W., Ulberth, F., Erhard, F. and Jaros, D. (1992) *Milchwissenschaft*, 47, 362.
236. Kochhar, S., Chuard, N. and Hottinger, H. (1992a) *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 185, 705.
237. Kochhar, S., Chuard, N. and Hottinger, H. (1992b) *Journal of Biological Chemistry*, 267, 20298.
238. Kochhar, S., Hunzinker, P. E., Leong-Morgenthaler, P. and Hhottinger, H. (1992c) *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 184, 60.
239. Kochhar, S., Hunzinker, P. E., Leong-Morgenthaler, P. and Hottinger, H. (1992d) *Journal of Biological Chemistry*, 267, 8499.
240. Kojic, M., Fira, D., Banina, A. and Topisirovic, L. (1991) *Applied and Environmental Microbiology*, 57, 1753.
241. Kok, J. (1990) *FEMS Microbiology Reviews*, 87, 15.
242. Kondratenko, M. and Gyosheva, B. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 744.
243. Kotz, C. Mm., Furne, I. K., Savaiano, D. A. and Levitt, M. D. (1994) *Journal of Dairy Science*, 77, 3538.
244. Krsev, L. (1976) *Dairy Science Abstracts*, 38, 688.
245. Kunath, P. and Von Kandler, O. (1980) *Milchwissenschaft*, 35, 470.
246. Kunji, E. R. S., Mierau, I., Hagting, A., Poolman, B. and Konings, W. N. (1996) *Antonie van Leeuwenhoek*, 70, 187.
247. Kyriakidis, S. M., Sakellaris, G. and Sottroudis, T. G. (1993) *Letters in Applied Microbiology*, 16, 295.
248. Laloi, P., Atlan, D., Blanc, B., Gilbert, C. and Portalier, R. (1991) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 36, 196.
249. Larson, B. L. and Hegarty, H. M. (1979) *Journal of Dairy Science*, 62, 1641.
250. Laukkanen, M., Antila, P., Antila, V. and Salminen, K. (1988) *Meijertieteellinen Aikakauskirja*, XLVI, 7.
251. Lavanchy, P. and Steiger, C. (1984) *Special Publication – Royal Society of Chemistry*, No. 49, pp. 317-318.
252. Law, I. and Haandrikman, A. (1997) *International Dairy Journal*, 7, 1.
253. Lawrence, R. C., Thomas, T. D. and Terzaghi, B. E. (1976) *Journal of Dairy Research*, 43, 141.
254. Laye, I., Karleskind, D. and Morr, C. V. (1993) *Journal of Food Science*, 58, 991.
255. Lee, K. D., Lo, C. R., Richter, R. L. and Dill, C. W. (1995) *Journal of Dairy Science*, 78, 2666.
256. Lees, G. J. and Jago, G. R. (1966) In *Proceedings of Australian Dairy Manufacture Research Seminar*, April 1966, Melbourne, Australia.
257. Lees, G. J. and Jago, G. R. (1976a) *Journal of Dairy Research*, 43, 63.
258. Lees, G. J. and Jago, G. R. (1976b) *Journal of Dairy Research*, 43, 75.
259. Lees, G. J. and Jago, G. R. (1977) *Journal of Dairy Research*, 44, 139.
260. Lees, G. J. and Jago, G. R. (1978a) *Journal of Dairy Science*, 61, 1205.
261. Lees, G. J. and Jago, G. R. (1978b) *Journal of Dairy Science*, 61, 1216.
262. Lemoine, J., Chirat, F., Wieruszeski, J. M., Strecker, G., Favre, N. and Neeser, J. R. (1997) *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 3512.
263. Lentner, C. (Ed.) (1984) In *Geigy Scientific Tables – Physical Chemistry, Composition of Blood, Hematology, Somatometric Data*, Vol. 3, 8th Edition, Ciba-Geigy, Basle.

264. Lentner, C. (Ed.) (1986) In *Geigy Scientific Tables – Biochemistry, Metabolism of Xenobiotics, Inborn Errors of Metabolism, Pharmacogenetics and Ecogenetics*, Vol. 4, 8th Edition, Ciba-Geigy, Basle.
265. Link, H. and Pahud, J. J. (1991) European Patent Application, EP 0432 490 A2.
266. Linko, S., Enwald, S., Zhu, Y. H. and Mayra-Makinen, A. (1998) *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20, 215.
267. Lira, F., Garcia-Garibay, M., Wacher-Rodarte, C., Farres, A. and Marshall, V. M. E. (1997) *International Dairy Journal*, 7, 279.
268. Lopez-Fandino, R. and Ardo, Y. (1991) *Journal of Dairy Reserach*, **58**, 469.
269. Luca, C. (1974) *Dairy Science Abstracts*, **36**, 633.
270. Luczynska, A., Bijok, F., Wajnert, T., Kazimirczak, W., Lipinska, E., Kosikowska, M. and Jakbczyk, E. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 836.
271. Machuga, E. J. and Ives, D. H. (1984) *Biochimica et Biophysica Ada*, **789**, 26.
272. Malan, A. L. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 610.
273. Malik, R. K., Prasher, R. and Mather, D. K. (1994) *Indian Journal of Dairy Science*, 47, 987.
274. Manca de Nadra, M. C., Pesce de Ruiz Holgado, A. A. and Oliver, G. (1982) *Milchwissenschaft*, **37**, 669.
275. Manca de Nadra, M. C., Strasser de Saad, A. M., Pesce de Ruiz Holgado, A. A. and Oliver, G. (1985) *Milchwissenschaft*, **40**, 409.
276. Manca de Nadra, M. C., Raya, R. R., Pesce de Ruiz Holgado, A. A. and Oliver, G. (1987) *Milch wissenschaft*, **42**, 92.
277. Manca de Nadra, M. C., Amoroso, M. J. and Oliver, G. (1988) *Microblologie, Aliments, Nutrition*, **6**, 269.
278. Manjunath, N., Joseph, A. M. and Srinivasan, R. A. (1983) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 11, 111.
279. Marranzini, P. M., Schmidt, R. H., Shierman, R. B., Marshall, M. R. and Cornell, J. A. (1989) *Journal of Dairy Science*, **72**, *142*.
280. Marshall, V. M. E. (1987) *FEMS Microbiology Reviews*, **46**, 327.
281. Marshall, V. M. E. and Cole, V. M. (1983) *Journal of Dairy Research*, 50, 375.
282. Marshall, V. M. E. and Tamime, A. Y. (1997a) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and fermented Milk*, *2nd* Edition, Ed. by Law, B. A., Blackie Academic & Professional, London, pp. 153–192.
283. Marshall, V. M. E. and Tamime, A. Y. (1997b) *International Journal of Dairy Technology*, 50, 35.
284. Martin-Hernandez, M. C., Alting, A. C. and Exterkate, F. A. (1994) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **40**, 828.
285. McKay, L. L., Walter, L. A., Sandine, W. E. and Elliker, P. P. (1969) *Journal of Bacteriology*, **99**, 603.
286. Meisel, H., Goepfert, A. and Gunther, S. (1997) *Milchwissenschaft*, 52, 307.
287. Meyer, J. and Jordi, R. (1987) *Journal of Dairy Science*, 70, 738.
288. Midwinter, R. G. and Pritchard, G. G. (1994) *Journal of Applied Bacteriology*, 77, 288.
289. Miller, I. and Kandler, O. (1967a) *Milchwissenschaft*, 22, 150.
290. Miller, I. and Kandler, O. (1967b) *Milchwissenschaft*, 22, 608.
291. Mitic, S., Otenhajmer, I. and Obradovic, D. (1974) *Dairy Science Abstracts*, 36, 656.
292. Miyakawa, H., Kobayashi, S., Shimamura, S. and Tomita, M. (1991) *Journal of Dairy Science*, 74, 2375.
293. Miyakawa, H., Kobayashi, S., Shimamura, S. and Tomita, M. (1992) *Journal of Dairy Science*, 75, 27.
294. Mogensen, G. (1992) In *Food Technology Europe*, Ed. by Turner, A., Sterling Publications, London, pp. 35–39.
295. Mollet, B. (1996) *CEREVISA – Belgian Journal of Brewing and Biotechnology*, **21**, 63.
296. Monnet, V., Condon, S., Cogan, T. M. and Gripon, J. C. (1996) In *Dairy Starter Cultures*, Ed. by Cogan, T. M. and Accolas, J.-R., VCH Publishers, New York, pp. 47–99.
297. Moon, Y. I. and Kim, Y. K. (1986) *Dairy Science Abstracts*, 48, 242.
298. Moon, Y. I. and Kim, Y. K. (1990a) *Dairy Science Abstracts*, 52, 203.
299. Moon, Y. I. and Kim, Y. K. (1990b) *Dairy Science Abstracts*, 52, 203.
300. Moon, Y. I., Kim, M. B. and Kim, Y. K. (1989a) *Dairy Science Abstracts*, 51, 135.
301. Moon, Y. I., Kim, M. B. and Kim, Y. K. (1989b) *Dairy Science Abstracts*, 51, 135.
302. Morichi, T., Sharpe, M. E. and Reiter, B. (1968) *Journal of General Microbiology*, 53, 405.
303. Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Oliver, G. and Font de Valdez, G. (1994) *Milchwissenschaft*, 49, 667.
304. Mozzi, F., Oliver, G., Savoy de Giori, G. and Font de Valdez, G. (1995a) *Milchwissenschaft*, 50, 80.
305. Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Oliver, G. and Font de Valdez, G. (1995b) *Milchwissenschaft*, 50, 186.
306. Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Oliver, G. and Font de Valdez, G. (1995c) *Milch wissenschaft*, 50, 307.
307. Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Oliver, G. and Font de Valdez, G. (1996) *Milchwissenschaft*, 51, 670.
308. Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Oliver, G. and Font de Valdez, G. (1997) *Milchwissenschaft*, 52, 663.
309. Mulder, H. and Walstra, P. (1974) In *The Milk Fat Globule Emulsion Science as Applied to Milk Products and Comparable Foods*, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.
310. Mulholland, F. (1994) In *Biochemistry of Milk Products*, Ed. by Andrews, A.T. and Varley, J., Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 83–93.

311. Mutai, M., Aso, K. and Shirota, M. (1972) In *Conversion and Manufacture of Foodstuffs by Microorganisms*, Yakult Institute, Saikon Publishing, Japan.
312. Nachev, L. (1970) *Dairy Science Abstracts*, 32, 181.
313. Nadathur, S. R., Carney, J. R., Gould, S. J. and Bakalinsky, A. T. (1996) *Mutation Research, Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, **359**, 179.
314. Nader de Macias, M. E., Perdigon, G., Oliver, G. and Pesce de Ruiz Holgado, A. A. (1986) *Systematic and Applied Microbiology*, **8**, 28.
315. Naes, H. and Nissen-Meyer, J. (1992) *Journal of General Microbiology*, 138, 313.
316. Nakai, T. and Elliot, J. A. (1965) *Journal of Dairy Science*, **48**, 287.
317. Nakajima, H., Toyoda, S., Toba, T., Itoh, T., Mukai, T., Kitazawa, H. and Adachi, S. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73**, 1472.
318. Nannen, N. L. and Hutkins, R. W. (1991a) *Journal of Dairy Science*, 74, 741.
319. Nannen, N. L. and Hutkins, R. W. (199lb) *Journal of Dairy Science*, 74, 747.
320. Navder, K. P., Huang, R. S., Fryer, E. B. and Fryer, H. Cc. (1990) *Journal of Food Science*, 55, 585.
321. Noda, H., Akasaka, N. and Ohsugi, M. (1994) *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **40**, 181.
322. Noh, D. O. and Gilliland, S. E. (1994) *Journal of Dairy Science*, 77, 3532.
323. Oberg, C. J., Weimer, B. C., Moves, L. V., Brown, R. J. and Richardson, G. H. (1991) *Journal of Dairy Science*, 74, 398.
324. Occhino, L. A., Morris, H. A. and Saviano, D. A. (1986) *Journal of Dairy Science*, **69**, 2583.
325. Ohmiya, K. and Sato, Y. (1968) *Journal of Agricultural and Biological Chemistry*, **32**, 291.
326. Ohmiya, K. and Sato, Y. (1969) *Journal of Agricultural and Biological Chemistry*, 33, 669.
327. Ohmiya, K. and Sato, Y. (1978) *Journal of Agricultural and Biological Chemistry*, 42, 7.
328. Okonkwo, P. and Kinsella, J. E. (1969a) *Journal of Dairy Science*, 52, 1861.
329. Okonkwo, P. and Kinsella, J. E. (1969b) *American Journal of Clinical Nutrition*, **22**, 532.
330. Oner, M. D. and Erickson, L. E. (1986) *Biotechnology and Bioengineering*, 28, 883.
331. Oner, M. D., Erickson, L. E. and Yang, S. S. (1986a) *Biotechnology and Bioengineering*, 28, 895.
332. Oner, M. D., Erickson, L. E. and Yang, S. S. (1986b) *Biotechnology and Bioengineering*, 28, 902.
333. Oner, M. D., Erickson, L. E. and Yang, S. S. (1986c) *Biotechnology and Bioengineering*, 28, 919.
334. Oner, M. D., Erickson, L. E. and Yang, S. S. (1986d) In *Food Engineering and Process Applications*, Vol. 1, Ed. by Le Maguer, M. and Jelen, P., Elsevier Applied Science, London, pp. 367–376.
335. Ordonez, G. O. and Jeon, I. T. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, 30(4), 29.
336. Ott, A., Fay, L. B. and Chaintreau, A. (1997) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 850.
337. Otterholm, A., Ordal, Z. J. and Witter, L. D. (1968) *Applied Microbiology*, **16**, 524.
338. Ottogalli, G., Rismini, R., Rondimini, G. and Saracchi, S. (1974) *Dairy Science Abstracts*, **36**, 314.
339. Permi, L., Sandine, W. E. and Elliker, P. P. (1972) *Applied Microbiology*, **24**, 51.
340. Petit, C., Grill, J. P., Maazouzi, N. and Marczak, R. (1991) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **36**, 216.
341. Pette, J. W. and Lolkema, J. (1950) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 4, 261.
342. Poch, M. T. and Somkuti, G. A. (1998) *Biotechnology Techniques*, 7, 781.
343. Poolman, B. (1993) *Lait*, 73, 87.
344. Poolman, B., Rover, T. J., Mainzer, S. E. and Schmidt, B. F. (1989) *Journal of Bacteriology*, 171, 244.
345. Poolman, B., Royer, T. J., Mainzer, S. E. and Schmidt, B. F. (1990) *Journal of Bacteriology*, 172, 4037.
346. Poolman, B., Knol, J. and Lolkema, J. S. (1995) *Journal of Biological Chemistry*, 270, 12995.
347. Poznanski, S., Lenoir, J. and Mocquot, G. (1965) *Lait*, 43,3.
348. Prakash, B. S. and Sharma, R. S. (1986) *Journal of Food Science and Technology - India*, 23, 85.
349. Pritchard, G. G. and Coolbear, T. (1993) *FEMS Microbiology Reviews*, 12, 179.
350. Puhan, Z., Banhegyi, M. and Fluoeler, O. (1973a) *Schweizerische Milchwirtschaftliche Forschung*, 2, 53.
351. Puhan, Z., Fluoeler, O. and Banhegyi, M. (1973b) *Schweizerische Milchwirtschaftliche Forschung*, 2, 53.
352. Puhan, Z., Fluoeler, O. and Banhegyi, M. (1974) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 451.
353. Pulusani, S. R., Rao, D. R. and Sunki, G. R. (1979) *Journal of Food Science*, 44, 575.
354. Rahier, D. and Desmazeaud, M. J. (1973) *Biochimie*, 55, 389.
355. Ramos, M. S. and Harlander, S. K. (1990) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 34, 368.
356. Rantanen, T. and Palva, A. (1997) *Microbiology - Reading*, 143, 3899.
357. Rao, M. V. R. and Dutta, S. M. (1977) *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, **34**, 185.
358. Rao, M. V. R. and Dutta, S. M. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 495.
359. Rao, D. R. and Pulusani, S. R. (1981) *Journal of Food Science*, **46**, 630.
360. Rao, D. R. and Reddy, J. C. (1984) *Journal of Food Science*, 49, 748.
361. Rao, D. R. and Shahani, K. M. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, 22(1), 6.
362. Rao, D. R., Reddy, A. V., Pulusani, S. R. and Cornwell, P. E. (1984) *Journal of Dairy Science*, 67, 1169.
363. Rasic, J. and Panic, B. (1963) *Dairy Industries*, 28, 35.
364. Rasic, J. and Vucurovic, N. (1973) *Milchwissenschaft*, 28, 220.

365. Rasic, J., Stojslavuevic, T. and Curcic, R. (1971a) *Milchwissenschaft*, 26, 219.
366. Rasic, J., Curcic, R., Stojslavljevic, T. and Obradovic, B. (197lb) *Milchwissenschaft*, 26, 496.
367. Rasic, J., Vucurovic, N. and Obradovic, B. (1973) *Milchwissenschaft*, 28, 168.
368. Rawson, H. L. and Marshall, V. M. E. (1997) *International Journal of Food Science and Technology*, 32, 213.
369. Raya, R. R., Manca de Nadra, M. C., Pesce de Ruiz Holgado, A. and Oliver, G. (1986a) *Milchwissenschaft*, 41, 397.
370. Raya, R. R., Manca de Nadra, M. C., Pesce de Ruiz Holgado, A. and Oliver, G. (1986b) *Milchwissenschaft*, **41**, 630.
371. Reddy, G. V., Shahani, K. M. and Banergee, M. R. (1973a) *Journal of the National Cancer Institute*, **50**, 815.
372. Reddy, M. S., Williams, F. D. and Reinbold, G. W. (1973b) *Journal of Dairy Science*, 56, 634.
373. Reddy, K. P., Shahani, K. M. and Kulkarni, S. M. (1976) *Journal of Dairy Science*, **59**, 191.
374. Reps, A., Hammond, E. G. and Glatz, B. A. (1987) *Journal of Dairy Science*, 70, 559.
375. Rezanka, T., Viden, I., Pokorna, L., Klanova, K. and Podojil, M. (1983) *Folia Microbiologica*, 28, 470.
376. Richmond, M. L., Harte, B. R., Gray, J. I. and Stine, C. M. (1987) *Journal of Dairy Science*, 70, 1140.
377. Roberts, C. M., Fett, W. F., Osman, S. F., Wijey, C., O'Connor, J. V. and Hoover, D. G. (1995) *Journal of Applied Bacteriology*, **78**, 463.
378. Robijn, G. W., Thomas, J. R., Haas, H., Van den Berg, D. J. C., Kamerling, J. P. and Vliegenthart, J. F. G. (1995a) *Carbohydrate Research*, **276**, 137.
379. Robijn, G. W., Van den Berg, D. J. C., Haas, H., Kamerling, J. P. and Vliegenthart, J. F. G. (1995b) *Carbohydrate Research*, **276**, 117.
380. Robijn, G. W., Wienk, H. L. T., Van den Berg, D. J. C., Haas, H., Kamerling, J. P. and Vliegenthart, J. F. G. (1996) *Carbohydrate Research*, 285, 129.
381. Robinson, R. K., Tamime, A. Y. and Chubb, L. W. (1977) *The Milk Industry*, 79(4), 4.
382. Rodwell, V. (1975) In *Review of Physiological Chemistry*, 15th Edition, Ed. by Harper, H. A., Lange Medical Publications, California.
383. Rul, F. and Monnet, V. (1997) *Journal of Applied Microbiology*, 82, 695.
384. Rul, F., Monnet, V. and Gripon, J.-C. (1994) *Journal of Dairy Science*, 77, 2880.
385. Rysstad, G. and Abrahamsen, R. K. (1987) *Journal of Dairy Research*, 54, 257.
386. Saidi, B. and Warthesen, J. J. (1989) *Journal of Dairy Science*, 72, 2900.
387. Saidi, B. and Warthesen, J. J. (1993) *International Dairy Journal*, 3, 675.
388. Sandine, W. E. and Elliker, P. P. (1970) *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **18**, 557.
389. Sato, Y. and Nakashima, J. (1965) *Journal of Agricultural Chemical Society - Japan*, **39**, 292.
390. Schellhaas, S. M. (1984) *Dissertation Abstracts International B*, **44**, 2698.
391. Schellhaas, S. M. and Morris, H. A. (1985) *Food Microstructure*, **4**, 279.
392. Schmidt, R. H., Davidson, S. M. and Bates, R. P. (1983) *Journal of Food Science*, 48, 1556.
393. Schmidt, R. H., Kennedy, L. B., McMullan, E. B. and Mason, E. R. (1989) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **37**, 1215.
394. Schulz, M. E. and Hingst, G. (1954) *Mitchwissenschaft*, ***9***, 330.
395. Scott, K. J. and Bishop, D. R. (1986) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **39**, 32.
396. Sebastiani, H. and Zelger, G. (1998) *Milchwissenschaft*, 53, 15.
397. Seneca, H., Henderson, E. and Collins, A. (1950) *American Practitioner for Digestive Treatment*, **1**, 1252.
398. Shah, N. and Jelen, P. (1991) *Milchwissenschaft*, **46**, 570.
399. Shahani, K. M., Reddy, G. V. and Joe, A. M. (1974) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 569.
400. Shahbal, S., Hemme, D. and Desmazeaud, M. (1991) *Lait*, **71**, 351.
401. Shankar, P. A. (1977) In *Inter-relationship of* S. thermophilus *and* L. bulgaricus *in Yoghurt Cultures*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
402. Shankar, P. A. and Davies, F. L. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 467.
403. Sharma, R. K. and Dutta, S. M. (1990) *Indian Journal of Dairy Science*, 43, 213.
404. Sharma, R., Lal, D. and Malik, R. K. (1996) *Indian Journal of Dairy and Biosciences*, 7, 1.
405. Sharpe, M. E., Garvie, E. I. and Tilbury, R. H. (1972) *Applied Microbiology*, 23, 389.
406. Shidlovskaya, V. V. and Dyachenko, P. F. (1968) *Dairy Science Abstracts*, 30, 271.
407. Sikkema, J. and Oba, T. (1998) *Snow Brand R&D Reports*, No. 107, pp. 1–31.
408. Singh, J. (1983) *Milchwissenschaft*, 38, 347.
409. Singh, J. and Kaul, A. (1982a) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 10, 129.
410. Singh, J. and Kaul, A. (1982b) *Folia Microbiologica*, 27, 142.
411. Singh, J. and Ranganathan, B. (1974a) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 385.
412. Singh, J. and Ranganathan, B. (1974b) *Acta Microbiologica Polonica*, 6, 15.
413. Singh, J. and Ranganathan, B. (1977a) *Indian Journal of Dairy Science*, 30, 70.
414. Singh, J. and Ranganathan, B. (1977b) *Indian Journal of Experimental Biology*, 15, 490.
415. Singh, J. and Ranganathan, B. (1978) *Journal of Dairy Research*, 45, 123.

416. Singh, J. and Ranganathan, B. (1979) *Milchwissenschaft*, 34, 288.
417. Singh, J. and Sharma, D. K. (1983) *Milchwissenschaft*, 38, 148.
418. Singh, J., Ranganathan, B. and Grander, H. (1978) *XX International Dairy Congress*, E, 517.
419. Singh, J., Khanna, A. and Chander, H. (1980) *Journal of Food Protection*, 43, 399.
420. Singh, J., Sharma, D. K. and Jain, L. K. (1982) *Egyptian Journal of Dairy Science*, 10, 125.
421. Sinha, P. P., Modler, H. W. and Emmons, D. B. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, 24(2), 12.
422. Skriver, A., Buchheim, W. and Qvist, K. B. (1995) *Milchwissenschaft*, 50, 683.
423. Smart, J. (1991) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 34, 495.
424. Smart, J. and Richardson, B. (1987) *Applied Microbiology and Biochemistry*, 26, 177.
425. Smart, J. B., Crow, V. L. and Thomas, T. D. (1985) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 20, 43.
426. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1978) *Journal of Dairy Science*, **61** (Suppl. 1), 118.
427. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1979a) *Journal of Applied Biochemistry*, **1**, 357.
428. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1979b) *Journal of Food Protection*, 42, 881.
429. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1991) *Biotechnology Letters*, **13**, 809.
430. Somkuti, G. A. and Steinberg, D. H. (1995) *Biotechnology and Applied Biochemistry*, **21**, 23.
431. Stanier, R. Y., Ingram, J. L., Wheelis, M. L. and Painter, P. P. (1987) In *The Microblal World*, 5th Edition, MacMillan Education, London.
432. Stefanitsi, D. and Garel, J.-R. (1997) *Letters in Applied Microbiology*, 24, 180.
433. Stefanitsi, D., Sakellaris, G. and Garel, J.-R. (1995) *FEMS Microbiology Letters*, 128, 53.
434. Stefanova, M. and Gyosheva, B. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 899.
435. Stingele, F. Neeser, J.-R. and Mollet, B. (1996) *Journal of Bacteriology*, 178,1680.
436. Stojslavljevic, T., Rasic, J. and Curcic, R. (1971) *Milchwissenschaft*, 26, 147.
437. Suzuki, Y. (1990) *Dairy Science Abstracts*, 52, 380.
438. Suzuki, I., Watanaba, M., Kitada, T., Kato, S. and Morichi, T. (1979) *Japanese Journal of Zootechnlcal Science*, **50**, 796.
439. Suzuki, I., Kato, S., Kitada, T., Yano, N. and Morichi, T. (1986) *Journal of Dairy Science*, **69**, 971.
440. Taguchi, H. and Ohta, T. (1991) *Journal of Biological Chemistry*, **266**, 12588.
441. Taguchi, H. and Ohta, T. (1993) *Journal of Biological Chemistry*, **268**, 18030.
442. Takahashi, T. and Morotomi, M. (1994) *Journal of Dairy Science*, 77, 3275.
443. Tamime, A. Y. (1977a) In *Some Aspects of the Production of Yoghurt and Condensed Yoghurt*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
444. Tamime, A. Y. (1977b) *Dairy Industries International*, 42(8), 7.
445. Tamime, A. Y. (1978) *Cultured Dairy Products Journal*, 13(3), 16.
446. Tamime, A. Y. and Deeth, H. C. (1980) *Journal of Food Protection*, **43**, 939.
447. Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1978) *Milchwissenschaft*, 33, 209.
448. Tamime, A. Y., Kalab, M. and Davies, G. (1984) *Food Microstructure*, 3, 83.
449. Tan, P. S. T., Sasaki, M., Bosman, B. W. and Iwasaki, T. (1995) *Applied and Environmental Microbiology*, **61**, 3430.
450. Tanev, G. and Zivkova, A. (1977) *Milchwissenschaft*, 32, 280.
451. Teggatz, J. A. and Morris, H. A. (1990) *Food Structure*, **9**, 133.
452. Thomas, T. D. and Crow, V. L. (1984) *Applied and Environmental Microbiology*, 48, 186.
453. Thomas, T. D. and Pritchard, G. G. (1987) *FEMS Microbiology Reviews*, **46**, 245.
454. Thomopoulos, C., Tzia, C. and Milkas, D. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 426.
455. Thompson, J. (1988) *Biochimie*, 70, 325.
456. Tinson, W., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1982a) *Australian Journal of Dairy Technology*, 37,8.
457. Tinson, W., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1982b) *Australian Journal of Dairy Technology*, **37**,22.
458. Tinson, W., Broome, M. C., Hillier, A. J. and Jago, G. R. (1982c) *Australian Journal of Dairy Technology*, 37, 14.
459. Toba, T., Tomrra, Y., Itoh, T. and Adachi, S. (1981) *Journal of Dairy Science*, **64**, 185.
460. Tome, D. (1998) In *Danone World Newsletter*, No. **17**, pp. 3–13.
461. Truffa-Bachi, P. and Cohen, G. N. (1968) *Annual Review of Biochemistry*, 37, 79.
462. Tsakalidou, E. and Kalantzopoulos, G. (1992) *Journal of Applied Bacteriology*, 72, 227.
463. Tsakalidou, E., Zoidou, E. and Kalantzopoulos, G. (1992) *Milchwissenschaft*, 47, 296.
464. Tsakalidou, E., Dalezios, I., Georgalaki, M. and Kalantzopoulos, G. (1993) *Journal of Dairy Science*, *76*, 2145.
465. Turcic, M., Rasic, J. and Canic, V. (1969) *Milchwissenschaft*, 24, 277.
466. Uemura, H., Yamada, M., Toba, T. and Itoh, T. (1994) *Dairy Science Abstracts*, *56*, 271.
467. Ulberth, F. (1991) *Journal of AOAC International*. 74, 630.
468. Ulberth, F. and Kneifel, W. (1992) *Milchwissenschaft*, 47, 432.
469. Umanskii, M. S., Matveeva, S. K., Borovkova, A. and Ostroumov, L. A. (1974) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 337.
470. Vaitheeswaran, N. I. and Bhat, G. S. (1988) *Journal of Dairy Research*, 55, 443.

471. Vanderpoorten, R. and Von Renterghem, R. (1974) *XIX International Dairy Congress*, IE, 573.
472. Varmanen, P., Steele, J. L. and Palva, A. (1994) *FEMS Microbiology Letters*, 124, 315.
473. Varmanen, P., Rantanen, T., Palva, A. and Tynkkynen, S. (1998) *Applied and Environmental Microbiology*, 64, 1831.
474. Vedamuthu, E. R. (1982) United States Patent Application, US 4339464.
475. Vesanto, E., Varmanen, P., Steele, J. L. and Falva, A. (1994) *European Journal of Biochemistry*, 224, 991.
476. Vescovo, M., Torriani, S., Scolari, G. and Dicks, L. M. T. (1995) *Annali di Microbiologia ed Emimologia*, 45, 51.
477. Viani, R. and Horman, I. (1976) In *Nestle Research News 1974/75*, Ed. by Boella, C, Nestle Products Technical Assistance, Lausanne, pp. 53–54.
478. Vinals, C., De Bolle, X., Depiereux, E. and Feytmans, E. (1995) *Proteins: Structure, Functions and Genetics*, 21, 307.
479. Wacher-Rodarte, C., Galvan, M. V., Farres, A., Gallardo, F., Marshall, V. M. E. and Garcia-Garibay, M. (1993) *Journal of Dairy Research*, **60**, 247.
480. Wachol-Drewek, Z. and Roczniak, B. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 309.
481. Walstra, P. and Jenness (1984) In *Dairy Chemistry and Physics*, John Wiley & Sons, New York.
482. Wang, D., Skakibara, M., Kondoh, N. and Suzuki, K. (1996) *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, *65*, 86.
483. Weihrauch, J. I. (1988) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 3rd Edition, Ed. by Wong, N.P., Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 215–278.
484. Weimer, K., Oberg, C. J., Moves, L. V., Brown, R. J. and Richardson, G. H. (1989) *Journal of Dairy Science*, 72, 2873.
485. Wigertz, K., Svensson, U. K. and Jagerstad, M. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 239.
486. Wilkins, D. W., Schmidt, R. H. and Kennedy, L. B. (1986a) *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 34, 150.
487. Wilkins, D. W., Schmidt, R. H., Shireman, R. B., Smith, K. L. and Jezeski, J. J. (1986b) *Journal of Dairy Science*, 69, 1219.
488. Winters, D. A. and Batt, C. A. (1991) *Milch wissenschaft*, **46**, 753.
489. Wohlrab, Y. and Bockelmann, W. (1992) *International Dairy Journal*, 2, 345.
490. Wohlrab, Y. and Bockelmann, W. (1993) *International Dairy Journal*, **3**, 685.
491. Wohlrab, Y. and Bockelmann, W. (1994) *International Dairy Journal*, **4**, 409.
492. Wolin, M. J. (1964) *Science*, **146**, 775.
493. Yamamot, N., Akino, A. and Takano, T. (1993) *Journal of Biochemistry*, **114**, 740.
494. Yamamot, N., Akino, A. and Takano, T. (1994) *Journal of Dairy Science*, 77, 917.
495. Yaygin, H. (1982a) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 294.
496. Yaygin, H. (1982b) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 302.
497. Yaygin, H. and Mehanna, N. M. (1988) *Indian Journal of Dairy Science*, **41**, 432.
498. Yoasts, S., Adams, P. M., Mainzer, S. E., Moon, K., Palombella, A. L. and Schmidt, B. F. (1994) *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 1221.
499. Yu, J. H. and Chung, E. Y. (1986) *Dairy Science Abstracts*, 48, 340.
500. Yu, J. H. and Nakanishi, T. (1975a) *Japanese Journal of Dairy Science*, 24, A27.
501. Yu, J. H. and Nakanishi, T. (1975b) *Japanese Journal of Dairy Science*, 24, A79.
502. Yu, J. H. and Nakanishi, T. (1975c) *Japanese Journal of Dairy Science*, 24, A117.
503. Yu, J. H., Nakanishi, T. and Suyama, K. (1974) *Japanese Journal of Dairy Science*, 23, A195.
504. Yu, J. H.,Saito, M. and Lee, K. H. (1985) *Dairy Science Abstracts*, 47, 642.
505. Zanatta, P. and Basso, A. (1992) *Lait*, 72,285.
506. Zevaco, C. and Gripon, J.-C. (1988) *Lait*, **68**,393.
507. Zourari, A. and Desmazeaud, M. J. (1990) In *Processing and Quality of Foods, Vol.* 2, Ed. by Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C., Gormley, T. R., Linko, P. and Paulus, K., Elsevier Applied Science, London, pp. 2.46–2.51.
508. Zourari, A. and Desmazeaud, M. J. (1991) *Lait*, **71**, 463.
509. Zourari, A., Rogers, S., Chabanet, C. and Desmazeaud, M. J. (1991) *Lait*, 71, 445.
510. Zourari, A., Accolas, J.-P. and Desmazeaud, M. J. (1992a) *Lait*, 72,1.
511. Zourari, A., Commissaire, J. and Desmazeaud, M. J. (1992b) *Journal of Dairy Research*, **59**, 105.

8
ПРОИЗВОДСТВО ЗАКВАСКИ И СПОСОБЫ ЕЕ КОНСЕРВИРОВАНИЯ

8.1 Введение

Производство йогурта в настоящее время более централизовано, чем в прошлом, и поскольку успех напрямую зависит от применяемой технологии, тщательная селекция, сохранение и последующее культивирование микрофлоры закваски помогает достичь стандартного качества в конечном продукте и поддерживать его на должном уровне.

Обычно для йогурта используют культуры двух видов *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Эти микроорганизмы, как правило, культивируют вместе, называя заквасками со смешанными штаммами или смешанной культурой. Микроорганизмы культуры в небольшом количестве сохраняют в качестве запасной (музейной) культуры, которые впоследствии активизируют для использования в молочном производстве. Для получения требуемого объема используют определенную систему пересадок. Например, если ежедневное производство йогурта составляет 25 000 л, а объем для заквашивания – 2 мл/100 мл, то количество необходимой закваски составляет 500 л. Поэтому используют следующие стадии приготовления закваски:

Исходная культура (закваска) —1 г/мл→ Лабораторная закваска —20 мл→ Пересадочная закваска —10 л→ Производственная закваска —500 л→ Резервуар для сквашивания

Активизацию исходной заквасочной культуры и приготовление лабораторной закваски проводят в микробиологической лаборатории, а пересадочную и производствен-

ную закваски готовят в заквасочном отделении молочного предприятия. Указанные стадии приготовления закваски наглядно представлены на рис. 8.1.

Активная производственная закваска должна иметь следующие характеристики:

- максимальное количество жизнеспособных клеток;
- отсутствие любых загрязнителей, например, коли-форм, дрожжей или плесеней;
- сохранение активности при культивировании в молоке в процессе производства йогурта, а следовательно, и при промежуточных пересадках крайне важно.

Лабораторную и пересадочную закваски готовят на стерильном молоке и в стерильных условиях. Активность их можно поддерживать с помощью одного из следующих приемов [52]:

- во-первых, снижая метаболическую активность микроорганизмов или управляя ею путем обычного охлаждения — этот подход применяется для кратковременного хранения закваски (до недели);
- во-вторых, концентрированием и отделением микроорганизмов от продуктов их жизнедеятельности, с последующим формированием суспензии в стерильной среде и, наконец, сохранением сушкой или замораживанием [114, 130, 131].

Сухие и замороженные формы используются для длительного хранения закваски; такие культуры могут быть получены из коллекций музейных культур, имеющихся в исследовательских организациях молочного профиля, в колледжах, в банках культур, или от изготовителей промышленной закваски.

8.2 Способы сохранения закваски

Чтобы иметь постоянный запас микроорганизмов для приготовления производственной закваски, необходимо тщательно сохранять исходные (стартерные) культуры. В случае инактивации микрофлоры закваски некоторые типы сохраненных культур могут использоваться для прямого заквашивания молока в резервуаре (*DVS*). Кроме того, последовательные пересадки могут привести к появлению мутантов, изменяющих поведение и общие характеристики закваски. В случае смешанной культуры последовательные пересадки могут изменять соотношение *S. thermophilus : L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*; в «биозакваскаx» количество видов *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterlum* также может изменяться.

Молочные закваски могут быть сохранены в одном из следующих видов:

- жидкая закваска;
- сухая закваска:
  (а) неконцентрированная (полученная распылительной или сублимационной сушкой; эти методы довольно стары и в настоящее время не используются), и (б) концентрированная (бактериальный концентрат), полученная методом сублимационного высушивания;
- замороженная закваска:
  (а) замороженная при –20 °С (неконцентрированная);

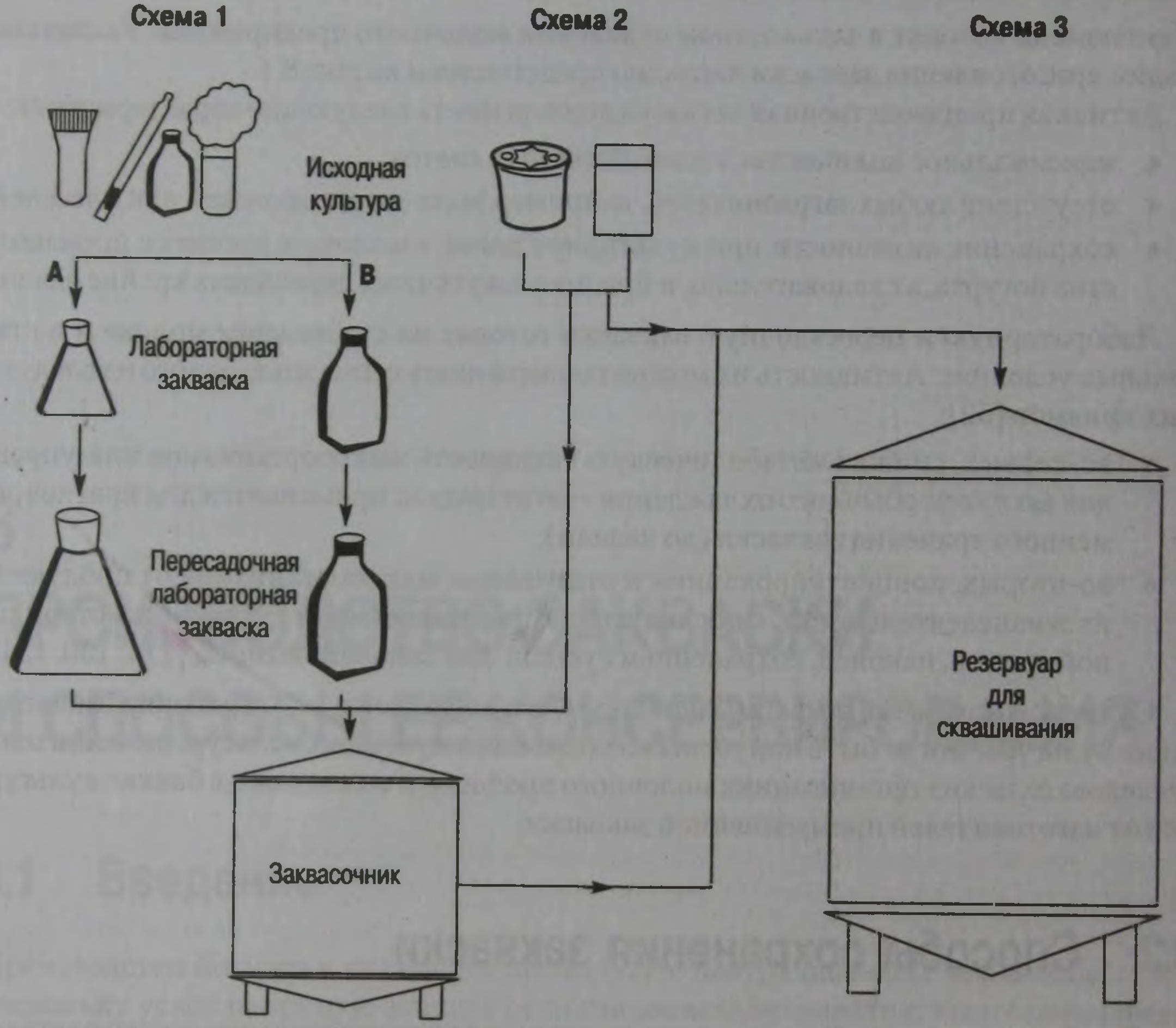


Рис. 8.1. Приготовление закваски

Примечание. В первой схеме исходная культура, предназначенная для получения производственной закваски, может быть жидкой, сублимированной или замороженной при –196 °С. Во второй и третьей схемах исходной культурой может служить бактериальный концентрат, полученный сублимационной сушкой или замораживанием при температуре от –60 °С до –196 °С, который используется для приготовления производственной закваски или непосредственно йогурта.

(б) замороженная при температуре от –40 до –80 °С (концентрированная при низкотемпературном замораживании);

(в) замороженная при сверхнизкой температуре –196 °С в жидком азоте (концентрированная).

Можно отметить, что в большинстве случаев присутствует концентрирование бактерий. Применение того или иного способа сушки и замораживания, а следовательно и жизнеспособность сохраненной культуры может зависеть от:

- состава среды культивирования;
- присутствия защитных веществ, предохраняющих от переохлаждения;
- быстрого удаления продуктов метаболизма (например, молочной кислоты и карбонильных соединений);

- природы суспензии (если таковая используется);
- условий замораживания и/или сушки;
- скорости размораживания (при низкотемпературном замораживании);
- способов концентрации.

Концентрация биомассы клеток очень важна. Число бактериальных клеток на единицу веса или объема измеряется подсчетом числа колоний, выросших после посева ряда последовательных разведений на агар. Результаты регистрируются как количество колониеобразующих единиц на миллилитр или грамм (кое/мл или кое/г). Клеточная биомасса может быть сконцентрирована с помощью различных систем (более подробно об этом см. раздел 8.3.2).

Бактерии закваски, подвергнутые воздействию определенных физических условий, могут погибнуть или быть повреждены. С учетом экономической важности закваски в молочной промышленности основная задача работающих в этой области исследователей состоит в снижении доли отмерших и поврежденных клеток. Дополнительная информация относительно факторов, влияющих на жизнеспособность микроорганизмов, включая молочные закваски, содержится в работах [9, 59, 63].

8.2.1 Жидкие закваски

Закваски в жидкой форме могут сохраняться при использовании одной из двух различных сред для культивирования. Первый тип — это восстановленное сухое обезжиренное молоко (СОМО 10–12 г/100 г), не содержащее антибиотиков. Молоко стерилизуют в автоклавах при 69–103 кПа или при 121 °С в течение 10–15 мин, после чего пробу выдерживают в течение недели при 30 °С, чтобы удостовериться в ее стерильности. После заквашивания (1 или 2 мл на 100 мл) молоко сквашивают при 30 °С в течение 16–18 ч или при 42 °С в течение 3–4 ч. После образования сгустка закваска должна быть немедленно охлаждена. Затем она может храниться до недели при обычной температуре холодильного хранения (например, <10 °С). Опыт авторов свидетельствует, что если кислотность охлажденной закваски около 0,85 г молочной кислоты на 100 г, то активность закваски и соотношение *S. thermophilus* к *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (1:1) легко поддерживаются. Этот тип закваски в промышленности называют лабораторной. Охлажденное стерилизованное молоко может быть заквашено, а затем храниться в холодильной камере до использования. Следует отметить, что последовательные пересадки трудоемки, дороги и могут привести к образованию мутантных штаммов; кроме того, для этого в лаборатории требуется специально обученный персонал. Для бактерий йогуртовой закваски рекомендуемое предельное количество последовательных пересадок составляет 15–20. Это позволяет сохранять необходимое соотношение между кокками и палочками и уменьшить эффект мутации.

Можно добиться несколько более длительного хранения жидких культур при использовании лакмусового молока (в г/100 г: восстановленное сухое обезжиренное молоко 10–12, лакмусовый раствор 2, дрожжевой экстракт 0,3, декстроза/лактоза 1; достаточное количество карбоната кальция, чтобы закрыть дно пробирки; панмеде 0,25 и лецитин 1, оба доведенные до pH 7). Эту среду автоклавируют при 69 кПа в течение 10 мин и термостатируют в течение недели, чтобы удостовериться в ее стерильности. Заквашенная среда выдерживается в течение короткого периода времени (при 42 °С в

течение 12 ч) и сохраняется при обычном охлаждении; культуру каждые три месяца необходимо обновлять. В работе [68] описано сохранение жидких культур в присутствии $CaCO_3$, причем было выявлено, что, например, *L. acidophilus* остаются активными в течение 150 дней при 37 °С при добавлении в среду культивирования 1,5 г/100 г $CaCO_3$, а йогуртовые культуры сохраняются в течение 150 дней при 0 °С при добавлении $CaCO_3$ (0,5 г/100 г). Существуют и другие методы сохранения жидкой закваски, в частности:

- культуры могут быть сохранены в течение 12 мес. при 4 °С с помощью цитрата натрия или буферных растворов фосфата калия [129];
- активность и жизнеспособность концентрированных жидких культур *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* повышаются при выращивании клеток в среде с добавкой *Span* 80 с последующим хранением в растворе 0,1 г/100 г аскорбата натрия после продувания через культуру азота [67];
- *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* успешно хранится в желатиновых шариках (желатин 20 г/100 г) при 4 °С или до 3 мес — при комнатной температуре без существенной потери активности [150].

На активность закваски влияет степень охлаждения после сквашивания, уровень кислотности в конце сквашивания, температура и продолжительность хранения (см. выше). Охлаждение важно для управления метаболической активностью закваски. В качестве среды культивирования и сохранения культур лактококков и микроорганизмов йогуртной закваски также может использоваться козье молоко [3], однако молоко с сильным привкусом и запахом после 10 переносов тормозит рост некоторых культур; ингибирующее действие может оказывать также избыток жирных кислот в козьем молоке.

8.2.2 Сухие закваски

Другим способом сохранения закваски для йогурта является сушка. Используются различные виды сушки:

- вакуумная
- распылением

} (старые методы, не используемые в настоящее время)

- сублимация или лиофилизация (широко используется в лабораториях)
- сублимация замороженных концентрированных культур (широко используется в коммерческой практике)

Основные цели описанных разработок — во-первых, уменьшить трудозатраты на поддержание жидких культур; во-вторых, увеличить срок их хранения; в-третьих, облегчить пересылку культур почтой без заметного снижения их активности.

Согласно [139–141], сушка до 1950-х гг. выполнялась под вакуумом, и результаты были неутешительными (сухие культуры содержали только 1–2% жизнеспособных бактерий). Для восстановления максимальной активности требовалось несколько пересадок. Метод консервирования заключался в следующем: к активной жидкой закваске в качестве защитного вещества добавляли лактозу, а для нейтрализации избыточной кислоты — карбонат кальция с последующим частичным концентрированием

смеси (удалением сыворотки). Концентрированные закваски, которые находились к этому моменту в виде гранул, высушивали под вакуумом.

Результаты, достигаемые вакуумной сушкой, были неудовлетворительны, и поэтому велся поиск других способов. Одним из таковых явилась распылительная сушка, которая впервые была использована в Нидерландах для консервирования сырных заквасок [125]. Хотя результаты оказались многообещающими, этот метод так и не был внедрен в промышленность. «Голландский» процесс осуществлялся следующим образом:

- гидролиз молочного белка трипсином в течение 4 ч при 37 °С с последующей стерилизацией паром;
- культивирование закваски при 20 °С при контроле pH и использовании $Ca(OH)_2$ в качестве нейтрализатора;
- сгущение закваски при 27 °С до СМО 22 г/100 г и распылительная сушка при температуре воздуха 70 °С до содержания влаги 9 г/100 г при температуре продукта, не превышающей 42 °С;
- вакуумная сушка при 27 °С и давлении 1–2 мм рт. ст.; высушенная культура имела влажность около 5 г/100 г.

Работа, выполненная в США [107], показала, что добавление определенных веществ (например, аскорбиновой кислоты и глютамата натрия), помогает защитить бактериальные клетки в процессе сушки. Кроме того, в этой работе указывается, что закваски могут быть размножены в буферной среде. Целью получения такой среды является, во-первых, увеличение числа жизнеспособных организмов/объема образца и, во-вторых, нейтрализация некоторых метаболитов (в основном молочной кислоты), которая может ингибировать рост бактерий при накоплении ее выше некоторого уровня. Культуры, законсервированные с помощью этого процесса, сохраняют свою активность после хранения при 21 °С в течение 6 мес.

Другой метод распылительной сушки йогуртовых заквасок был разработан в Швеции. В работах [7, 8] утверждается, что этот метод, обладая преимуществами сушки при высоких температурах (75–80 °С), не вызывает каких-либо повреждений бактерий и поддерживает различные соотношения *S. thermophilus* : *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в законсервированной культуре. Например, соотношение 40 : 60 в сухой культуре может использоваться для производства йогурта с выраженным вкусом (из-за высокого уровня *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*), для йогурта с более мягким вкусом может использоваться соотношение 60 : 40. Шведский метод распылительной сушки включает следующие операции:

- культивирование закваски в стерилизованном концентрированном обезжиренном молоке (СМО 18–24 г/100 г);
- обогащение среды культивирования лизином, цистином и цианокобаламином;
- сушка при температуре 75–80 °С.

Несмотря на то, что авторы отмечают ряд достоинств метода, он не получил широкого применения.

В работах [132–135] сообщается, что на кинетику отмирания *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при распылительной сушке влияют следующие факторы:

- логарифмическое отношение выживания уменьшалось с увеличением температуры воздуха на выходе (при кинетике первого порядка);

- значения расчетной энергии активации (E_a) составляют 33,5 кДж/моль (выше 70 °С) и 86 кДж/моль (при температуре меньше 70 °С);
- соотношение между энтропией и энтальпией активации распылительной сушки и нагреванием в жидкой среде является линейным, однако данные для сушки попадают в диапазон отрицательной энтропии;
- высокая температура хранения и активность воды уменьшает жизнеспособность сухих клеток;
- уровень жизнеспособности микроорганизмов в присутствии глютамата натрия (моно) и аскорбиновой кислоты выше при хранении при 4 °С (по сравнению с 20 °С);
- высушенные клетки чувствительны к некоторым ингибиторам (например, пенициллину, пиронину Y, лизоциму и хлориду натрия) из-за повреждения ДНК, стенок и мембран клеток (см. также [113, 136, 137]).

Добавление перед сушкой декстрина, использование двухжидкостного распылителя и уменьшение температуры воздуха на выходе повышает выживаемость микроорганизмов йогурта [1, 88]. Используют также другие добавки и/или способы сушки, улучшающие выживаемость культур закваски йогурта и *L. acidophilus*, а именно:

- введение бетаина к осмотически напряженной среде защищало некоторые виды лактобацилл, но не защищало *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [70, 71];
- сушка культуры на фарфоровых бусинах [86] или силикагеле [116];
- использование в качестве защитной среды сыворотки с добавкой дрожжевого экстракта и глюкозы [53];
- сушка клеток в псевдоожиженном слое [115].

Сублимированные или лиофилизированные закваски для йогурта получают при сушке культуры в замороженном виде. Этот метод консервирования закваски весьма популярен и направлен на увеличение надежности законсервированных культур, то есть закваски, полученные подобным образом, должны иметь более высокое содержание жизнеспособных микроорганизмов и их максимальное выживание при хранении по сравнению с закваской, высушенной под вакуумом или с применением распылительной сушки (см. [35, 106]).

В лиофилизованных культурах выживаемость высока, и для получения лабораторной закваски требуется лишь небольшое количество культуры. Количество жизнеспособных бактерий/единиц в ней имеет тот же порядок величины, что и в жидкой закваске [140, 141]. Однако замораживание и сушка могут повредить законсервированные микроорганизмы, в частности, мембраны клетки бактерий. В середине 1970-х гг. было запатентовано [108] получение сублимированных культур закваски в среде культивирования, обогащенной некоторыми добавками для сведения к минимуму повреждений мембран клеток бактерий. Такая среда состоит из следующих компонентов:

- молочная основа (pH 6,0–6,5);
- добавки (например, аскорбиновая кислота, глютамат натрия (mono), аспартам);
- криопротекторы — вещества, защищающие от переохлаждения (например, инозит, сорбит, маннитол, глюкоза, сахарозо-кукурузный сироп, диметилсульфоксид (ДМСО), мальтоза, моно- или дисахариды).

Другой подход, использованный для уменьшения повреждения клеток бактерий [91, 92], заключается в добавлении к суспензии клеток некоторых криогенных веществ. Защитные растворенные вещества образуют водородные связи или имеют ионизирующую группу, и поэтому они стабилизируют мембрану клетки, предотвращая тем самым повреждение клеток в процессе консервирования. Влияние этих растворенных веществ на выживание микроорганизмов йогурта и *L. acidophilus* иллюстрирует табл. 8.1.

На основании работы [91] можно сделать вывод, что выживание *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* увеличивалось благодаря L-глутаминовой кислоте, L-аргинину и ацетил глицину, а выживание *S. thermophilus* и *L. acidophilus* обусловлено этими веществами, а также DL-пиролидин-карбоновой кислотой и DL-яблочной кислотой. Кроме того, культура *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* более подвержена клеточному повреждению, чем *S. thermophilus* (см. табл. 8.1).

Из-за низкой выживаемости культур закваски ранние коммерческие сублимированные культуры не годились для прямого заквашивания в резервуаре (DVS), и для восстановления их активности перед сквашиванием было необходимо пересевать эти культуры несколько раз [109]. В 1980-х гг. был запатентован [5, 6] процесс, в котором культуры закваски для сыра выращивают в специальной среде, содержащей питательный субстрат, а pH поддерживается на уровне > 5,5 с помощью добавления для нейтрализации гидроксида аммония. Удаление оказывающего ингибирующее действие лактата аммония осуществлялось с помощью ультрафильтрации и добавления воды (см. раздел 8.3.2). Концентрированную культуру затем сублимируют, и она становится пригодной для прямого заквашивания в резервуаре (DVS); можно с уверенностью предположить, что подобный подход можно использовать для концентрирования культур закваски йогурта с целью их использования в системах с прямым заквашиванием в резервуаре (DVS).

Учитывая относительную чувствительность йогуртовых микроорганизмов к сублимированию, было изучено много различных защитных веществ, некоторые из которых приведены в табл. 8.2. В качестве хорошего вещества для защиты культур закваски широко применяют сухое молоко; сообщается также об использовании сухого молока при ко-

Таблица 8.1. **Влияние некоторых защитных веществ (при установленном pH 7 и 0,06 М) на выживаемость сублимированных бактерий йогурта[a]**

Криопротектор	*S. thermophilus*	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*	*L. acidophilus*
L-Глутаминовая кислота	35–40	16–21	42–63
L-аргинин	21–40	20–35	39–57
L-лизин	6–7	1–10	4–38
DL-треонин	7–11	6–10	6–21
Ацетил глицин	29–44	7–33	3–35
DL-яблочная кислота	52–59	6–15	28–66
Di-пиролидин-карбоновая кислота	24–48	9–11	24–56

[a] Числа представляют процентное содержание от исходного количества; разброс обусловлен использованием различных штаммов.
По [91].

личестве СМО до 20–25 г/100 г (см. табл. 8.2), однако более реальной представляется содержание СМО 16 г/100 г в среде культивирования. Типичная процедура консервирования смешанной культуры закваски йогурта описана в статье [131].

Из вышесказанного очевидно, что на выживаемость лиофилизованных культур закваски влияет несколько различных факторов.

8.2.2.1 Среда культивирования

Обезжиренное молоко и/или сыворотка с экстрактом дрожжей или гидролизованным белком являются хорошей средой для культивирования консервированных сублимацией культур [4]. Микроорганизмы должны размножаться при оптимальных для них температурах. Лучшая выживаемость наблюдалась при культивировании замороженных и сублимированных микроорганизмов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в присутствии кальция [149]. Рекомендуется также нейтрализация среды культивирования до pH 5–6.

8.2.2.2 Клеточная биомасса и состав среды

Наличие культуры с параметрами > 10^{10} кое/мл (см. раздел 8.3.2), включая нейтрализацию среды взвеси, улучшает выживаемость культуры закваски в присутствии веществ, защищающих от переохлаждения (см. табл. 8.2, [42–44]). Также рекомендуется удалять из среды культивирования карбонильные соединения, поскольку в бактериальных клетках они могут реагировать с аминогруппами и могут ускорять гибель этих клеток (см. обзор [37]). Выращивание *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в среде с постоянным pH 5,7 и обогащенной цитратом натрия и *Tween 80*, улучшает выживаемость в десять раз [36], однако добавление определенных полимеров (желатина, ксантановой камеди (смолы) и мальтодекстрина) оказывает вредное воздействие на стабильность *S. Thermophilus* во время хранения при 20 °C. При этом снижение активности α- и β-галактозидаз *Bifidobacterium longum* во время хранения при 20 °C выражено более явно, чем у аналогичных культур, хранящихся при 4 °C или –20 °C [39].

8.2.2.3 Сублимация, расфасовка и хранение

В работе [148] сообщается, что по сравнению с сублимацией при атмосферном давлении сублимация под вакуумом более пригодна для *S. thermophilus*; суспензия клеток в восстановленном обезжиренном молоке обеспечивает хорошую защиту для клеток. Хранение высушенной культуры в вакууме или азоте обеспечивает лучшую выживаемость культур йогурта; *S. thermophilus* сохраняются хорошо, в то время как *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* более чувствительны к замораживанию и сушке [27]. В работах [32–34] сообщается, что выживание микроорганизмов наиболее высоко, когда сухая культура хранится при относительной влажности 11% и температуре 5 °C.

8.2.2.4 Реактивация

Рекомендуется, чтобы потребители закваски следовали инструкциям изготовителя ее культуры. Среда для восстановления и температура (20 °C) могут влиять на утечку клеточных рибонуклеотидов поврежденных клеток. Мезофильные и термофильные молочнокислые бактерии были детально изучены в работах [45–49 и 93] (см. также обзор [130]).

Таблица 8.2. **Различные среды, используемые при производстве сублимированных культур закваски йогурта**

Метод подготовки	Литература
Обезжиренное молоко + лактоза или лошадиная сыворотка + глюкоза или восстанавливающая среда по [95]	[28]
Обезжиренное молоко + пептонизированное молоко + сахароза + глутамат натрия	[55]
Приготовление взвеси концентрированной культуры в растворе сахарозы и буферирующей соли + глютамат натрия	[16]
Приготовление взвеси клеток в обезжиренном молоке + аскорбиновая кислота + тиомочевина + хлорид аммония	[117, 118]
Смесь: активная культура + сахароза, желатин и глутамат натрия + цитрат натрия (для стрептококков) или ацетат натрия (для лактобактерий)	[76, 77]
Приготовление взвеси клеточной биомассы в желатине + цитрат натрия + (моно) глутамат натрия + сахароза или только солодовый экстракт + *Tween 80* (см. текст)	[108, 123]
Приготовление взвеси биомассы в лактозе или (моно) глутамате натрия или гидрохлориде аргинина	[103, 104]
Выращивание культуры в среде MRS или универсальной среде *Tween* + криогенные вещества [а]	[72]
Выращивание культуры в среде с малым содержанием лактозы + соя + казеин с непрерывным буферированием	[61]
Смешивание культуры с сахарным раствором или пептоном или полимером 1500	[96]
Обезжиренное молоко + дрожжевой экстракт + Vit. E или *Tween 80* + овечья сыворотка	[94]
Обезжиренное молоко + глютамат натрия + сахароза	[74, 100]
Приготовление взвеси клеточной биомассы в обезжиренном молоке + сахароза + глютамат натрия + соль-буфер	[78]
Смешивание клеточной биомассы с сухим обезжиренным молоком + кукурузный сироп или лактоза	[65]
Смесь клеточной биомассы + сахароза + цитрат натрия + желатин + (моно) натрия глутамат или обезжиренное молоко + глицерофосфат натрия	[27
Получение взвеси культуры в сыворотке или обезжиренном молоке + сахароза + адонитол + глицерин	[4]
Получение взвеси клеток культуры в обезжиренном молоке + сахароза + глутамат натрия	[60]
Получение взвеси клеточной биомассы в обезжиренном молоке + глицерин + глюкоза + диметилсульфоксид + полиэтиленгликоль	[148]
Смесь: клеточная биомасса с обезжиренным молоком + сывороточная базовая среда + *Tween 80*	[36]
Получение смеси клеточная биомасса + молоко + глицерол	[19]
Смесь культур с сахарозой + сульфат магния + аскорбиновая кислота + ацетат натрия + апилак[б] + гидроксид кальция	[22]

[а] Защитные вещества для лактобацилл: казитон, лактоза, солодовый экстракт, сухое молоко, (моно) глутамат натрия, *Myracet* , сухая сыворотка и/или гидролизованное молоко; для стрептококков: те же вещества, что и для лактобацилл + диметилсульфоксид, глицерин и/или пектин.
[б] *Apilac*® – лиофилизированная смесь на основе ныльцы, собранной пчелами.

Лиофилизированные культуры имеют более длинную лаг-фазу и для получения активной жидкой культуры должны быть пересеяны по крайней мере дважды. Поэтому для получения производственной закваски используется схема 1 (см. рис. 8.1) – в противном случае для прямого заквашивания (инокуляции) производственной закваски требуются большие количества сухой культуры и длительный период сквашивания (инкубации). Этот подход не рекомендуется по двум основным причинам: во-первых, производственная закваска может оказаться неактивной при использовании для изготовления йогурта, и, во-вторых, с экономической точки зрения такой подход может оказаться весьма дорогостоящим. Концентрированные сублимированные культуры появились на рынке, и их можно использовать для прямого заквашивания (инокуляции) при получении производственной закваски (см. рис. 8.1, схема 2) или для внесения непосредственно в молоко (DVS) для изготовления йогурта (см. рис. 8.1, схема 3; [54, 75, 113]). В обоих случаях хотя длительность производства может увеличиться на 2–3 ч, значительная экономия может быть достигнута устранением потребности в персонале, обученном для работы с заквасками.

8.2.3 Замороженные закваски

Культуры закваски для йогурта можно также сохранять в замороженном виде, и такие культуры производятся двумя различными способами:

- глубокое замораживание (ниже нуля) (от –30 до –80 °C);
- замораживание при сверхнизких температурах (–196 °C) в жидком азоте.

Натуральное стерильное молоко сразу после заквашивания активной культурой закваски глубоко замораживают до температуры от –30 до –40 °C для сохранения лабораторной или пересадочной культуры. Такие замороженные культуры могут сохранять свою активность в течение нескольких месяцев при температуре хранения – 40 °C. Этот способ сохранения культур широко распространен в молочной промышленности, поскольку глубоко замороженные культуры, полученные в централизованных лабораториях, могут быть в нужный момент отправлены на молочное производство в сухом льду. Эти культуры фасуют в основном в пластмассовую тару. Типичный пример — пластиковая бутылка типа *Astell* (рис. 8.2). Процедура активизации этих глубоко замороженных культур включает следующие этапы:

- извлечение закваски из морозильника (–40 °C);
- быстрое размораживание закваски в водяной бане при 20 °C;
- инкубация при 42 °C до достижения необходимой кислотности;
- охлаждение и хранение в течение ночи в холодильнике;
- пересадка для получения пересадочной лабораторной закваски, которая в дальнейшем используется для приготовления производственной закваски (см. рис. 8.1, схема 1).

Другой способ глубокого замораживания культуры заключается в замораживании активной жидкой закваски при –40 °C. Культуру выращивают в непрерывно нейтрализуемой среде для оптимизации числа бактериальных клеток в миллилитре. Затем бактериальная масса отделяется с помощью сепаратора *Sharples* (см. раздел 8.3.2), и еще до

расфасовки и замораживания снова создается суспензия клеток в стерильной среде, содержащей защитные вещества. Как указывалось выше, законсервированные культуры должны храниться при температуре от –30 до –40 °С и направляться на молочное производство в термоизолированных коробках, заполненных сухим льдом.

Процесс замораживания может привести к повреждению бактериальных клеток, особенно *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, и поэтому с течением времени влияние ряда факторов может привести к снижению активности глубоко замороженных культур.

8.2.3.1 Среда культивирования и криопротекторные соединения

В работе [64] сообщается, что улучшенная среда для замороженных при –30 °С культур содержит обезжиренное молоко с сахарозой, натуральными сливками и $CaCl_2$ или желатином. Те же авторы обнаружили, что присутствие ацетата натрия делает закваски чувствительными к повреждениям. Кроме того, концентрированные клетки культур закваски (10^{10}–10^{12} кое/мл), замороженные при –30 °С в присутствии некоторых смесей защитных веществ (цитрат натрия, глицерин, натрий-β-глицерофосфат, экстракт дрожжей, кальций сахароза, сливки, стерильное обезжиренное молоко, пептон или лактоза), сохраняют свою активность [2, 41, 130, 149; см также 10, 150]. К другим факторам, влияющим на выживаемость *S. thermophilus* в ходе замораживания, относятся стадия роста и штамм [90]; факторы, влияющие на выживание лактобактерий, были рассмотрены в работе [41].

8.2.3.2 Способы концентрации

См. раздел 8.3.2.

8.2.3.3 Температура замораживания и хранения

Хотя замораживание и хранение при –40 °С для консервирования микроорганизмов закваски оказывается весьма успешным, хранение при температуре от –80 до –100 °С в сжиженных парах азота повышает выживаемость микроорганизмов; кроме того, следует обращать внимание на скорость замораживания [19, 51, 73, 143].

8.2.3.4 Эффект размораживания

Замораживание и размораживание могут повредить клеточную мембрану *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* и стимулировать чувствительность к NaCl и желчи. Также может быть повреждена аминокислотная транспортная система клеток, но подобные повреждения клеток обратимы, если они находятся в суспендированном виде в растворе пирувата, KH_2PO_4 и $MgSO_4$ [50, 85, 97, 105].

8.2.3.5 Прочие факторы

Разрушение клеток микроорганизмов при замораживании происходит в основном из-за увеличенной концентрации в клетке и в суспендирующей среде электролитов и других веществ, а не из-за механических повреждений в результате образования кристаллов льда [69]. Увеличение концентрации электролитов и других веществ в клетке ведет к разрушению (денатурации) белковых компонентов и ферментов в ней, в то время как концентрация электролитов вне клетки ведет к дегидратации протоплазмы

из-за диффузии воды через мембрану клеточной стенки. Кинетика замораживания и размораживания концентрированных клеточных биомасс молочнокислых бактерий описана в работе [146].

Замораживание в жидком азоте при сверхнизкой температуре (–196 °С) является наиболее удачным методом консервирования культур закваски. Более ранние исследования в этой области представлены в обзорах [58, 62]. Достоинства подобного метода консервирования закваски приведены в работе [69]: при таких низких температурах молекулы воды не образуют крупные кристаллы, и биохимические процессы внутри клеток прекращаются; в биологическом смысле бактериальная клетка находится в пассивном состоянии.

Основываясь на изданных обзорах работ, выполненных в этой области, цикл замораживания и размораживания по-прежнему рассматривается как наиболее важный фактор в успешном использовании в молочной промышленности замороженных культур. *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* весьма восприимчивы к повреждениям при замораживании, однако было обнаружено, что присутствие *Tween* 80 и олеата натрия улучшает стабильность клеток [120–122]. *L. acidophilus* также восприимчивы к замораживанию и размораживанию, а их повреждение связано с компонентами клеточных стенок, отличных от пептидогликана (мукопептида), причем такое повреждение обратимо благодаря естественному восстановлению компонентов клеточных стенок [66]. Вместе с тем основными факторами, влияющими на активность консервированной культуры, могут быть тип среды культивирования, используемое нейтрализующее вещество и/или вещества (вещество) – криопротекторы, и в обзорах [56, 57] эти факторы рассмотрены применительно к различным видам молочнокислых бактерий. Болгарские исследователи сообщают, что хорошие результаты получаются, когда культуры закваски йогурта замораживают с молочной кислотой (0,36 мл /100 мл) [130, 131].

В работе [89] описано выращивание *L. acidophilus* в среде с 2,5 мл/100 мл сыворотки с пепсином при поддержании pH равным 6,0; в этом случае использовали нейтрализующее вещество — карбонат натрия в гидроксиде аммония. Количество клеток составляло около 10^9 кое/1 мл, и после замораживания в жидком азоте стабильность культуры была вполне удовлетворительной при хранении в течение 28 дней.

Для поддержания активности закваски, консервированной при сверхнизких температурах, культуры нейтрализуют, концентрируют, расфасовывают и, наконец, замораживают. Различные стадии производства таких культур описаны в работах [109, 140]. Обычно концентрированную закваску фасуют в алюминиевые баночки емкостью 70 мл (объем, рекомендуемый для заквашивания 1000 л молока). Такие баночки снабжены кольцом, позволяющим легко их открывать. Меньшие количества культуры (например, 5 мл) могут быть расфасованы в полипропиленовые ампулы с навинчивающимся колпачком, не растрескивающиеся в жидком азоте. Может использоваться также ламинированный (слоистый) картон. Алюминиевые банки и полипропиленовые ампулы хранят в жидком азоте, а пакеты из картона — в специальном контейнере в атмосфере паров азота. Картонные пакеты используют также для расфасовки концентрированных замороженных культур закваски в виде гранул (см. рис. 8.2).

Эти разработки в области замораживания культур закваски йогурта в жидком азоте нацелены прежде всего на консервирование пересадочной культуры, предназначен-

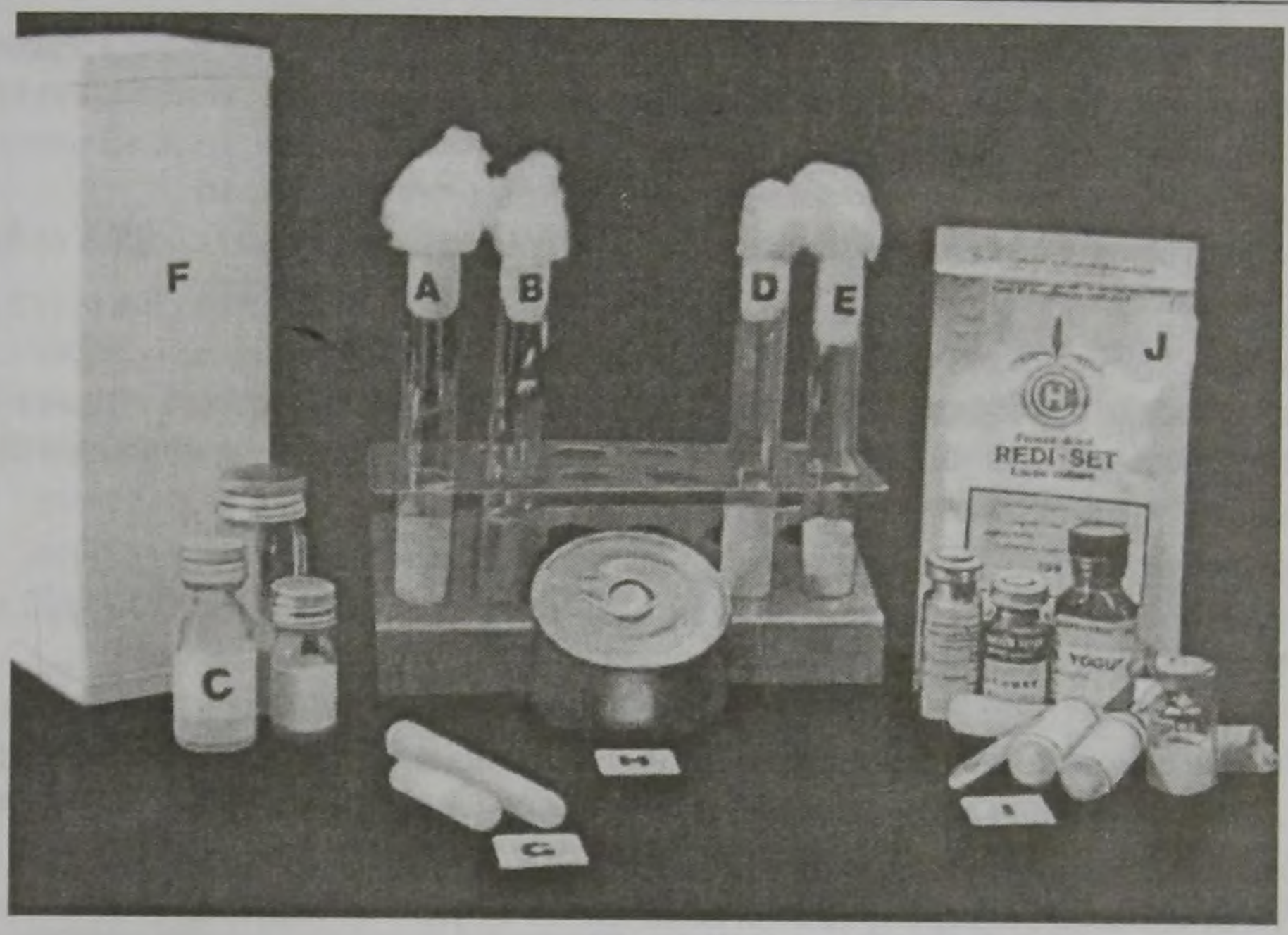


Рис. 8.2. Системы консервирования и расфасовки культур микроорганизмов, применяемых для приготовления закваски или для прямого внесения (DVS)

A – жидкая (инкубация и холодильное хранение); B – лакмусовое молоко (частичная инкубация с последующим охлаждением); C, D, E – замораживание при –30 °C (заквашивание, сквашивание и замораживание или заквашивание и замораживание); F – концентрированные культуры, замороженные при низкой температуре (закваска в гранулированном виде); G – замороженныев жидком азоте (полипропиленовые ампулы); H – замороженные в жидком азоте (банки с кольцом для открывания); *I* – сублимированная закваска; *J* –сублимированный бакконцентрат.

ной для получения производственной закваски (см. рис. 8.1, схема 2). Конечная же цель состоит в использовании таких культур для прямого заквашивания (DVS) молока в резервуаре для производства йогурта (см. рис. 8.1, схема 3). Несмотря на то, что их использование может привести к некоторому увеличению продолжительности производственного процесса (более длительная лаг-фаза, см. ниже), этот метод обладает рядом преимуществ, в частности:

- он удобен;
- обеспечивает надежность культуры;
- увеличивает ежедневную производительность;
- улучшает баланс штаммов;
- более гибок;
- более эффективен в борьбе с бактериофагами;
- улучшает качество продукта.

На практике можно столкнуться со следующими недостатками указанного метода:

- слишком большая зависимость молочного производства от изготовителя закваски;

- отсутствие оборудования для работы с жидким азотом; в настоящее время изготовители закваски поставляют клиентам специальные контейнеры для транспортирования и хранения культур в жидком азоте;
- размытость ответственности в случае непригодности закваски;
- естественное нежелание молочной промышленности внедрять новую технологию вместо имеющейся, дающей удовлетворительные результаты;
- увеличение продолжительности изготовления йогурта.

Крайне важно размораживать замороженные культуры и обращаться с ними в соответствии с рекомендациям поставщика (см. также [130]). Типичная подобная процедура состоит в том, чтобы:

- извлечь баночку из жидкого азота;
- разморозить ее в течение 10 мин при 20 °С в воде, содержащей 100–200 мкг/г раствора гипохлорита;
- когда культура частично размерожена (содержимое начало размягчаться), извлечь баночку из воды, открыть крышку и добавить непосредственно в резервуар для сквашивания или в резервуар для приготовления производственной закваски.

Культуры закваски для йогурта поставляются в разном виде (см. рис. 8.2), и в зависимости от способа консервирования количество жизнеспособных клеток может несколько варьировать. Типичные значения количества микроорганизмов в предлагаемых культурах закваски приведены в табл. 8.3.

8.3 Технология производства клеточной биомассы

Данные по консервированию заквасочных культур свидетельствуют о том, что их выживаемость зависит от условий обработки (среда культивирования, присутствие криопротекторных соединений, условия замораживания и сушки) и от метода выделения выра-

Таблица 8.3. **Количество молочнокислых бактерий в коммерческих культурах закваски прямого внесения (кое/г), используемых для изготовления биоферментированных кисломолочных продуктов и йогурта**

Закваска	Подвид *Bifidobacterim* [a]	*L. acidophilus*	*S. thermophilus*	*L. delbruechii* подвида *bulgaricus*
Сублимированная	$4{,}6 \times 10^{11}$	$1{,}4 \times 10^{11}$		
	$1{,}1 \times 10^{10}$	$5{,}6 \times 10^{9}$		
	$4{,}8 \times 10^{9}$	$7{,}1 \times 10^{9}$	$7{,}5 \times 10^{9}$	
	$3{,}6 \times 10^{9}$	$1{,}2 \times 10^{10}$	$4{,}2 \times 10^{10}$	
	$5{,}4 \times 10^{9}$	$2{,}1 \times 10^{10}$	$1{,}7 \times 10^{11}$	
	$3{,}4 \times 10^{8}$	$4{,}8 \times 10^{8}$	$8{,}7 \times 10^{7}$	
			$6{,}6 \times 10^{10}$	$2{,}5 \times 10^{8}$
Замороженная	$4{,}6 \times 10^{7}$	$6{,}9 \times 10^{9}$	$4{,}3 \times 10^{7}$	

[a] *B. bifidum, lactis, longum* и/или *infantis.*
Данные по [79].

щенных клеток. Один из основных критериев успешной подготовки закваски — получение активной культуры, то есть закваски с высоким содержанием жизнеспособных клеток, которые при их добавлении к молоку быстро инициируют сквашивание.

8.3.1 Характеристики культивирования

При культивировании любой заквасочной культуры клетки делятся, их количество увеличивается до некоторого уровня, а затем они начинают отмирать. Такое поведение описывается характерной «кривой роста» (зависимостью скорости деления клеток от времени), представленной на рис. 8.3. На этой кривой можно выделить четыре участка:

- лаг-фаза, которая следует сразу после заквашивания (инокуляции) молока; задержка активности бактерий возможна из-за адаптации микроорганизмов к новой среде;
- лог-фаза, во время которой клетки демонстрируют максимальную активность, то есть минимальное время воспроизводства каждой популяции клеток при наличии оптимальных условий (питательных веществ и необходимой температуры);
- стационарная фаза — в определенной точке количество жизнеспособных клеток становится постоянным из-за недостатка питательных веществ и накопления метаболитов (например, молочной кислоты в молоке); процессы отмирания старых клеток и воспроизводства новых находятся в равновесии;
- фаза гибели — количество жизнеспособных клеток начинает уменьшаться (главным образом из-за неблагоприятных условий для их роста).

Можно с уверенностью предположить, что между активностью закваски и ее возрастом имеется прямая связь и что активная культура на кривой роста находится между верхней частью средней области лог-фазы и началом стационарной фазы (см. рис. 8.3). Поэтому наиболее активный тип закваски — это жидкая культура, характеризующаяся наличием короткой лаг-фазы с последующим интенсивным образованием кислоты. При внесении исходной культуры в количестве 2–3 мл/100 мл, полученная закваска может содержать более 10^8 кое на 1 мл или на 1 г. Если она используется для консервирования, выживаемость микроорганизмов, несомненно, будет низка и может оказаться недостаточной для прямого заквашивания молока в резервуаре (DVS). В связи с этим важным критерием в сохранении закваски становится накопление клеточной биомассы.

8.3.2 Концентрация клеточной биомассы

Для производства закваски используют периодическое и непрерывное культивирование. Кинетика сквашивания *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* была исследована в работе [145], и авторы пришли к выводу, что связь между концентрацией аденозинбифосфата и клеточной биомассой при периодическом культивировании может быть приближенно описана соотношениями Лейдекинга–Пире (*Leudeking–Piret*) и что накопление клеток при непрерывном культивировании в три раза больше, чем при использовании периодического процесса. Системы, применяемые для концентрации клеточной биомассы, описаны ниже.

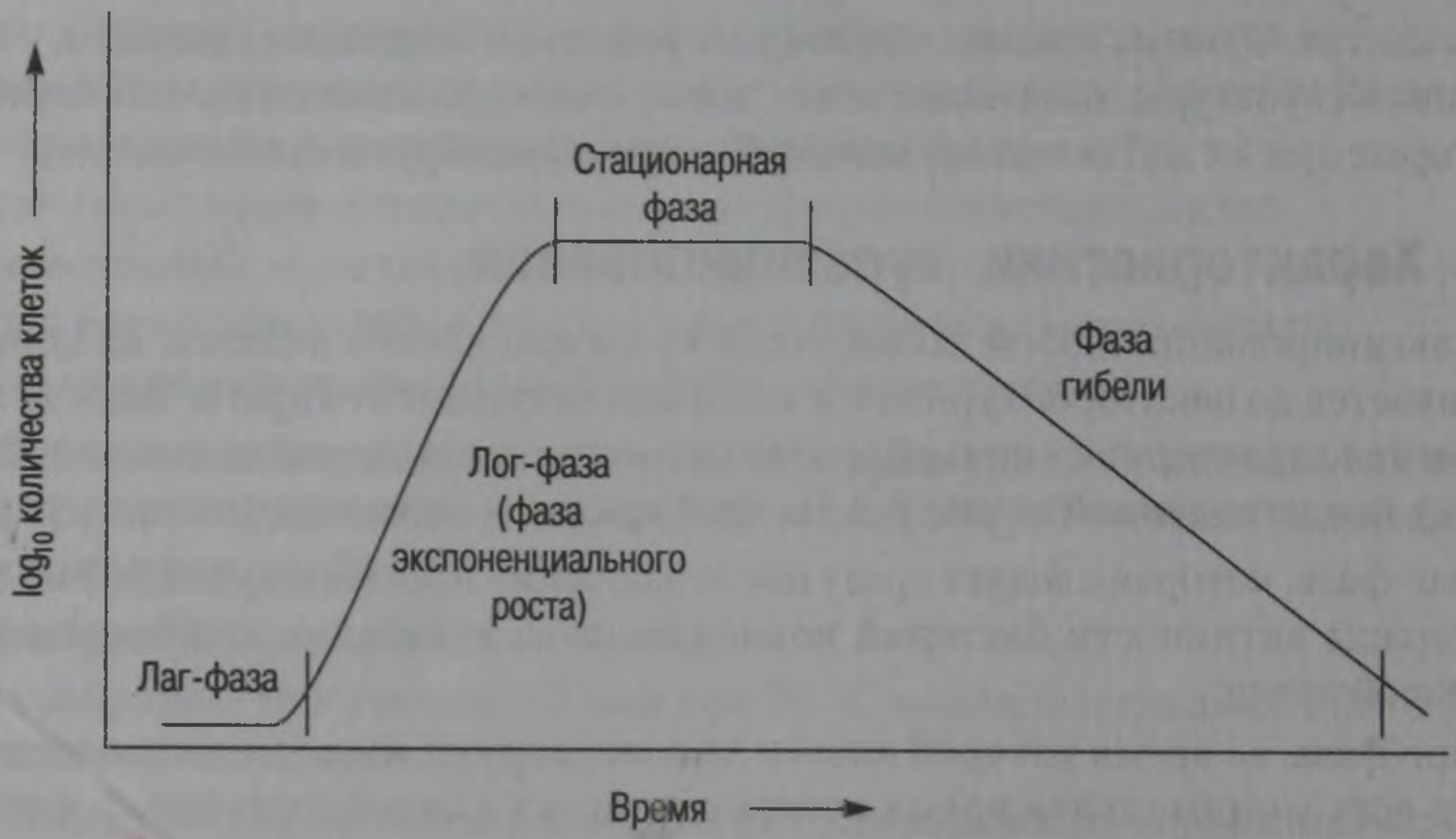


Рис. 8.3. Кривая роста популяции жизнеспособных микроорганизмов

8.3.2.1 Механические средства

Оборудование, наиболее широко распространенное в молочной промышленности (например, сепараторы, бактофуги), может механически повреждать бактериальные клетки, уменьшая тем самым их выживаемость при хранении. Возможно использование ультрацентрифуг (20 000 *g*), которые в минимальной степени повреждают клетки механически. В работе [19] описано концентрирование культур йогурта (одиночных и смешанных штаммов) центрифугированием при 11 000 *g* в течение 15 мин при 4 °С в конце лог-фазы с последующим культивированием в замкнутой системе с pH, регулируемым добавлением 10 моль/л NaOH. Культуры замораживали при –75 °С или сублимировали. Авторы пришли к следующим выводам:

- при концентрировании и хранении активность культур существенно не изменялась;
- при хранении в течение 24 недель жизнеспособность культур непрерывно уменьшалась, причем сильнее это наблюдалось в смешанных культурах;
- замороженные культуры продемонстрировали большую устойчивость при хранении, чем сублимированные (см. также [20, 81].

Механическое воздействие при центрифугировании проявлялось при последующем росте культуры *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в удлинении клеток и влияло на такие характеристики, как проницаемость мембран и устойчивость к замораживанию при –80 °С. В работе [11] наблюдалось, что по сравнению с той же самой культурой, полученной при 72 Па, при касательном напряжении 36 Па концентрация биомассы была выше, а лаг-фаза короче.

8.3.2.2 Химическая нейтрализация

Два разных микроорганизма в культурах закваски для йогурта способны выдерживать различные уровни кислотности в среде культивирования, причем *S. thermophilus* более чувствителен к молочной кислоте, чем *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. В то время, как

лактобациллы могут развиваться при содержании молочной кислоты более 2 г/100 г, стрептококки выдерживают лишь до 1,2–1,5 г/100 г молочной кислоты, и, следовательно, для защиты *S. thermophilus* молочную кислоту необходимо удалять или нейтрализовать (см. также [23]). При этом широко используется гидроксид натрия или аммония, но обычно рекомендуется применять последний. Реакция между молочной кислотой и нейтрализующими веществами ведет к образованию лактата натрия или аммония, однако на некотором уровне лактат также начинает подавлять микроорганизмы закваски, и поэтому концентрация клеточной биомассы ограничена 10^{10} кое в 1 мл (или в 1 г). Чтобы достичь высокой концентрации (около 10^{11}–10^{12} кое/г) (например, в сублимированной культуре закваски), клеточная биомасса, выращенная в химически нейтрализованной системе, требует дальнейшей концентрации, например, с помощью механического сепаратора (см. также [5, 17, 24, 101]).

Начиная с 1980-х гг., изготовители заквасок достигли больших успехов в технологии производства и консервирования замороженных и сублимированных культур прямого внесения (DVS). В работе [87] описано производство сублимированных культур во французской компании *Rhodia Texel* (прежде известной как *Eurozyme*). Ферментер, используемый для получения большого числа клеток, показан на рис. 8.4.

8.3.2.3 Диффузионная культура

Данный метод основан на использовании для концентрирования микроорганизмов некоторых полупроницаемых мембран и характеризуется следующими особенностями:

- рост культуры закваски происходит в ограниченном объеме среды;
- свежим питательным веществам для роста обеспечена возможность проникать через мембрану;
- продукты метаболизма могут диффундировать наружу.

Постоянное обновление состава среды позволяет увеличивать концентрацию бактериальных клеток выше обычных уровней. В работах [98, 99] сообщается о достижении уровня $>10^{11}$ кое/мл. Известно применение данного способа для получения заквасок для сыров. Хотя метаболиты диффундируют из среды культивирования, часть лактата сохраняется, что ограничивает концентрацию клеточной биомассы. Подобные работы по микроорганизмам йогурта отсутствуют, однако этот принцип, по-видимому, можно применить и для концентрирования *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

Еще при одном диффузионном методе, применяемом для концентрирования культуры закваски, используется ультрафильтрация и электродиализ. В работах [25, 26] описано использование для получения молочной кислоты и клеточной биомассы непрерывного сквашивания пермеата сладкой сыворотки в мембранном биореакторе. Использовались микроорганизмы смешанной культуры *L. helveticus* и *S. thermophilus*. В работе [128] для концентрирования *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в непрерывном ферментере использовали диализ депротеинизованной (после удаления белков) сыворотки; накопление клеточной биомассы было почти в два раза больше, чем в обычном ферментере. Метод ультрафильтрации также использовался для концентрирования *S. thermophilus*; выход клеток оказался в девять раз выше, чем при использовании обычных методов [110].

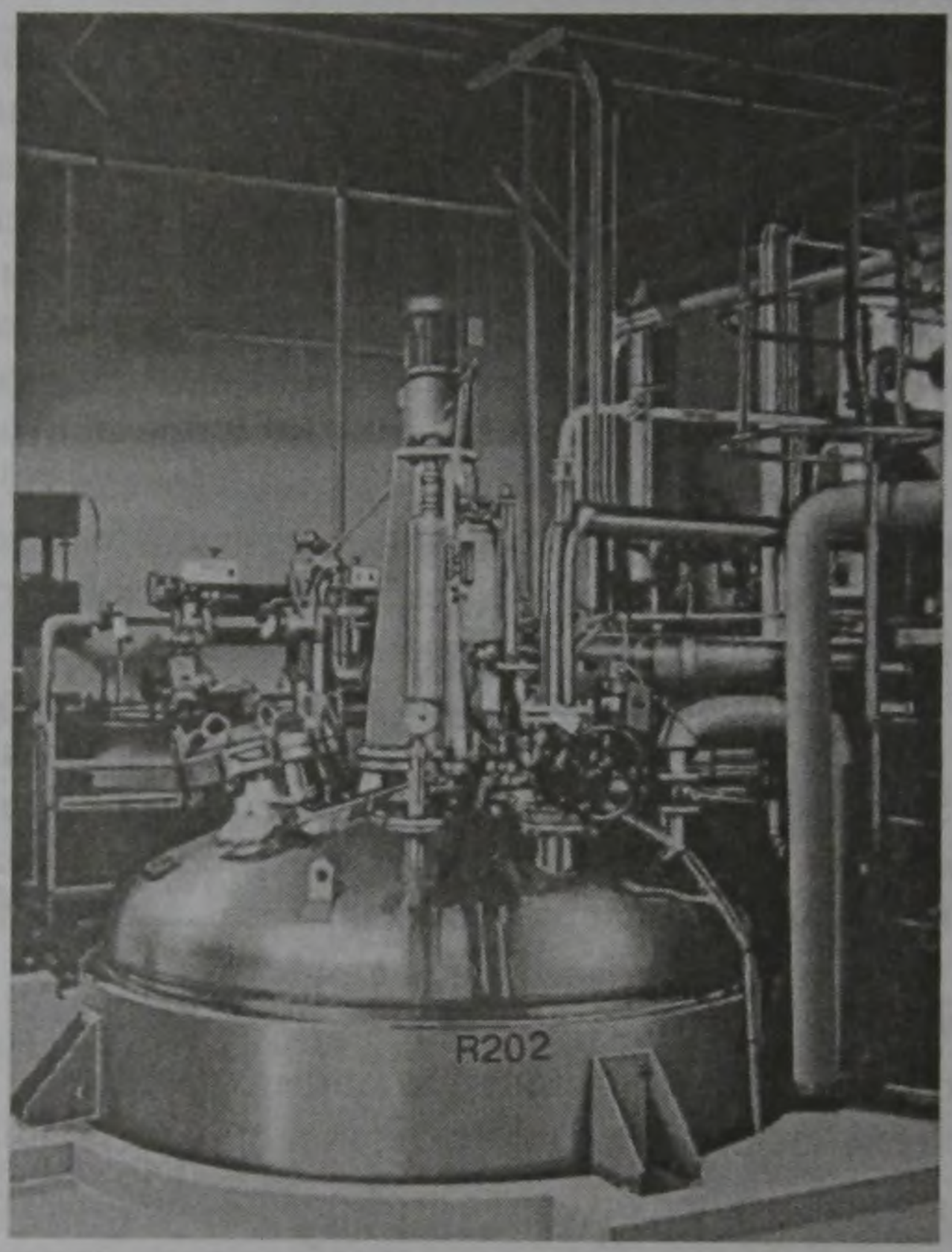


Рис. 8.4. Ферментер для производства бактериального концентрата перед сублимированием

Примечание. Приведен вид ферментера (на молочном производстве) для получения закваски; для нейтрализации кислоты, выделяемой молочнокислыми бактериями, используется гидроксид аммония.

Воспроизведено с разрешения *Rhodia Texel Ltd.*, г. Стокпорт, Великобритания.

8.3.2.4 Иммобилизация клеток в гелях

Данный метод концентрации клеточной биомассы основан на иммобилизации культуры в гелях на основе камедей или на пористых бусинах из пеностекла и распространился в промышленных масштабах. В работах [12–15, 29, 30, 38, 111, 144] приведены обзоры опубликованных данных по йогуртовым культурам. Суть метода заключается в фиксации клеточной биомассы на маленьких бусинах (0,5–1,0 мм в диаметре) из капа-каррагинана/камеди плодов рожкового дерева или альгината кальция для получения концентрации около 10^9 кое/г. Этот материал может затем использоваться для непрерывного сквашивания молока, причем расщепление лактозы производится как клетками, удерживаемыми в твердой матрице, так и клетками, перешедшими в молоко. Поскольку клетки в матрице активно растут, такие биореакторы могут работать с отдельными отобранными культурами в течение длительного времени, однако для йогурта поддержание баланса «кокки : палочки» может оказаться затруднительным.

Было высказано также предположение, что если создать взвесь с бусинами в физиологически нейтральной среде (возможно, глубоко замороженной), то такой подход

мог бы служить альтернативным методом консервирования (при использовании в качестве защитного вещества поддерживающей матрицы). В настоящее время эта технология используется пока лишь в экспериментальных целях.

8.4 Производственные системы для получения закваски

8.4.1 Вводные замечания

Из приведенных выше данных видно, что активность консервированных культур ниже по сравнению с жидкой культурой. Как следствие, закваски прямого внесения (например, концентрированные сублимированные или замороженные культуры) обладают несколько более длительной лаг-фазой.

Хотя концентрация клеток находится в диапазоне 10^9–10^{12} кое/мл, норма внесения закваски относительно низка. Ее повышение не рекомендуется по двум основным причинам: во-первых, это увеличивает затраты на производство и, во-вторых, ведет к чрезмерной метаболической активности закваски, которая может затруднять управление процессом сквашивания и ухудшать качество йогурта. Кроме того, чем больше количество закваски (включая жидкие культуры), тем сильнее тенденция к отделению сыворотки в йогурте при хранении его в торговой сети. Следовательно, более продолжительная лаг-фаза, характерная для этих культур, является признаком того, что их метаболизм во время заквашивания находится на очень низком уровне, и поэтому для необходимой адаптации требуется больше времени. Качество молока должно быть очень высоким, так как присутствие любых ингибирующих веществ (например, антибиотиков или остатков моющего средства) могут, в конечном счете, снизить активность культуры закваски.

В настоящее время используют закваски для йогурта, состоящие из нескольких штаммов различных микроорганизмов. В работе [127] приведены некоторые критерии, используемые при выборе штаммов для составления закваски, а именно:

- кислотность: вкус конечного продукта от мягкого до среднего или резкий;
  нарастание кислотности при хранении (то есть способность штаммов продуцировать кислоту при низких температурах);
  уровень уксусной кислоты (только для биокультур);
- вкус: низкое, среднее или высокое содержание ацетальдегида;
- вязкость: низкая, средняя, высокая или очень высокая;
- сквашивание: короткое (около 6 ч) или длительное (до 16 ч);
- бактериофаги: применение фагоустойчивых штаммов.

В некоторых странах установленные нормы могут задавать соотношение между *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* 1:1, минимальное количество кое/мл в конечном продукте и уровень pH < 4,4. Такие рамки ограничивают возможности изготовителей йогурта разнообразить ассортимент и обеспечивать потребителей широким спектром продуктов. Например, в некоторых странах *L. delbrueckii* подвида *lactis* и *L. helveticus* смешаны с йогуртовыми микроорганизмами или в биокультурах ис-

пользуются другие виды лактобактерий и подвиды *Bifidobacterim*. В целях поддержания указанных выше характеристик культуры закваски и необходимых количеств пробиотических микроорганизмов (например, *L. acidophllus*, *L. paracasei* подвида *paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus* и/или подвидов *Bifidobacterium*) для заквашивания в резервуаре в промышленности стало популярным использование закваски, добавленной непосредственно в молочную основу (см. рис. 8.1, схема 3). Вместе с тем по-прежнему существует (особенно на крупных производствах) спрос на традиционные смешанные закваски для изготовления йогурта, состоящие только из *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

Поэтому, как показано выше на рис. 8.1, существует два основных способа получения производственной закваски. Первый способ (схема 1) представляет собой приготовление закваски в увеличенном масштабе (исходная культура → лабораторная закваска → пересадочная → производственная). Второй способ (схема 2) заключается в прямом заквашивании молока в заквасочнике для получения производственной закваски. В обеих схемах цель состоит в получении чистой активной культуры, свободной от загрязнений (главным образом бактериофагов). Новые методы можно разделить на три основных категории: простые микробиологические методы, применение механически защищенного оборудования и резервуаров и приготовление заквасок в среде, устойчивой к бактериофагам (СУБ) или подавляющей их (СПБ).

8.4.2 Традиционные методы

В этой системе используется в основном лабораторное оборудование и резервуар для закваски. Это могут быть стеклянные пробирки, градуированные пипетки, специальные бутылки вместимостью 250 мл (для приготовления лабораторной закваски), 2–5-литровые бидончики (для приготовления пересадочной закваски).

В качестве среды культивирования используется восстановленное сухое обезжиренное молоко (СМО 10–12 г/100 г), а стеклянная посуда с молоком закрыта негигроскопической ватой. Молоко стерилизуется в автоклаве при 121 °С в течение 10 мин для малых объемов (до 250 мл) или 15 мин для больших (2–3 л). Молоко для приготовления пересадочной закваски обычно обрабатывают паром в течение 1 ч. Для проверки стерильности рекомендуется до использования стерилизованного молока для материнской культуры сквашивать его образец при 30 или 50 °С в течение 2 суток. Пипетки стерилизуют в термостате при 160 °С минимум 2 ч.

Активизация и пересевы должны выполняться с соблюдением строжайших гигиенических требований. Например, ампулу с сублимированным материалом перед тем, как сломать стекло, протирают спиртом, или, если используется жидкая запасная культура, край пробирки или бутылки после удаления ваты или навинчивающейся пробки фламбируют в пламени горелки (повторяя это перед тем, как снова закрыть пробирку или бутылку). Также рекомендуется, чтобы рабочая область закваски и атмосфера были чистыми (воздух следует фильтровать) и, если возможно, в лаборатории, где находится закваска, должно быть избыточное давление — так, чтобы нефильтрованный воздух не мог попадать в помещение при открывании дверей. Для снижения вероятности попадания загрязнений из воздуха пересев культур может выполняться в ламинарном шкафу. Получение производственной закваски по такой схеме предполагает

использование резервуара простой конструкции (пастеризатор периодического действия/заквасочник). Резервуар не герметизируется, и при заквашивании его крышку открывают и наливают закваску в молоко. Очень малые количества (45 л) производственной закваски могут быть получены в обычном бидоне (фляге) или подобном сосуде из нержавеющей стали. В качестве комбинированного пастеризатора, охладителя и заквасочника для приготовления небольших объемов производственной закваски могут использоваться водяная баня или шкаф с термостатическим контролем.

Здесь следует упомянуть, что этот метод может также использоваться для производства пересадочной закваски, применяемой для дальнейшего заквашивания молока в специальных резервуарах Джонса (*Jones*) (см. обзор [130]).

8.4.3 Механически защищенные системы

Для производства закваски в механически защищенных системах важны два аспекта: во-первых, молоко подвергают термообработке и охлаждают до температуры сквашивания в закрытом резервуаре, и, во-вторых, заквашивание молока производится без доступа воздуха. Начиная с 1950-х гг., оборудование для работы с культурами закваски было усовершенствовано в основном из-за централизации изготовления кисломолочных продуктов и возросшего спроса на большие количества закваски. В результате были разработаны различные типы механически защищенных систем. Эта тема будет подробно рассмотрена ниже, причем мы опишем только основные системы.

*8.4.3.1 Система Льюиса (*Lewis*)*

Данный способ подробно описан в работах [83, 84, 40] и основан на применении для внесения исходной культуры при приготовлении лабораторной закваски, и далее по цепочке — до производственной закваски двухсторонних игл для подкожных инъекций. Все инокуляции производят через барьер хлорированной воды. Для облегчения переноса культур на каждой стадии культивирования используют сжимаемые многоразовые ПЭТ-бутылки (вместимостью 115 и 850 мл для лабораторной и пересадочной заквасок соответственно). Эти бутылки снабжены резиновыми уплотнениями *Astell* и винтовыми крышками. Бутылки наполняют средой для культивирования заквасочной микрофлоры (10–12 г/100 г восстановленного обезжиренного молока без антибиотиков), укупоривают и закрывают крышкой. Содержимое, таким образом, защищается от загрязнения при стерилизации, заквашивании и сквашивании. При промежуточных перемещениях кольцевое пространство резинового уплотнения *Astell* заполняют 100–200 мг/л раствора гипохлорита, а в конце процесса бутылку с полученной культурой выжимают для высвобождения закваски (инокулята). Схематично этот метод представлен на рис. 8.5.

При использовании системы Льюиса молоко нагревают в плотно закрытом сосуде (по соображениям безопасности резервуар снабжен предохранительным клапаном). При нагревании часть воздуха может выйти, но при охлаждении молока воздух в резервуар не входит. Сосуд высокого давления из нержавеющей стали полностью погружен в теплоизолированный резервуар с водой, который обеспечивает максимальную защиту от воздушного загрязнения и поддержание при сквашивании (инкубации) постоянной температуры. Вал мешалки оснащен двойным механическим уплотнением. Для обеспечения эффективной защиты от загрязнения, для охлаждения и смазки к

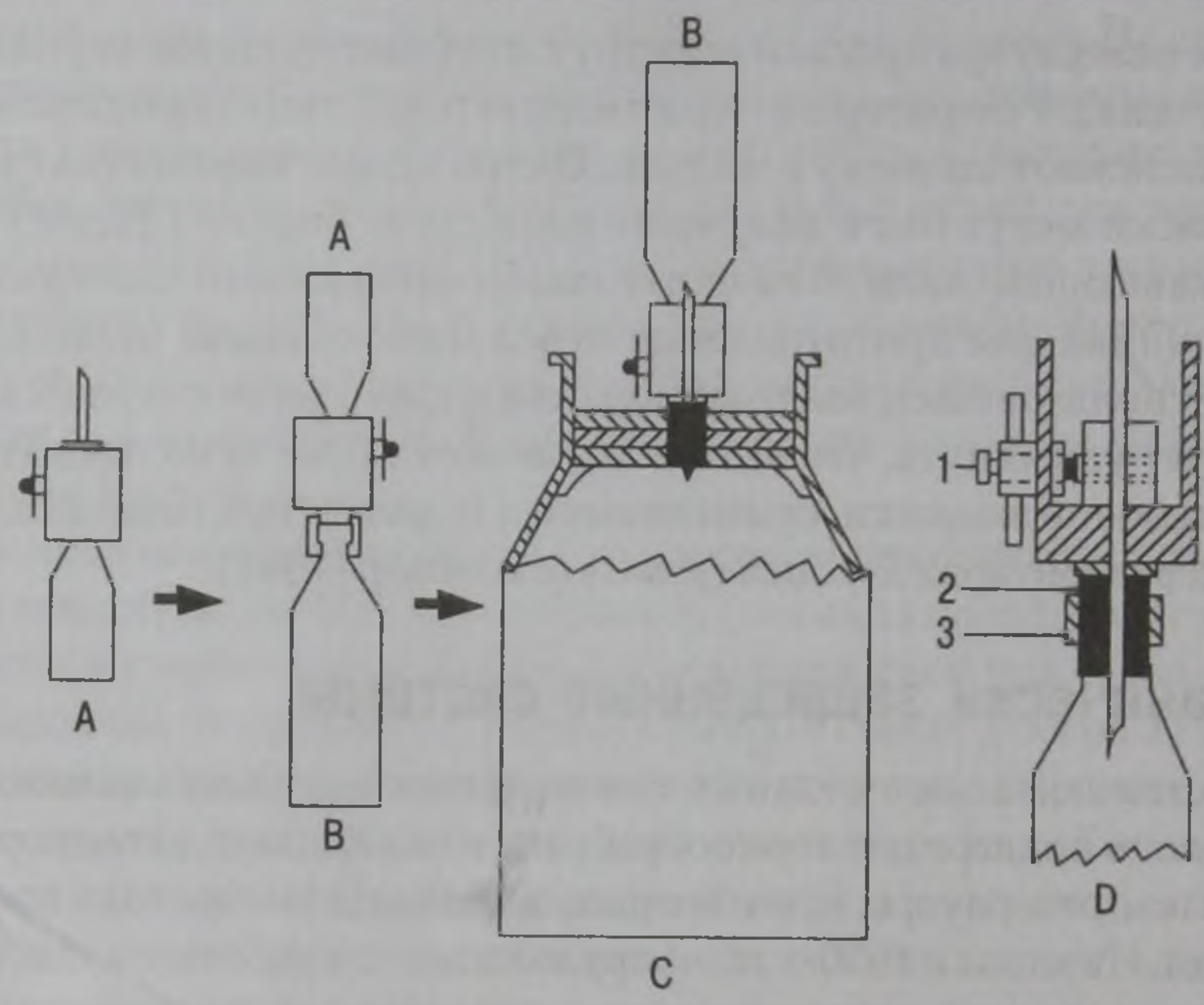


Рис. 8.5. Схема системы Льюиса для переноса культуры

A – лабораторная закваска; B – пересадочная закваска; C – производственная закваска; D – узел с иглой (1 – кран; 2 – уплотнение *Astell*; 3 – раствор гипохлорита).

Воспроизведено с разрешения *Elsevier Applied Science.*

Рис. 8.6. Система Льюиса для переноса культуры через стерильный водный барьер на производстве

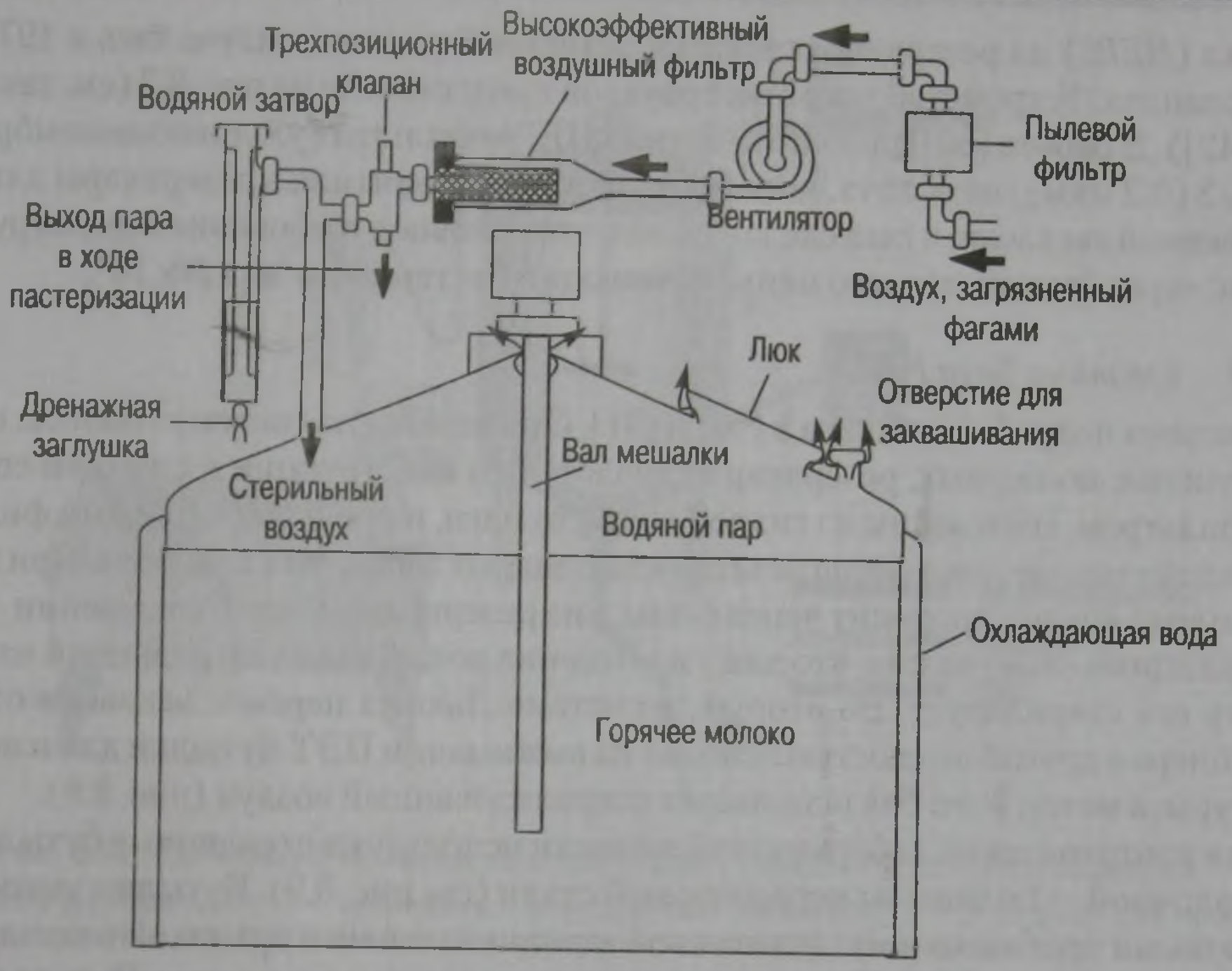


Рис. 8.7. Резервуар для получения производственной закваски с повышенным давлением стерильного воздуха

По [124, 126]. Воспроизведено с разрешения *North European Dairy Journal* и *Netherlands Milk and Diary Journal*.

кожуху уплотнения подается вода под давлением. Внесение пересадочной закваски в резервуар для производственной закваски выполняется через стерильный барьер (воду, содержащую раствор гипохлорита натрия). Иллюстрация производственного применения этой системы показана на рис. 8.6.

*8.4.3.2 Система Джонса (*Jones*)*

Резервуар Джонса не является герметизированным сосудом для закваски, так как воздух в свободном пространстве резервуара над продуктом вытесняется при термообработке молока и снова поступает в резервуар при охлаждении. Некоторое положительное давление внутри резервуара может быть достигнуто путем установки в систему фильтрации/стерилизации воздуха вентилятора. Подробно характеристики такой системы (включающей комбинированную систему Льюиса/Джонса) для получения производственной закваски описаны в работе [130].

8.4.3.3 Системы со стерильным и фильтрованным воздухом

Крупные поставщики оборудования для молочной промышленности обеспечивают производителей во многих странах различными типами резервуаров для приготовления производственной закваски, использующими фильтрованный, стерильный воздух (при избыточном давлении). Высокоэффективные системы сухой фильтрации

воздуха (*HEPA*) на резервуарах производственной закваски изучались в 1970-х гг. в Нидерландах. Устройство таких резервуаров представлено на рис. 8.7 (см. также [124, 126, 142]). В работе [80] оценено действие HEPA-фильтра (ультраполимембрана PF-PP 30/3 (0,2 мкм)) на воздух, попадающий на предприятиях в резервуары для производственной закваски, и был сделан вывод, что основное требование к фильтру выполняется: через фильтр прошло меньше, чем один бактериофаг из $1{,}9 \times 10^8$.

8.4.3.4 Система Tetra Pak

Эта система подробно описана в [18] и [31]. Она похожа на систему Льюиса, но имеет два отличия: во-первых, резервуар отличается по конструкции и снабжен специальным фильтром, состоящим из гидрофобной бумаги, и предварительными фильтрами на каждой стороне; узел фильтра полностью закрыт защитным кожухом. При нагревании молока воздух проходит через фильтр из резервуара, а при охлаждении — обратно. Принципиально важно, что для уменьшения воздействия загрязнений из воздуха фильтр его стерилизует. Во вторых, в системе Льюиса перенос закваски от одного контейнера в другой полностью основан на выжимании ПЭТ-бутылки для извлечения культуры, а метод *Tetra Pak* использует стерилизованный воздух (рис. 8.8).

Для приготовления лабораторной закваски используют стеклянные бутылки, а для пересадочной — бидоны из нержавеющей стали (см. рис. 8.9). Бутылки укупоривают резиновыми пробками и металлической завинчивающейся крышкой с кольцом. При переносе культуры используется две одноразовые стерильные иглы. Первая игла (короткая) связана с источником воздуха и для его стерилизации оснащена стерильным фильтром. Длина второй иглы достаточна, чтобы достигнуть дна стеклянной бутылки, и она связана с контейнером пересадочной закваски. Когда подача воздуха включена, воздух, проходя через фильтр, стерилизуется и поступает в бутылку через короткую иглу. Это приводит к увеличению давления в свободном пространстве над жидкостью в бутылке и выталкиванию закваски через длинную иглу в бидон. Бутылки с обезжиренным молоком обычно подвергают обработке в автоклаве, а затем охлаждают до соответствующей температуры сквашивания (инкубации). При приготовлении лабораторной закваски в бутылку через мембрану вводят исходную культуру с помощью стерилизованного шприца или в стерильных условиях добавляют сублимированную исходную культуру (то есть или крышку бутылки отвинчивают в ламинарном шкафу и добавляют сухую культуру, или активизируют культуру в стерилизованном молоке и вводят ее в бутылку, используя стерильный шприц).

При использовании специальных контейнеров из нержавеющей стали пересадочную закваску готовят следующим образом:

- заполняют контейнеры обезжиренным молоком, закрывают и закрепляют крышку;
- нагревают при 95 °С в течение 30–45 мин и охлаждают до температуры сквашивания (инкубации), используя *Viscubator* (см. рис. 8.8);
- переносят лабораторную закваску так, как описано выше, охлаждают до температуры < 10 °С; после этого закваска готова для приготовления производственной закваски.

Контейнеры для пересадочной закваски имеют два специальных патрубка, один — для сжатого воздуха, а второй, для закваски — в виде трубы из нержавеющей стали,

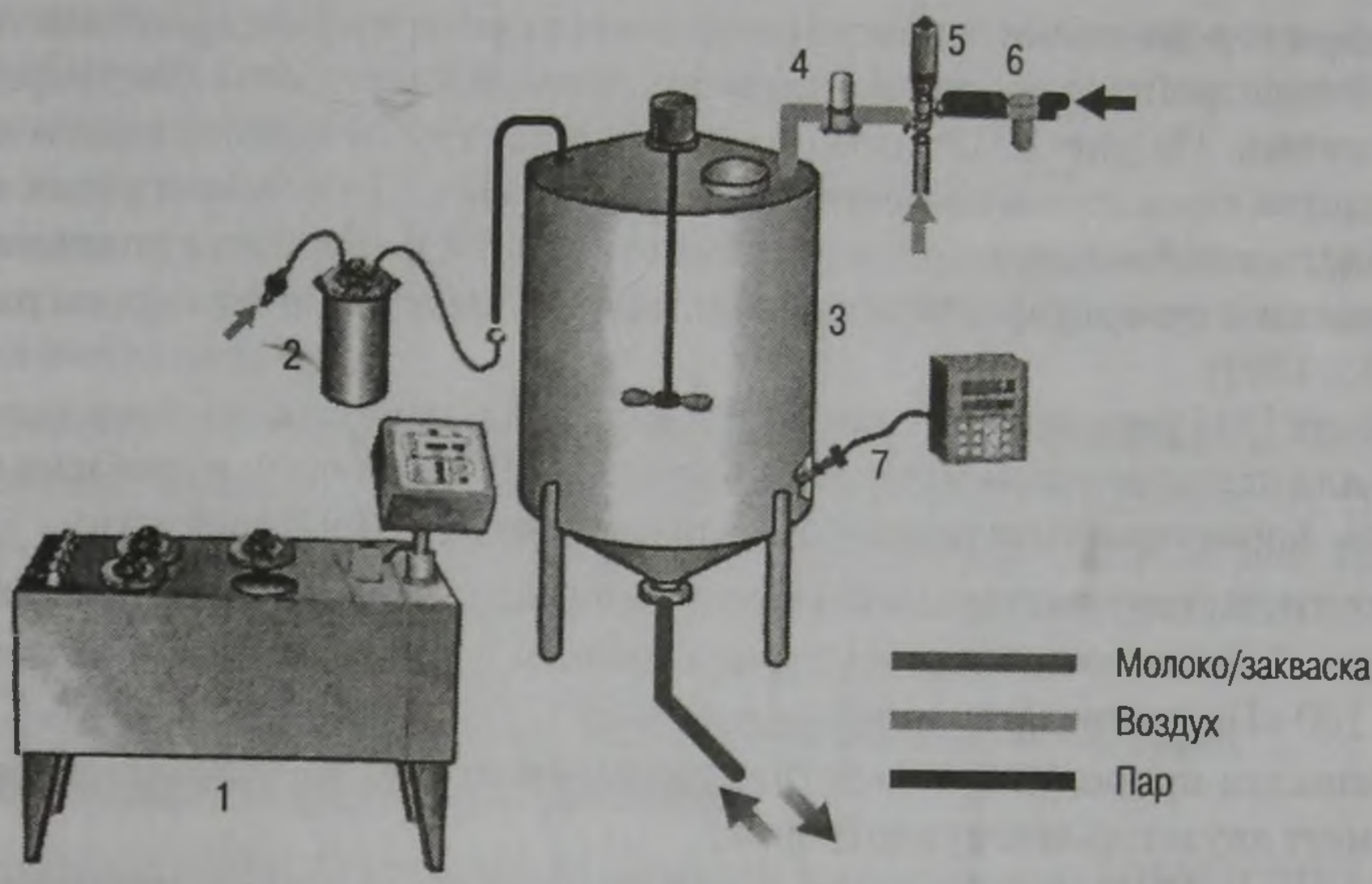


Рис. 8.8. Производство закваски с помощью стерильной системы переноса

1 – инкубатор (*Viscubator*); 2 – контейнер с пересадочной закваской; 3 – резервуар для производственной закваски; 4 – HEPA-фильтр; 5 – воздушный клапан; 6 –фильтр для пара; 7 – pH-метр.

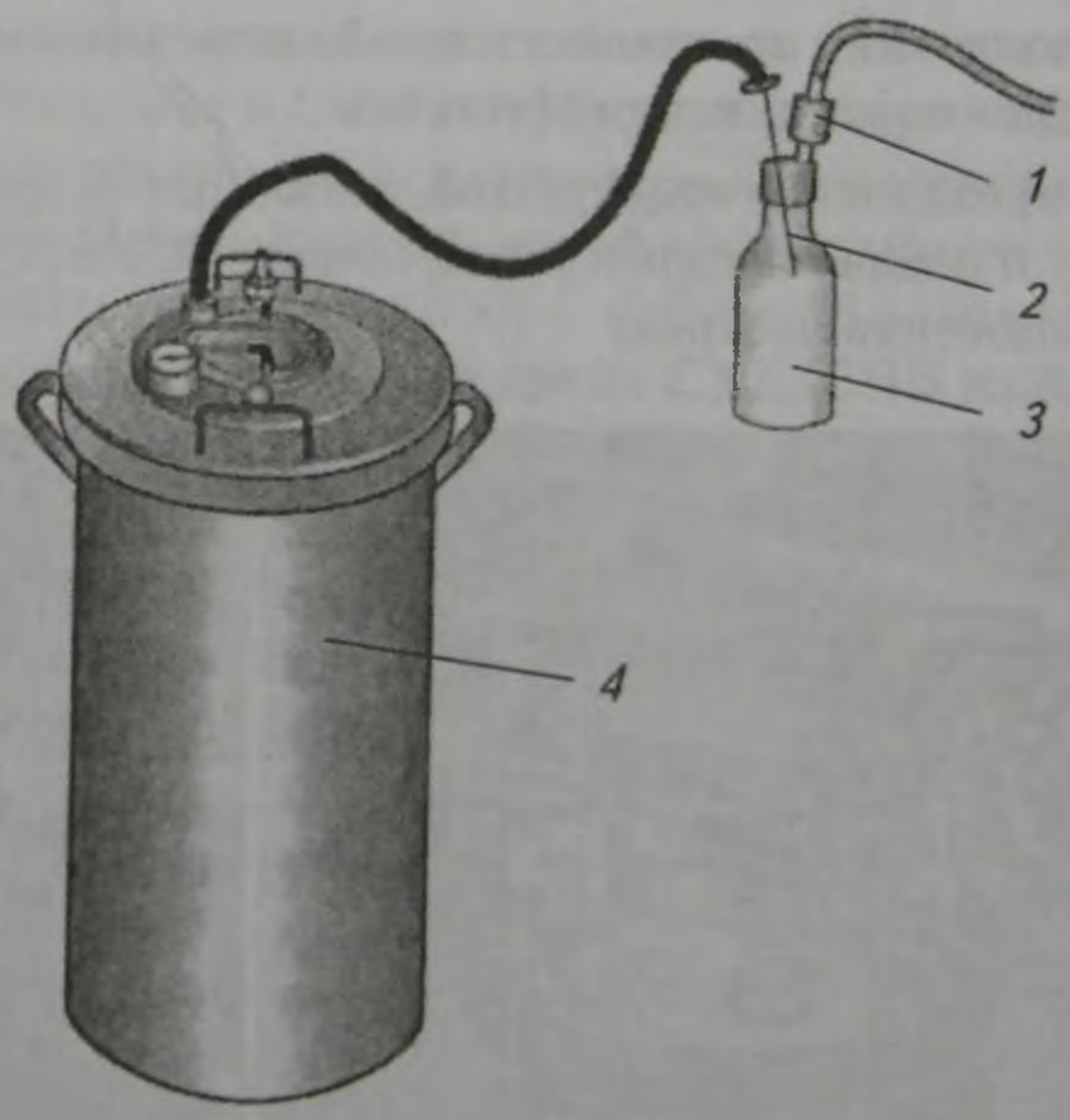


Рис. 8.9. Асептический перенос лабораторной закваски в контейнер для пересадочной закваски

1 – стерильный фильтр; 2 – асептическая игла; 3 – стеклянная бутылка с лабораторной закваской; 4 – контейнер из нержавеющей стали для пересадочной закваски.

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing System Division) A/B*, г. Лунд, Швеция.

которая при перемещении закваски соединяется с резервуаром производственной закваски. Эти устройства оборудованы специальными клапанами с быстроразъемными соединениями. На рис. 8.10 показаны соединения труб у действующего в условиях производства контейнера для пересадочной закваски. Подобная система получения производственной закваски описана в работе [112]. Общая схема подачи пересадочной закваски в резервуар для производственной закваски показана на рис. 8.8 (см. также [31, 130]).

В работе [31] рекомендуется использовать два резервуара попеременно — один с готовой для использования закваской, а другой — для подготовки закваски на следующий день. Характеристика резервуара для производственной закваски:

- асептическая конструкция (герметически закрыт и с тройной изоляцией);
- способность противостоять отрицательным и положительным давлениям до 30 и 100 кПа соответственно;
- мешалка приводится в действие двухскоростным двигателем, а вал мешалки имеет двухстороннее уплотнение;
- наличие HEPA-фильтров (см. рис. 8.8), которые могут быть стерилизованы паром при 140 °С, и стационарного pH-метра, способного при очистке резервуара, подготовке молока и производстве закваски выдерживать значительные температурные перепады.

8.4.4 Системы управления уровнем кислотности

Системы получения производственной закваски с регулированием pH были созданы и развивались по следующим причинам:

- для преодоления недостатков, связанных со средами, устойчивыми к бактериофагу и подавляющими бактериофаги (СУБ/СПБ) (см. раздел 8.4.5), включая стоимость таких сред;

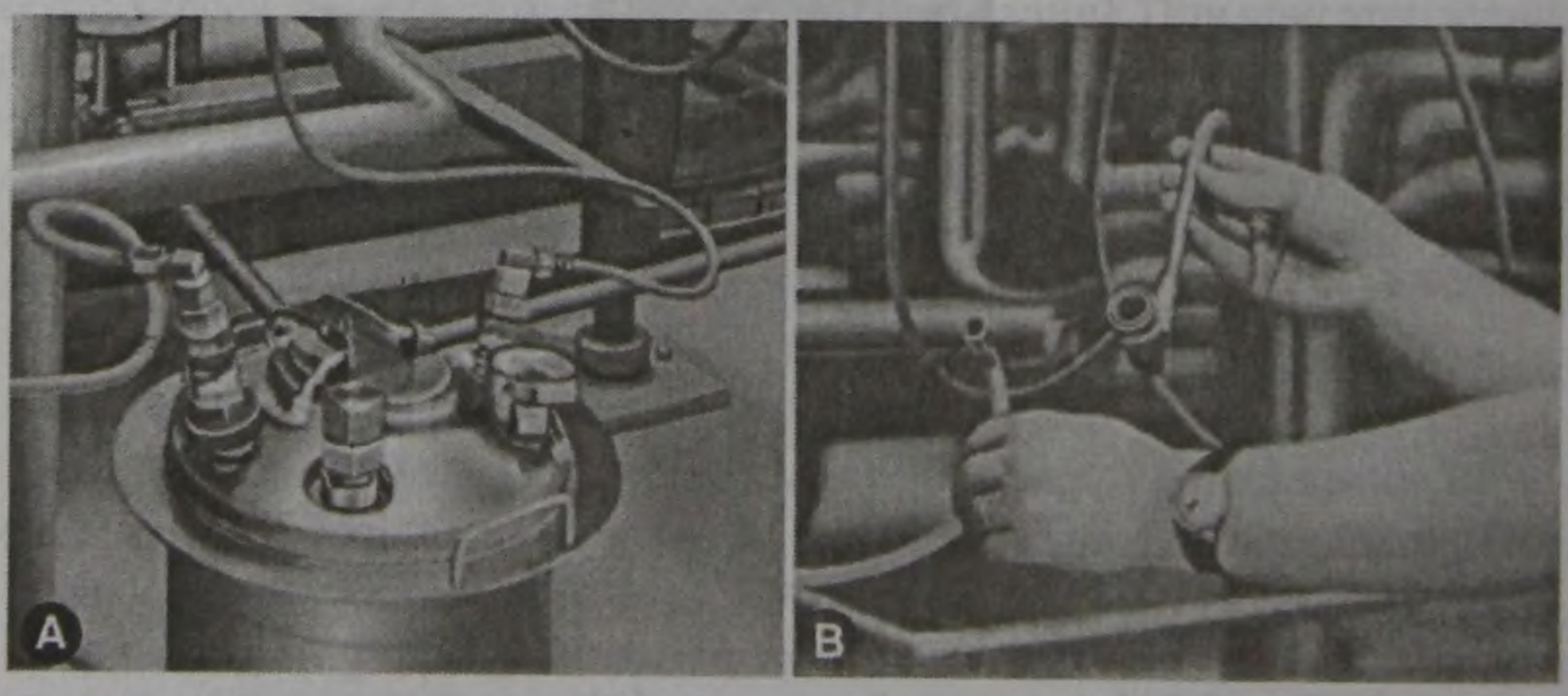


Рис. 8.10. Трубы, клапаны, соединения и патрубки для контейнера пересадочной закваски

А – шкала температуры, правая трубка для подачи воздуха; левая пластмассовая трубка – для его выхода; В – специальный клапан с быстроразъемным соединением (трубки аналогичны описанным в А).

Воспроизведено с разрешения *Tetra Pak (Processing System Division) A/B*, г. Лунд, Швеция.

- для минимизации ежедневных колебаний в образовании кислоты микрофлорой обычной производственной закваски для сыров, которые случаются в производственной практике (см. [102, 147];
- для получения бактериальных концентратов при высоком pH ~ 5 (при этом уменьшается повреждение клеток в некоторых культурах закваски, долго находящихся при низком pH); как следствие, для производства требуется меньшее количество закваски.

Существуют два метода производства закваски с использованием системы управления кислотностью: внешнее управление pH и внутреннее управление pH. По нашим сведениям, эти системы для получения производственных заквасок для йогурта не используются (дополнительная информация имеется в обзорах [119, 130, 138]).

8.4.5 Среды, устойчивые к бактериофагам и среды, их подавляющие (СУБ/СПБ)

Среды, устойчивые к бактериофагам и среды, их подавляющие (СУБ/СПБ), называют также фагоустойчивыми или фагоингибирующими средами (ФУС/ФИС). Их основные компоненты — СВ молока, сахар, стимулирующие вещества (экстракты дрожжей, панкреатические экстракты и/или гидролизованные твердые вещества зерновых культур), фосфат-цитратные буферы и хелатирующие составы (фосфаты аммония или натрия). Последние необходимы для связывания в среде культивирования свободных ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), особенно Ca^{2+}, который требуется бактериофагам при размножении. Такие среды были созданы в основном для сырных заквасок и (очень ограниченно) для *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Данные по СУБ/СПБ [130] показывают, что обычно (за исключением определенных условий) такие среды не очень эффективны. Важно отметить, что фосфаты в молоке с производственной закваской неблагоприятно влияют на рост *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. главу 6, раздел 6.3.10). Поэтому в настоящее время СУБ/СПБ на йогуртовых производствах широко не используются, и можно с уверенностью утверждать, что хотя такой подход и может оказаться успешным для мезофильных молочных культур, применение его для получения производственных заквасок для йогурта, не содержащих фаги, ограничено. Другой подход к ограничению действия бактериофагов на микроорганизмы йогурта — добавление к культуре муравьиной кислоты [82].

8.5 Заключение

Начиная с 1950-х гг., в технологии заквасок (их сохранении, поддержании и производстве) было выполнено много разработок. Конечная цель этих работ заключалась в получении для молочной промышленности различных штаммов заквасочных культур для йогурта, обеспечении их чистоты и активности, в разработке соответствующих систем для их использования, а также в получении производственных заквасок собственно на молокозаводах. Механически защищенные резервуары для закваски были разработаны прежде всего для предприятий по выработке сыров (чтобы ограничить

быстрое размножение фагов при получении производственной закваски), но поскольку *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* также уязвимы для бактериофагов (см. главу 6), те же меры предосторожности применяют и в производстве йогурта.

В настоящее время производители йогурта все больше используют для получения производственных заквасок и/или йогурта с желаемыми характеристиками (мягкий или более резкий вкус, низкое или высокое содержание ацетальдегида, низкая или высокая вязкости и т. д.) бактериальных концентратов сублимационной сушки и замороженных, особенно при использовании биозаквасок или сделанных на заказ смешанных заквасок. Однако при переносе некоторых культур в ряде механически защищенных систем могут возникать проблемы. Восстановление сублимированной культуры или культур, расфасованных в банки (с кольцом для открывания) в стерильной жидкости. передача восстановленных или размороженных культур в резервуары для производственной закваски выполняется с помощью стерильного подкожного шприца и поэтому может оказаться затруднительным использовать эти культуры в некоторых типах резервуаров. Подобные трудности возникают при использовании замороженного бактериального концентрата в виде гранул, который не рекомендуется размораживать до заквашивания (инокуляции), и концентрата сублимационной сушки, особенно при использовании системы Льюиса. Однако с развитием технологии приготовления заквасок эти трудности будут преодолены, а получение производственных заквасок на молочном предприятии не потребуется, поскольку все шире будут применяются DVS-системы.

8.6 Литература

1. Abd-El-Gawad, I. A.,Metwally, M. M., El-Nockrashy, S. A. and Ahmed, K. E. (1989) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **17**, 273.
2. Abraham, A., De antioni, G. L. and Anon, M. C. (1990) *Cryhiotogy*, **27**, 336.
3. Abrahamsen, R. K., Tufto, G. N. and Svensen, A. (1982) *Meldinger fra Norges Landbrukshftgskote*, **61**, 1.
4. Alaeddinogi,U. G., Guven, A. and Ozilgen, M. (1989) *Enzyme and. Microbial Technology*, **11**, 765.
5. Amen, J. and Cabau, M. (1984) European Patent Application, EU 065 895 Bl.
6. Amen, J. and Cabau, M. (1986) French Patent Application, F2 554125.
7. Anderson, L. (1975a) *Dairy Science Abstracts*, **37**, 310.
8. Anderson, L. (1975b) United States Patent Application, US3876808.
9. Andrew, M. H. E. and Russell, A. D. (Eds.) (1984) In *The Revival of Injured Microbes*, The Society of Applied Bacteriology Symposium Series No. 12, Academic Press, London.
10. De antoni, G. L., Perez, P., Abraham, A. and Anon, M. C. (1989) *Cryobiology*, **26**, 149.
11. Arnaud, J. P., Lacroix, C., Foussereua, C. and Choplin, L. (1993) *Journal of Biotechnology*, **29**, 157.
12. Audet, P., Paquin, C. and Lacroix, C. (1989) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **29**, 11.
13. Audet, P., Paquin, C. and Lacroix, C. (1990) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **32**, 662.
14. Audet, P., Lacroix, C. and Paquin, C. (1991a) *International Dairy Journal*, **1**, **1**.
15. Audet, P., Paquin, C. and Lacroix, C. (1991b) *Biotechnology Techniques*, **5**, 307.
16. Bannkova, L. A. and Lagoda, I. V. (1970) *XVIII International Dairy Congress*, **IE**, 277.
17. Barach, J. T. and Kamara, B. J. (1986) European Patent Application, EP 0196 593 A2.
18. Baudet, P. (1983) *Technique Laitiere*, No. **976** (Mai), 31.
19. Beal, C. and Corrieu, G. (1994) *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, **27**, 86.
20. Beal, C., Louvet, P. and Corrieu, G. (1989) *Applied Microbiology and Technology*, **32**, 148.
21. Beal, C., Spinnler, H. E. and Corrieu, G. (1994) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **41**,95.
22. Belov, A. N., Byelova, L. P., Krivorotava, T. L. and Guseva, N. M. (1995) *Dairy Science Abstracts*, **57**,294.
23. Benthin, S. and Villadsen, J. (1995) *Journal of Applied Bacteriology*, **78**, 647.

24. Borzani, W., Sanches Podlech, P. Luna, M. F., Jerke, P. R. and Stein, M. A. C. F. (1993) *Journal of Biotechnology*, **31**, 61.
25. Boyaval, P., Corre, C. and Terre, S. (1987) *Biotechnology Letters*, **9**, 207.
26. Boyaval, P., Terre, S. and Corre, C. (1988) *Lait*, **68**, 65.
27. Bozoglu, T. F., Ozilgen, M. and Bakir, U. (1987) *Enzyme Microbial Technology*, **9**, 531.
28. Briggs, M., Tull, G., Newland, L. G. M. and Briggs, C. A. E. (1955) *Journal of General Microbiology*, **12**, 503.
29. Buyukgungor, H. (1992) *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **53**,173.
30. Buyukgungor, H. and Caglar, A. (1990) *Doga - Turkish Journal of Chemistry*, **14**, 316.
31. Bylund, G. (1995) In *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak (Processing Systems Division) A/B, Lund, Sweden.
32. Castro, H. P., Teixeira, P. M. and Kirby, R. (1995) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **44**, 172.
33. Castro, H. P., Teixeira, P. M. and Kirby, R. (1996) *Biotechnology Letters*, **18**, 99.
34. Castro, H. P., Teixeira, P. M. and Kirby, R. (1997) *Journal of Applied Microbiology*, **82**, 87.
35. Cattaneo, T. M. P., Garbelli, S., Massoni, F., Cotarini, G. and Toppino, P. M. (1986) *Industria del Latte*, **22**(3/4), 3.
36. Champagne, C. P., Detournay, J. and Hardy, M.-J. (1991a) *Journal of Industrial Microbiology*, **7**,147.
37. Champagne, C. P., Gardner, N., Brochu, E. and Beaulieu, Y. (1991b) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, **24**, 118.
38. Champagne, C. P., Girard, F. and Rodrigue, N. (1993) *International Dairy Journal*, **3**, 257.
39. Champagne, C. P., Mondou, F., Raymond, Y. and Roy, D. (1996) *Food Research International*, **29**, 555.
40. Cox, W. A. and Lewis, J. E. (1972) In *Safety in Microbiology*, Ed. by Shapton, D.A. and Board, R.G., Academic Press, London, pp. 133–150.
41. Fayed, E. O., Sultan, N. E., Yassein, N. I. and Shehata, A. E. (1985) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **13**,149.
42. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1983a) *Cryobiology*, **20**, 560.
43. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1983b) *Applied and Environmental Microbiology*, **45**,302.
44. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1985a) *Applied and Environmental Microbiology*, **49**,413.
45. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1985b) *Applied and Environmental Microbiology*, **50**,1339.
46. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1985c) *Milchwissenschaft*, **40**,147.
47. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1985d) *Milchwissenschaft*, **40**, 518.
48. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1985e) *Cryobiology*, **22**, 574.
49. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1986) *Milchwissenschaft*, **41**,286.
50. Font de Valdez, G., Savoy de Giori, G., Pesce de Ruiz Holgado and Oliver, G. (1993) *Cryobiology*, **30**, 329.
51. Foschino, R., Bereta, C. and Ottogalli, G. (1992) *Industria del Latte*, **28**(2), 49.
52. Foster, E. M. (1962) *Journal of Dairy Science*, 45,1290.
53. Gandhi, D. N. and Shahani, K. M. (1994) *Indian Journal of Microbiology*, **34**, 45.
54. Gatto, E., Peddie, F. and Andrews, S. (1993) *Food Australia*, **45**,124.
55. Gavin, M. (1968) In *La Lyophilisation de Cultures de Yoghurt*, Thesis No. 4227, L'Ecole Polytechnique Federal, Zurich.
56. Gilliland, S. E. (1977) *Journal of Dairy Science*, **60**, 805.
57. Gilliland, S. E. (1985) In *Bacterial Starter Cultures for Foods*, Ed. by Gilliland, S.E., CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 145–157.
58. Gilliland, S. E. and Speck, M. L. (1974) *Journal of Milk and Food Technology*, **37**, 107.
59. Gray, T. R. G. and Postgate, J. R. (Eds.) (1976) In *The Survival of Vegetative Microbes*, 26th Symposium of the Society for General Microbiology, Cambridge University Press, Cambridge.
60. Gupta, R. C. and Ratnakar, A. K. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, **II**, 508.
61. Hup, G. and Stadhouders, J. J. (1977) United States Patent Application, US4053642.
62. Hurst, A. (1977) *Canadian Journal of Microbiology*, **23**, 936.
63. Hurst, A. and Nasim, A. (Eds.) (1984) In *Repairable Lesions in Micro-Organisms*, Academic Press, London.
64. Imai, M. and Kato, M. (1975) *Journal of Agricultural Chemical Society Japan*, **49**, 93.
65. Ishibashi, N., Tatematsu, T., Shimamura, S., Tomita, M. and Okonogi, S. (1985) *Refrigeration Science and Technology*, **1**, 227.
66. Johnson, M., Ray, B. and Speck, M. L. (1984) *Cryo-Letters*, **5**, 171.
67. Kaneko, T., Suzuki, H. and Takahashi, R. (1987) *Journal of Dairy Science*, **70**, 1128.
68. Kang, K. H., Ahn, S. N. and Lee, J. Y. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 555.

69. Keogh, B. P. (1970) *Applied Microbiology*, **19**, 928.
70. Kets, E. P. W. (1997) In *Compatible Solutes in Lactic Acid Bacteria Subjected to Water Stress*, PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
71. Kets, E. P., Teunissen, P. J. M. and De Bont, J. A. M. (1996) *Applied and Environmental Microbiology*, **62**, 259.
72. Kilara, A., Shahami, K. M. and Das, N. K. (1976) *Cultured Dairy Products Journal*, **11**(2), 8.
73. Kim, K. S. and Yu, J. H. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 202.
74. Kim, J. M., Baek, Y. J. and Kim, H. U. (1988) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 144.
75. Kreuder, K., Strohmaier, W. and Schafer, A. (1994) *Deutsche Milchwirtschaft*, **45**, 408.
76. Lagoda, I. V. and Bannikova, L. A. (1974) *Dairy Science Abstracts*, **36**, 59.
77. Lagoda, I. V. and Bannikova, L. A. (1975) *Dairy Science Abstracts*, **37**, 778.
78. Lagoda, I. V., Bannikova, L. A., Babina, N. A. and Koszreva, G. V. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 836.
79. La Torre, L. (1997) In *Some Aspects of the Production and Quality of Fermented Milks using Bifidobacteria*, MSc Thesis, University of Glasgow, Glasgow.
80. Leenders, G. J. M., Bolle, A.C. and Stadhouders, J. (1984) *Dairy Science Abstracts*, **46**, 233.
81. Lelieveld, H. L. M. (1984) *Process Biochemistry*, **19**, 112.
82. Lembke, A., Deininger, R. and Lembke, J. (1987) European Patent Application, EP 0220 548 A2.
83. Lewis, J. E. (1956) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **9**, 123.
84. Lewis, J. E. (1987) In *Cheese Starters - Development and Application of the Lewis System*, Elsevier Applied Science, London.
85. Libudzisz, Z. and Mokrosinska, J. (1995) *Ada Microbiologica Polonica*, **44**, 305.
86. Magdoub, M. N. I., Nawawy, M. A. M., Sultan, N. I. and Kenany, Y. M. (1987) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **15**, 57.
87. Martin, M. (1983) *Technique Laiteire & Marketing*, No. **976** (Mai), 45.
88. Metwally, M. M., Abd-El-Gawad, L. A., El-Nockrashy, S. A. and Ahmed, K. E. (1989) *Egypyian Journal of Dairy Science*, **17**, 35.
89. Mitchell, S. L. and Gilliland, S. E. (1983) *Journal of Dairy Science*, **66**, 712.
90. Morice, M., Bracquart, P. and Linden, G. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 1197.
91. Morichi, R. (1972) In *Mechanism and Prevention of Cellular Injury in Lactic Acid Bacteria Subjected to Freezing and Drying*, IDF Annual Session, International Dairy Federation, Brussels.
92. Morichi, T. (1974) *Japan Agricultural Research Quarterly*, **8**, 171.
93. Morichi, T., Irie, R., Yano, N. and Kembo, H. (1967) *Agricultural and Biological Chemistry*, **31**, 137.
94. Nagmoush, M. R., Girgis, E. S., Guirguis, A. H. and Fahmi, A. H. (1978) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **6**, 39.
95. Naylor, H. B. and Smith, P. A. (1946) *Journal of Bacteriology*, **52**, 565.
96. Nikolova, N. (1978) *XX International Dairy Congress*, **E**, 584.
97. Oberman, H., Libudzisz, Z., Piatkiewicz, A., Mokosinska, K., Oltuszak, E. and Moneta, J. (1995) *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, **4**(2), 21.
98. Osborne, R. J. W. (1977) *Journal of Society of Dairy Technology*, **30**, 40.
99. Osborne, R. J. W. and Brown, J. V. (1980) *Journal of Dairy Research*, **47**, 141.
100. Ozlap, E. and Ozlap, G. (1979) *Dairy Science Abstracts*, **41**, 871.
101. Parente, E. and Zottola, E. A. (1991) *Journal of Dairy Science*, **74**, 20.
102. Pearce, L. E. and Brice, S. A. (1973) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **13**, 56.
103. Pettersson, H. E. (1975a) *Milchwissenschaft*, **30**, 539.
104. Pettersson, H. E. (1975b) *Journal of Applied Microbiology*, **29**, 133.
105. Piatkiewicz, A. and Mokrosinska, K. (1995) *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, **4**(2), 33.
106. Porubcan, R. S. (1990) In *Granulation Technology for Bioproducts*, Ed. by Kadan, K.L., CRC Press, Boca Ratón, pp. 233–255.
107. Porubcan, R. S. and Sellars, R. L. (1975a) *Journal of Dairy Science*, **58**, 787.
108. Porubcan, R. S. and Sellars, R. L. (1975b) United States Patent Application, US3897307.
109. Porubcan, R. S. and Sellars, R. L. (1979) In *Microbial Technology - Microbial Processes*, Vol, 1, 2nd Edition, Ed. by Peppier, H. J. and Perlman, J. L., Academic Press, New York, pp. 59–92.
110. Prigent, C., Corre, C. and Boyaval, P. (1988) *Journal of Dairy Research*, **55**, 569.
111. Ragout, A., Sineriz, F., Kaul, R., Guoqiang, D. and Mattiasson, B. (1996) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **46**, 126.
112. Rasic, J. L. and Kurmann, J. A. (1978) In *Yoghurt - Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*, Technical Dairy Publishing House, Copenhagen.
113. Riis, S. B., Pedersen, H. M., Sorensen, N. K. and Jakobsen, M. (1995) *Food Microbiology*, **12**, 245.
114. Robinson, R. K. (1983) In *Biotechnology*, Vol. 3, Ed. by Rehm, H.-J. and Reed, G., Verlag Chemie, Weinheim, pp. 192–202.
115. Rossi, J. and Clementi, F. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 666.

116. De silva, M. C. T., Tessi, M. A. and Moguilevsky, M. A. (1983) *Journal of Food Protection*, 46, 699.
117. Sinha, R. N., Nambudripad, V. K. N. and Dudani, A. T. (1970) *XVIII International Dairy Congress*, IE, 128.
118. Sinha, R. N., Budani, A. and Ranganathan, B. (1974) *Journal of Food Science*, **39**, 641.
119. Sinkoff, B. A. and Bundus, R. H. (1983) United States Patent Application, US4402986.
120. Smittle, R. B. (1973) *Dissertation Abstracts International B*, **34**,2446.
121. Smittle, R. B., Gilliland, S. E. and Speck, M. C. (1972) *Applied Microbiology*, **24**, 551.
122. Smittle, R. B., Gilliland, S. E., Speck, M. L. and Walter, W. M. Jr. (1974) *Applied Microbiology*, **27**, 738.
123. Speckman, C. A. (1975) *Dissertation Abstracts International B*, **35**,3474.
124. Stadhouders, J. (1986) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **40**,155.
125. Stadhouders, J., Jansen, L. A. and Hup, G. (1969) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **23**, 182.
126. Stadhouders, J., Bangma, A. and Driessen, P. M. (1976) *North European Dairy Journal*, **42**, 191.
127. Stenby, E.(1998) In // *International Fermented Milks Seminar*, 7–8 May, Chr. Hansen Ind., Rio de Janeiro.
128. Stieber, R. W. and Gerhardt, P. (1980) *Journal of Dairy Science*, **63**, 722.
129. Sultan, N. I., El-Nawawy, M. A., Khalafalla, S. M. and Kenany, M. (1987) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **15**,31.
130. Tamime, A. Y. (1990) In *Dairy Microbiology - The Microbiology of Milk Products*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K., Elsevier Applied Science, London, pp. 131–201.
131. Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (1976) *Dairy Industries*, **41**, 408.
132. Teixeira, P., Castro, H. and Kirkby, R. (1994) *Letters in Applied Microbiology*, **18**, 218.
133. Teixeira, P. C., Castro, M. H. and Kirby, R. M. (1995a) *Journal of Food Protection*, **57**, 934.
134. Teixeira, P. C., Castro, M. H. and Kirby, R. M. (1995b) *Journal of Applied Bacteriology*, **78**, 456.
135. Teixeira, P. C., Castro, M. H., Malcata, F. X. and Kirby, R. M. (1995c) *Journal of Dairy Science*, **78**, 1025.
136. Teixeira, P. C., Castro, M. H. and Kirby, R. M. (1996) *Letters in Applied Microbiology*, **22**, 34.
137. Teixeira, P. C., Castro, M. H., Mohacsi-Farkas, C. and Kirkby, R. M. (1997) *Journal of Applied Microbiology*, **83**, 219.
138. Thunell, R. K.and Sandine, W. E. (1985) In *Bacterial Starter Cultures for Foods*, Ed. by Gilliland, S.E., CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 127–144.
139. Tofte-Jespersen, N. J. (1974a) *South African Journal of Dairy Technology*, **6**, 63.
140. Tofte-Jespersen, N. J. (1974b) In *A New View of International Cheese Production*, Chr. Hansen's Laboratorium, Copenhagen, pp. 77–86.
141. Tofte-Jespersen, N. J. (1976) *Dairy and Ice Cream Field*, **159**(5), 58A.
142. Tofte-Jespersen, N. J. (1979) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **32**, 3.190.
143. Tsvetkov, T. and Shishkova, I. (1982) *Cryobiology*, **19**, 211.
144. Turkur, N. and Hamamci, H. (1998) *Food Microbiology*, **15**, 3.
145. Venkatesh, K. V., Okoş, M. R. and Wankat, P. C. (1993) *Process Biochemistry*, **28**, 231.
146. Walczak, P., Mokrosinska, K. and Libudzisz, Z. (1995) *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(2), 9.
147. Walker, A. L., Mullan, W. M. A. and Muir, M. E. (1981) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **34**, 78.
148. Wolff, E., Del, B., Corrieu, G. and Gibert, H. (1990) *Cryobiology*, **27**, 569.
149. Wright, C. T. and Klaenhammer, T. R. (1983) *Journal of Food Science*, **48**, 773.
150. Zlotkowska, H. and Ilnicka-Olejniczak, O. (1993) *Dairy Science Abstracts*, **55**, 52.

9
ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЙОГУРТОВ

9.1 Введение

Химический состав пищевого продукта является показателем его потенциальной пищевой ценности. В табл. 9.1 представлены данные по основному компонентному составу типичных натуральных и фруктовых йогуртов, которые свидетельствуют о том, что йогурт может быть одной из наиболее важных составных частей любой диеты. Причем его воздействие на организм человека обусловлено типом потребляемого йогурта. Однако следует отметить, что численные значения показателей химического состава не могут отразить всего многообразия и степени воздействия йогуртов на человеческий организм, так как некоторые аспекты этого влияния не могут быть обнаружены с помощью химических анализов [144].

Поэтому в настоящей работе представляется интересным рассмотреть не только составляющие йогурта более подробно, но и оценить вероятную пищевую ценность изучаемых веществ. Еще в работах [2, 36] был дан подробный обзор питательной ценности йогуртов. В настоящее время Международная молочная федерация публикует работы ([73–78]; см. также обзор [62]), освещая вопросы пищевых свойств ферментированных молочных продуктов, включая йогурты. Кроме того, вниманию читателя предлагается литература о пищевых свойствах йогуртов, в которой дается подробный анализ важности молочных продуктов для питания человека [6, 19, 20, 23, 26, 39, 63, 65, 82, 83, 98, 134, 136, 141]. Заслуживают внимания также работы о влиянии ферментированного молока на здоровье человека, которые были проведены в Нидерландах в научно-исследовательском институте молочных продуктов (NIZO) в конце 1980-х гг. [8].

9.2 Углеводы

9.2.1 Доступные (усваиваемые) углеводы

Термин «доступные (усваиваемые) углеводы» охватывает все те соединения углерода, которые могут быть усвоены человеческим организмом и, следовательно, могут служить источником энергии в процессах метаболизма. Что касается доступных углеводов натурального йогурта, то следует отметить (табл. 9.1), что ряд моно- и дисахаридов присутствуют в следовых количествах, в то время как доминирующим сахаром остается лактоза . Даже после ферментации йогурт может содержать в 100 г продукта около 4–5 г лактозы [16, 158, 165]. Причина такого большого количества лактозы заключается в том, что молоко перед процессом ферментации часто сгущают до 14–16 г СВ на 100 г продукта (то есть до 8 г лактозы в 100 г молока). В результате содержание лактозы в йогурте незначительно отличается от содержания этого дисахарида в нормализованном молоке. Различие наблюдается в другом: воздействие лактозы йогурта на организм людей с непереносимостью лактозы значительно отличается от воздействия на организм этой категории людей лактозы молока. Природа этого явления представляет значительный интерес в медицинском аспекте (см. [56]).

Непереносимость лактозы — это неспособность человека усваивать ее, то есть включать в метаболические процессы организма [4, 40, 43, 92, 133, 158], однако большинство детей обладает этой способностью при рождении, так как в детском организме синтезируется фермент лактаза (β-галактозидаза), и в результате лактоза материнско-

Таблица 9.1. **Основные показатели химического состава молока и йогурта (все единицы даны на 100 г продукта) (данные по [28 и 72])**

Состав	Молоко	Йогурт*				
	Цельное	Обезжиренное	Жирный	Нежирный	Нежирный фруктовый	Греческий тип
Вода, г	87,8	91,1	81,9	84,9	77,0	77,0
Энергетическая ценность, ккал	66	33	79	56	90	115
Белки, г	3,2	3,3	5,7	5,1	4,1	6,4
Жиры, г	3,9	0,1	3,0	0,8	0,7	9,1
Углеводы, г	4,8	5,0	7,8	7,5	17,9	НД
Ca, мг	115	120	200	190	150	150
P, мг	92	95	170	160	120	130
Na, мг	55	55	80	83	64	НД
K, мг	140	150	280	250	210	НД
Z, мг	0,4	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5

НД — нет данных.

* Питательная ценность фруктовых йогуртов варьируется в зависимости от вида фруктов и стабилизатора.

го молока легко расщепляется на глюкозу и галактозу. Эти моносахариды, особенно глюкоза, быстро включаются в процессы метаболизма. Так как потребности в энергии у детей велики, и их невозможно удовлетворить только за счет молока, то вскоре для подрастающего организма более важными становятся другие пищевые продукты. Во многих человеческих сообществах это изменение в рационе питания приводит к тому, что молоко занимает все меньшее место среди продуктов питания, и потребление лактозы соответственно уменьшается. Это, в свою очередь, вызывает снижение синтеза фермента лактазы в организме вследствие его меньшей востребованности.

Когда наступает такой момент, что лактоза почти не усваивается организмом, поступление свободной лактозы в организм человека дает ряд нежелательных симптомов (таких, как вздутие живота, колики и диарея). Эти симптомы возникают из-за гетероферментативных процессов метаболизма лактозы под воздействием естественной микрофлоры толстого кишечника. Газы, образующиеся в результате этих процессов, дают ощущение крайнего дискомфорта. Такая нежелательная реакция на употребление в пищу молока называется реакцией непереносимости лактозы. В работе [53] описана клиническая картина, подтверждающая эту форму недостаточности. Подобная реакция может также наблюдаться у пациентов, страдающих от врожденного отсутствия фермента лактазы, или же когда стенки кишечника существенно повреждены вследствие сильного недоедания. Однако у европейцев, которые потребляют молоко и молочные продукты всю свою жизнь, реакция непереносимости наблюдается крайне редко, в то время, как в сообществах людей, для которых жидкое молоко малодоступно, такая реакция является довольно обычным явлением. Любопытно отметить, что в этом случае потребление йогуртов не вызывает реакцию лактозной непереносимости.

Наиболее очевидные объяснения данного факта могут состоять в том, что фермент лактаза микроорганизмов йогурта продолжает расщеплять лактозу даже после попадания в пищеварительный тракт и в том, что микроорганизмы йогурта во время переваривания в пищеварительном тракте подвергаются лизису, фермент лактаза при этом высвобождается и обеспечивает расщепление лактозы до такой степени, что уровень этого дисахарида в толстом отделе кишечника оказывается слишком низким, чтобы вызвать негативную реакцию [37, 51].

Поскольку некоторые штаммы *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus* выносят низкий pH, то можно предположить, что ферментативное расщепление лактозы продолжается в желудке, особенно если представить, что бактерии йогурта до некоторой степени могут быть защищены скоагулировавшим белком йогурта, который может оказывать буферное воздействие. Однако более вероятная версия состоит в следующем: высокая кислотность желудка становится причиной гибели микроорганизмов йогурта, но клеточные стенки бактерий защищают лактазу от кислой среды желудка. Если лактаза быстро разрушается при pH<3,0 *in vitro*, то будучи защищенной стенкой бактериальной клетки, она может оказаться в щелочной среде кишечника, сохранив свою ферментативную активность (см. [105]). В кишечнике на клеточные стенки бактерий действуют желчные соли, растворяя их. При этом фермент лактаза высвобождается в полость кишечника, где она продолжает расщеплять лактозу. Некоторые доказательства этих процессов представлены в работе [58].

Еще одно обстоятельство, которое может служить объяснением данного явления, заключается в следующем: белки йогурта уже скоагулированы до поступления в желу-

док, в то время как белки жидкого молока подвергаются коагуляции под действием ферментов и кислоты организма (см. [35]). Это обстоятельство может привести к тому, что коагулят белков йогурта при попадании в пищеварительный тракт остается частично неповрежденным (интактный), и лактоза, следовательно, остается в непосредственной близости от фермента лактазы, высвободившейся из бактериальной клетки после ее разрушения [161].

Результаты многих исследований на людях с неперносимостью лактозы идентичны. После употребления живого йогурта в выдыхаемом испытуемыми воздухе уменьшалось количество H_2 и гораздо реже наблюдались случаи диареи и скопления газов [85, 114, 156]. Эти данные говорят о том, что при потреблении йогурта (по сравнению с молоком) обеспечивается усвоение лактозы благодаря ее внутрикишечному расщеплению ферментом лактазой, высвобожденной из бактериальных клеток *Streptococcus thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* (см. [135]). При исследовании йогуртов разных типов (с низким и высоким содержанием жира, с гидролизированной лактозой и замороженных) уменьшение H_2 в выдыхаемом воздухе наблюдали у взрослых людей с дефицитом потребления молока [104, 149]. Эти же исследователи, а также авторы работы [117] пришли к выводу, что для людей, непереносящих лактозу, лактаза йогуртового происхождения по своему действию превосходит препараты лактазы. Кроме того, в работе [127] было показано, что живые микроорганизмы йогурта благодаря буферной способности этого продукта могут достигать двенадцатиперстной кишки, сохранив при этом внутри бактериальных клеток активную β-галактозидазу. Иными словами, микроорганизмы, до некоторой степени защищенные от кислоты желудка, не разрушаются, и микробиальная лактаза сохраняется внутри клеток, что препятствует гидролизу лактозы в двенадцатиперстной кишке. Смешанные йогуртовые культуры обнаруживали наибольшую активность β-галактозидазы, затем — по убывающей — культуры *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum*.

Итак, высокая степень усвояемости углеводов йогурта означает, что этот продукт можно рассматривать как полезный источник энергии для его потребителей. Следует отметить, что натуральный йогурт содержит в 100 г продукта около 6,4 г углеводов,

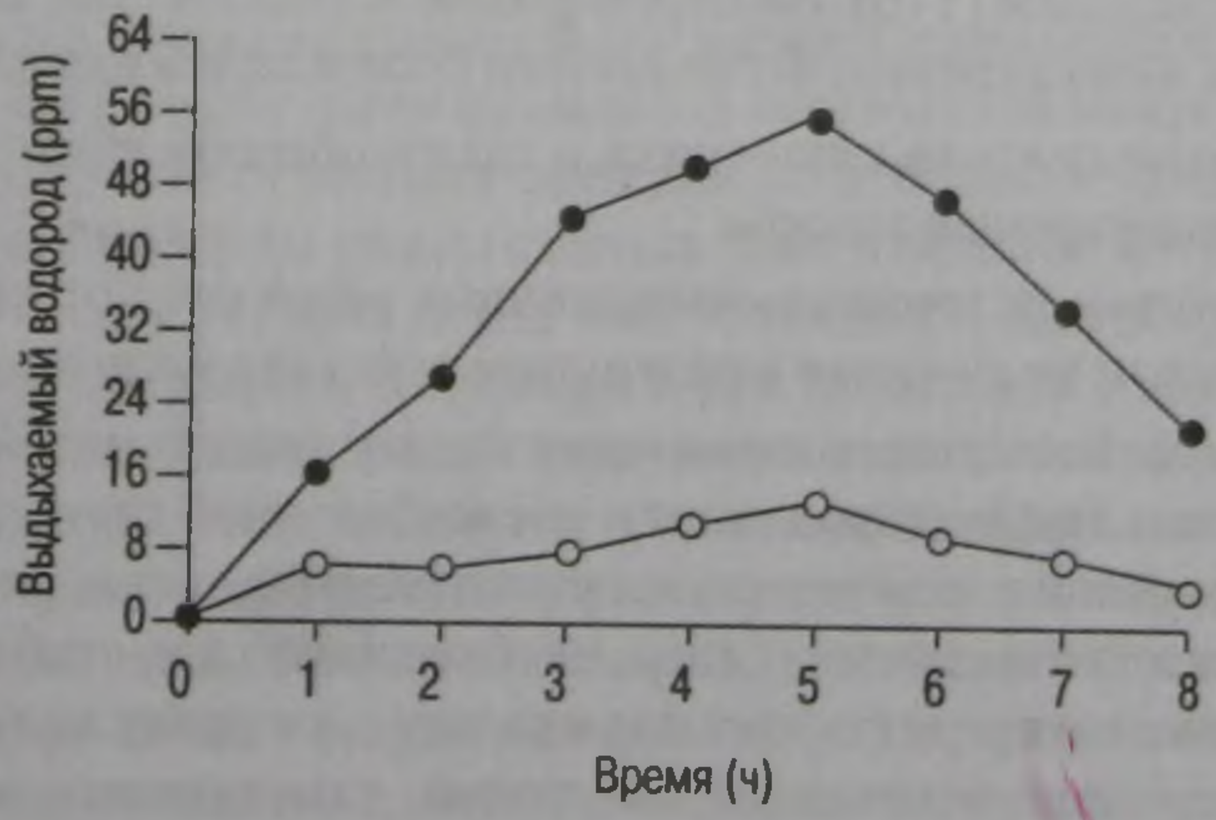


Рис. 9.1. Зависимость количества выдыхаемого человеком водорода от вида потребляемого продукта: молока (–●–) или йогурта (–o–).

тогда как фруктовые йогурты могут содержать в 100 г продукта до 18–20 г сахарозы и других доступных углеводов (см. табл. 9.1). Если учесть, что 1 г сахара дает приблизительно 4 ккал используемой организмом энергии, то вклад йогурта в борьбе с энергетическим дефицитом может быть значительным. Содержание углеводов во многих сортах йогуртов к тому же может быть увеличено применением модифицированного крахмала как стабилизатора в концентрациях, которые могут доходить до 1 г на 100 г йогурта.

Молочная кислота синтезируется бактериальными клетками йогуртовой культуры в результате метаболических превращений лактозы, которая является основным субстратом, присутствующим в молоке (см. [170]). Молочная кислота существует в виде двух изомеров: *L*(+) и *D*(−). В йогурте *S. thermophilus* продуцирует *L*(+) форму, тогда как *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* – *D*(−) форму или рацемическую смесь *DL* в зависимости от штамма. *L*(+) — изомер молочной кислоты — легко переваривается в организме человека, но доля этого изомера в общей концентрации молочной кислоты в йогурте будет варьировать в зависимости от соотношения двух вышеназванных видов бактерий в йогуртовой закваске. Обычно эта доля составляет 50–70% от общей концентрации молочной кислоты [87]. *D*(−) изомер в отличие от *L*(+) плохо метаболизируется в организме, и его излишек у некоторых детей может стать причиной ацидоза.

9.2.2 Недоступные (неусваиваемые) углеводы

Если натуральный йогурт получен исключительно из молока, то в составе фруктовых йогуртов обычно имеются стабилизаторы, необходимые для уменьшения отделения сыворотки при введении фруктового компонента. Использование стабилизаторов уже было рассмотрено выше (см. главу 2). То, что многие из них являются углеводами, не имеет особого значения, так как молекулы этих веществ не подвергаются действию пищеварительных ферментов. Стабилизаторами могут служить клейкие вещества растительного происхождения, а также производные целлюлозы и красной водоросли *Chondrus crispus*. Они представляют собой длинные цепи полисахаридов, состоящих из отдельных моносахаридов, и образуют в воде коллоидные растворы. В человеческом организме нет ферментов, расщепляющих эти полисахариды, и поэтому их относят к недоступным углеводам [146]. Не перевариваясь в организме, они, тем не менее, могут способствовать пищеварению несколькими способами, а именно:

- действуя как наполнитель кишечника и таким образом стимулируя его перистальтику и предотвращая запоры;
- поглощая некоторые потенциально токсичные вещества, которые могут образовываться в толстом кишечнике в результате действия некоторых бактерий;
- задерживая проникновение сахаров через стенку кишечника. Эта функция особенно необходима людям, страдающим послеобеденной гипергликемией. После каждого приема пищи в человеческом организме появляется резкая потребность в значительном количестве инсулина, необходимого для стабилизации уровня глюкозы в крови, что представляет повышенную нагрузку на гормональную систему даже здорового человека, а для людей, находящихся на первой стадии сахарного диабета, является серьезной проблемой. Поэтому, когда полимеры

недоступных углеводов замедляют скорость всасывания глюкозы в кровь, они тем самым уменьшают столь резкую потребность организма в инсулине и способствуют поддержанию адекватного гомеостаза;

- понижая уровень холестерина в крови [80];
- увеличивая вместе с коагулированным белком время продвижения лактозы по пищеварительному тракту до слепой кишки и увеличивая тем самым время действия микробиальной лактазы; в результате люди, не переносящие лактозу, не испытывают дискомфорта.

Уровень вводимых стабилизаторов довольно низок (около 0,5 г на 100 г продукта). Тем не менее в настоящее время наблюдается тенденция не применять их вообще, так как некоторые растительные клейкие вещества стали очень дорогими, а менее дорогие стабилизаторы придают продукту нежелательный привкус. И все же некоторые виды йогуртов содержат недоступные углеводы [9]. В работе [152] содержатся сведения об использовании волокон сахарной свеклы в концентрации 2 г на 100 г продукта без ухудшения органолептических свойств йогурта.

9.3. Белки

Белки молока являются биологически полноценными — причем как сывороточные белки (α-*La* и β-*Lg*), так и казеины содержат все незаменимые аминокислоты. Количественные показатели белков молока представлены в главе 7. Данные говорят о том, что в питании человека молоко является одним из наиболее ценных продуктов. То обстоятельство, что содержание белков в йогурте увеличивают сгущением молока или добавлением обезжиренного молока, означает, что йогурт является еще более ценным источником белков, чем жидкое молоко (см. табл. 9.1). Кроме того, в развитых странах некоторые йогурты дополнительно обогащают белками. Потребление 200–250 мл йогурта в день может обеспечить человека минимальной ежедневной дозой животного белка (15 г) [5].

Помимо вышесказанного, которое не может не впечатлять, следует упомянуть еще два момента. Во-первых, белки йогурта полностью перевариваются в пищеварительном тракте человека, причем первые стадии расщепления белков в некоторой степени уже происходят под воздействием ферментов заквасочной микрофлоры. Степень расщепления белков зависит от штамма бактерий, но небольшое количество аминокислот и пептидов всегда образуется уже на стадиях приготовления йогурта. Во-вторых, важно отметить, что белки йогурта перед поступлением в пищеварительный тракт уже находятся в коагулированном состоянии и при попадании в желудок образуют рыхлый, нежный сгусток. Аналогичный коагулят в желудке образуется при попадании модифицированного казеина, подвергнутого тепловой обработке молока (см. главу 2). Белки холодного молока при попадании в желудок под действием кислоты, напротив, образуют плотный сгусток. Преимущество рыхлого нежного сгустка заключается в том, что такая структура не дает ощущения дискомфорта, и при этом протеолитические ферменты пищеварительного тракта легче проникают в коагулят. Эта точка зрения достаточно широко распространена, однако пока существует на уровне гипотезы. Нео-

провержимым остается тот факт, что йогурт является прекрасным источником белка для организма, и уже только один этот факт оправдывает его включение в рацион человека. В работе [54] изучались уровни экзо- и эндогенного азота в организме человека после потребления молока и йогурта, меченных изотопом N15. Был сделан вывод, что высокий уровень гидролиза белков, содержащих экзогенный азот, показывает хорошую перевариваемость молока и йогурта, однако ферментация молока изменяет скорость вывода азота из желудка.

9.4 Липиды

Большинство йогуртов, поступающих в продажу в промышленно развитых странах, производятся из обезжиренного молока, хотя традиционный йогурт всегда содержал около 3–4 г молочного жира на 100 г продукта. Обогащенные же йогурты или йогурты греческого типа содержат 9–10 г жира на 100 г продукта [12, 28]. Вопросы влияния жира на консистенцию и органолептические свойства неоднократно обсуждались в литературе, однако при этом нельзя забывать, что липиды являются неотъемлемой составной частью сбалансированного питания. Организм человека нуждается в липидах в силу следующих обстоятельств:

- отложения жиров, состоящих из насыщенных жирных кислот, являются запасным энергетическим материалом организма, а также защитой для жизненно важных органов;
- структурные липиды наряду с белками участвуют в построении мембран животных клеток; особое значение это имеет для клеток головного мозга.

Эти жизненно важные функции жиров обусловливают необходимость включения их в рацион человека (особенно детей). Важно отметить, что липиды являются наиболее ценным источником энергии для организма, так как энергетическая ценность жиров составляет 9 ккал на 1 г жира. Недостаток жиров в питании детей приводит к дефициту калорий, что препятствует нормальному белковому обмену, который особенно важен для растущего организма. Общеизвестно, что дети с удовольствием едят йогурт, поэтому было бы очень полезно включить этот продукт как обязательный в рацион детских учреждений, особенно в развивающихся странах. Говоря о преимуществах жирных йогуртов, следует отметить, что жиры молока содержат необычайно широкий диапазон жирных кислот (в коровьем молоке было идентифицировано свыше 400 их видов [119]), роль которых трудно переоценить хотя бы уже потому, что они присутствуют в молоке млекопитающих.

Для производителя экономически более выгодно выделить жир (сливки) из перерабатываемого молока, однако, с другой стороны, ясно, что с точки зрения питательности и органолептических свойств для потребителя более приемлем продукт, содержащий некоторое разумное количество жира. Эта точка зрения все-таки не находит всеобщего одобрения, так как при создании продуктов питания для определенных групп населения существует необходимость в дополнительном извлечении насыщенных жирных кислот. Вместе с тем имеются данные, связывающие жиры молочного происхождения с проблемой лечения коронарной недостаточности, и поэтому произ-

водители йогуртов должны рассматривать проблему уровня жира в широком плане, учитывая и медицинские аспекты (см. [64]). Выполнима ли такая задача в ходе шумной антихолестериновой кампании, остается проблематичным. В случае ее осуществления слабые в финансовом отношении компании могли бы обанкротиться.

Разумеется, несколько цифр на упаковке йогурта, отражающих химический состав продукта, не могут дать полной, объективной оценки пищевой ценности продукта, что является гораздо более широким понятием, включающим в себя биологическую, физиологическую ценность продукта, а также его лечебные свойства, которые будут рассмотрены ниже.

9.5 Витамины и минеральные вещества

По сравнению с натуральным цельным молоком йогурт, как правило, характеризуется не только повышенным содержанием (на единицу массы продукта) органических веществ, но и неорганических (см. табл. 9.1). Особого внимания заслуживает содержание кальция в связи с рекомендуемой ежедневной его дозой в 800 мг [11, 169]. К тому же следует отметить, что, во-первых, йогурт является источником кальция для людей с непереносимостью лактозы, и, во-вторых, кальций, находящийся в йогурте, гораздо лучше усваивается организмом, чем кальций, находящийся в других продуктах питания [41, 136]. Роль содержащегося в молочных продуктах кальция в метаболизме костной ткани, а также для профилактики и лечения остеопороза освещена в работе [141]. В йогурте в значительных количествах присутствуют также фосфор, магний и цинк, и, вполне возможно, что доля этих доступных для организма минеральных веществ также значительна (см. [28]). Существуют, однако, данные [50], что в нормальных условиях увеличение ежедневного приема молочных продуктов не влияет на степень усвояемости железа.

В йогурте содержится значительное количество натрия и калия, что не подходит для кормления грудных детей младше 6 месяцев (см. [38]), однако, как показано в главе 2, количество минеральных солей в молоке может быть уменьшено до начала производства йогурта.

Гораздо труднее дать точные данные о наличии в йогурте витаминов, так как они более чувствительны к тем или иным условиям обработки молока. Так, способ повышения содержания сухих веществ (добавление сухого молока или мембранная обработка), термообработка молока, использование различных штаммов бактериальных культур и условия ферментации могут значительно изменить концентрацию наиболее важных витаминов (см. [116]). По этой причине цифры, представленные в табл. 9.2, следует рассматривать как ориентировочные. Вместе с тем довольно высокие показатели указывают на то, что витамины йогурта имеют определенное значение как фактор пищевой ценности этого продукта. Возможно также обогащение йогурта витаминами A и C [11, 12], причем потери в течение двухнедельного хранения не превышают 50%. Поскольку йогурт с низким содержанием жира популярен во многий странах, обогащение его витамином A имеет особое значение для поддержания пищевой ценности.

Некоторые аспекты содержания витаминов в йогурте освещены в работах [131, 132]. Интересно отметить, что некоторые витамины синтезируются бактериями

Таблица 9.2. **Содержание витаминов в молоке и йогурте (все показатели даны на 100 г продукта)**

Витамины	Молоко		Йогурт		
	Цельное	Обезжиренное	Жирный	Нежирный	Нежирный фруктовый
Ретинол, мг	52	1	28	8	10
Каротин, мкг	21	Следы	21	5	4
Тиамин (B_1), мкг	30	40	60	50	50
Рибофлавин (B_2), мкг	170	170	270	250	210
Пиридоксин (B_6), мкг	60	60	100	90	80
Цианкобаламин (B_{12}), мкг	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Витамин С, мг	1	1	1	1	1
Витамин D, мкг	0,03	Следы	0,04	0,01	0,01
Витамин Е, мкг	90	Следы	50	10	10
Фолиевая кислота, мкг	6	5	18	17	16
Никотиновая кислота, мкг	100	100	200	100	100
Пантотеновая кислота, мкг	350	320	500	450	330
Биотин, мкг	1,9	1,9	2,6	2,9	2,3
Холин, мг	12,1	4.8	—	0,6	

По [36 и 72].

йогуртной закваски. В работе [84] изучалось изменение содержания витаминов в процессе ферментации с использованием восьми бактериальных культур. Авторы пришли к выводу, что за короткое время ферментации (3–4 ч) при t = 42 °С содержание витаминов увеличилось более чем на 20%. Например, тиамин (B_1) продуцировали две культуры, пиридоксин (B_6) — четыре культуры, фолиевую кислоту — одна культура и биотин (Н) — две культуры. Для изучения зависимости концентрации витаминов от продолжительности и температуры ферментации использовались только две культуры. Результаты показали, что ферментация молока при 30 °С в течение 14–16 ч привела к более низкому содержанию фолиевой кислоты, но к увеличению содержания тиамина и никотиновой кислоты. Таким образом, для достижения необходимых питательных свойств йогурта при ферментации важно использовать специально отобранные штаммы чистых культур, входящих в состав закваски, а также придерживаться определенных условий ферментации.

9.6 Йогурт и здоровье человека

Хотя йогурт и другие кисломолочные продукты всегда занимали определенное место среди продуктов питания населения Среднего Востока и центральной Европы, страны Запада обратили на них серьезное внимание только тогда, когда сведения о свойствах йогурта, укрепляющих здоровье человека, получили широкое распространение. В осо-

бенности большой интерес вызвали данные Мечникова [107], которые четко показывали связь между долголетием горных болгарских племен и потреблением ими йогурта. Автор высказал предположение, что один из аспектов приближающейся старости включает в себя нежелательное всасывание в кровяное русло вредных веществ из кишечника, которые образуются в результате жизнедеятельности гнилостных бактерий в нижнем отделе подвздошной кишки и в толстом кишечнике. Если бы можно было подавить активность гнилостных бактерий, тогда бы не проявлялось и вредное действие продуктов их метаболизма, и человек мог бы надеяться на более долгую и здоровую жизнь. Такая гипотеза представлялась вполне правдоподобной, и роль йогурта в угнетении активности гнилостных бактерий объяснялась следующим образом. Молочнокислые бактерии выдерживают низкий pH, тогда как для роста и жизнедеятельности большинства бактерий оптимальной является нейтральная среда. Следовательно, когда кислый йогурт проходит через кишечник, молочная кислота, возможно, еще образующаяся в пищеварительном тракте, должна убивать нежелательную для организма микрофлору кишечника. Более того, автор сделал предположение, что эффект йогурта может усиливаться способностью молочнокислых бактерий поселяться в кишечнике, постепенно выживая предшествующую микрофлору. Такая замена одного вида микрофлоры другим гарантирует отсутствие гнилостных бактерий даже в периоды, когда потребление йогурта на какое-то время прекращается. Таким образом, жизнеспособность организма постоянно поддерживается.

На протяжении многих лет идеи Мечникова подвергались активному обсуждению и исследованию. В конце концов, стало очевидным, что важнейшим фактором является микрофлора продукта [89, 168]. Так, в настоящее время имеются данные о том, что бактериальные культуры, традиционно используемые в составе закваски для йогурта (*S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*) не могут прикрепляться к поверхности слизистой оболочки пищеварительного тракта, хотя были получены данные и противоположного содержания, которые могут быть объяснены вариабельностью штаммов, а также применением к человеку результатов, полученных на животных. Однако в последнее время на рынке появляются кисломолочные продукты, содержащие бактериальные культуры *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *L. actobacillus paracasei* подвида *paracasei* и/или *Bifidobacterium spp*. Эти продукты, называемые биойогуртами, могут иметь такой же химический состав, как у йогуртов, но значительно отличаться от них воздействием на пищеварительную систему и весь организм человека в целом. По этой причине влияние йогуртов и биойогуртов на здоровье человека будет далее рассматриваться отдельно.

9.6.1 Лечебные свойства йогурта

Нет сомнения в том, что находящиеся в толстой кишке бактерии выделяют фенолсодержащие соединения, такие, как скатол и индол, которые могут повреждать живую ткань. Оказывают ли эти соединения определенное влияние на стенку кишечника, могут ли поглощаться ею, зависит от их концентрации, от способности компонентов кишечной стенки (таких, как гидроколлоиды), поглощать их и от времени их пребывания в кишечнике. Вместе с тем доказано, что некоторые из фенолсодержащих соединений способны инициировать рак толстой кишки [14, 160]. Любой процесс, который угнетает

образование этих веществ, мог бы быть благоприятным для организма. Одним из них может быть действие молочной кислоты, подавляющей рост и метаболизм гнилостных бактерий. Желчь, разумеется, в значительной степени нейтрализует молочную кислоту йогурта, и все-таки предположение, что йогурт может хотя бы немного изменить pH в кишечнике в кислую сторону, почти не вызывает сомнений. Если это изменение pH действительно происходит, оно могло бы послужить обоснованием для предположения Мечникова, причем необходимо отметить, что традиционные болгарские кисломолочные продукты наверняка были очень кислыми [44, 45, 49, 71, 86, 94, 103, 137].

Йогурту приписывают также действие, понижающее уровень холестерина в крови [69, 97, 99]. Причина такого влияния не ясна, но факт, что йогурт более активен в этом отношении, чем неферментированное молоко, наводит на мысль, что некоторые ферментные системы или вещества бактериального происхождения могут участвовать в этом процессе. Предполагается, что гидроксиметилглютарат, один из метаболитов бактериальных культур закваски, может ограничивать синтез холестерина [7].

В опытах на мышах и крысах было отмечено, что потребление живого или пастеризованного йогурта ингибирует рост некоторых типов опухолей. Было высказано предположение, что ответственным за этот эффект мог бы быть фактор, присутствующий в бактериальной клетке [56]. Прослеживается ли подобная закономерность у людей — предмет дальнейшего изучения, но и игнорировать положительное действие йогурта в таком важном вопросе, разумеется, невозможно [113].

Регулярному потреблению йогурта приписывают и восстановление нормальной микрофлоры кишечника. Предполагается, что из подвергающихся лизису клеток бактериальной закваски высвобождаются витамины и другие факторы роста, которые способствуют росту и развитию *L. acidophilus* в тонком кишечнике [145]. Проведены и клинические испытания в поддержку этой идеи, которые нельзя, однако, считать статистически достоверными. К концу 1980-х гг. группой F20 Международной молочной федерации (ММФ) был сделан обзор данных по пищевой ценности йогурта, который позволил сделать следующие выводы:

- некоторые имеющиеся в литературе данные нельзя считать достоверными, поскольку они базируются на методически неверно поставленных экспериментах и статистически недостоверны;
- данные, полученные *in vitro*, не всегда подтверждаются данными, полученными *in vivo*, а данные, полученные на животных, не могут быть применены непосредственно к человеку;
- имеются трудности в обобщении результатов, полученных на большом количестве штаммов разных типов микроорганизмов.

Вместе с тем отмечается и существенный прогресс в изучении этого вопроса. Некоторые данные по пищевой ценности йогурта и других кисломолочных продуктов, полученные с конца 1980-х гг. представлены в табл. 9.3.

9.6.2 Лечебные свойства биойогурта

Известно, что бактерии *S. thermophilus* не выдерживают очень кислую среду желудка, и поэтому живыми в двенадцатиперстную кишку поступает только небольшое количе-

ство клеток этого вида, и бактерии *L. gelbrueckii* подвида *bulgaricus*, являясь значительно более кислотоустойчивыми, чем *S. thermophilus*, далеко не все достигают кишечника в жизнеспособном состоянии [1]. Устойчивость этих видов бактерий традиционного йогурта к солям желчи, таким, как натриевая соль таурохолевой и гликолевой кислот, также низка [91] (даже в случае использования специальных штаммов *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в опытах с крысами) [95]. Следовательно, можно сделать вывод, что ни один из видов бактерий традиционного йогурта практически не выживает в пищеварительном тракте человека.

Однако новое поколение так называемых биойогуртов имеет отличную от традиционного продукта микрофлору, а отсутствие *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в биопродуктах привело к спорам о том, корректно ли вообще в этом случае использовать термин «йогурт».

Так, в биойогуртах микрофлора может включать в себя следующие виды: *L. acidophilus, L. paracasei* подвида *paracasei* или *Lactobacillus paracasei biovar shirota, L. rhamnosus, L. reuteri, Lactobacillus gasseri, Bifidobacterium adolescentis, Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium breve, Bifidobacterium infantis* и *Bifidobacterium longum*, и в последнее время – *Bifidobacterium lactis* [10, 100, 108, 120, 148, 164]. Кроме того, некоторые биопродукты содержат *Bifidobacterium animalis*. Этот вид микроорганизмов привлекает производителей тем, что размножается в молоке быстрее, чем другие виды бифидобактерий, но в отличие от них, к сожалению, не был выделен из кишечника человека, хотя исследования *in vitro* показали, что некоторые штаммы *B. animalis* могут прикрепляться к эпителиальным клеткам кишечника. Тем не менее использование этого вида бактерий для производства биойогуртов находится в стадии обсуждения.

Важно отметить, что все представители вышеуказанной группы микроорганизмов в отличие от бактерий традиционного йогурта *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* являются естественными обитателями человеческого кишечника, причем лактобактерии образуют колонии в дистальном отделе тонкого кишечника, а бифидобактерии формируют доминантные колонии в толстой кишке. Лактобактерии могут прикрепляться к специальным рецепторам на эпителиальной стенке, а также заполнять просвет кишки [153]. Несколько видов лактобактерий, находящихся в этом отделе кишечника, поглощают питательные вещества и выделяют молочную кислоту, а возможно, и антимикробные компоненты [15, 163, 166]. Профилактический эффект деятельности лактобактерий состоит в том, что бактерии, способные вызывать кишечные инфекции, не могут с ними конкурировать, поэтому активная популяция лактобактерий может обеспечить некоторую степень защиты против *Salmonella spp.* и других микроорганизмов, вызывающих транспортную диарею [2, 101]. Эта же популяция лактобактерий утилизирует лактозу и любой другой остаточный сахар, доходящий до толстой кишки, доводя, таким образом, его концентрацию до достаточно низкого уровня, позволяющего избежать неприятных симптомов.

Вышеуказанные результаты деятельности лактобактерий в тонкой кишке хорошо известны, но, кроме этого, были также высказаны предположения, что лактобактерии могут стимулировать иммунную систему организма, понижать уровень холестерина в сыворотке крови [160] и даже препятствовать образованию некоторых форм злокачественных опухолей [121–126]. Некоторые доказательства подобного воздействия на организм человека действительно существуют, однако следует отметить, что результа-

Таблица 9.3. **Современные данные о влиянии потребления йогурта и других кисломолочных продуктов на здоровье человека и животных**[a]

Объект исследования	Результаты исследования	Литература
Люди (n =194)	У пожилых людей (мужчины и женщины в возрасте около 72 лет), потребляющих смесь йогурта и сливового пюре, улучшился стул, значительно уменьшились запоры и только очень немногие попросили слабительное	[46]
Люди	Лактинекс, фармацевтический препарат *L. acidophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, потребляемый в течение одной недели, не уменьшил вероятность появления транспортной диареи, тогда как в [60] (1979 г.) сообщается, что этот же препарат уменьшает диарею, вызванную ампицилином	[130]
Люди	Йогурт с добавками ионов кальция влияет на метаболизм холестерина у женщин (n = 16), но не у мужчин (n = 5)	[17]
Люди и *in vitro*	Выживание йогуртовых микроорганизмов в желудке человека за счет прикрепления их к стенкам кишки было намного ниже по сравнению с *L. acidophilus*. Тщательным отбором штаммов *Lactobacillus spp.* возможно достичь повышения уровня этих бактерий в кишечнике	[33]
Дети (n = 156)	Айран (турецкий йогурт) успешно используется для растворения регидратирующих организм солей при лечении диареи у детей в возрасте 3–48 месяцев	[29]
Мужчины (n = 18)	Потребление йогурта не оказывает влияния на уровень холестерина в плазме крови у мужчин	[106]
Дети (n = 52)	Детей в возрасте 3–36 месяцев со стойкой диареей кормили йогуртом и молоком. Клинические испытания показали преимущество йогурта	[21]
Люди (n = 68)	Стабильно высокий уровень потребления живого йогурта (450 г в день) в течение четырех месяцев показал следующие результаты: а) не обнаружено отрицательного влияния на изученные параметры, включая уровень холестерина; б) увеличился уровень кальция в сыворотке крови; в) повысился уровень лейкоцитов, блокирующих синтез γ-интерферона	[66]Halpern et al. (1991)
Женщины (n =13)	Ежедневное потребление йогурта (около 250 г в течение 6 месяцев), содержащего *L. acidophilus*, уменьшает инфицирование дрожжами *candidal vaginitis*, а также их размножение	[70]
Женщины (n = 32)	Женщинам с диагнозом *bacterial vaginosis* делали интравагинальные аппликации йогурта. Результаты были положительными, так как постоянное изменение pH в кислую сторону, а также имплантация молочнокислой микрофлоры оказались решающими факторами для восстановления нормальной вагинальной среды	[115]
Мальчики (n = 9) и девочки (n = 11)	Пять из шести индивидуумов, не переносящих лактозу, после потребления йогурта показали уменьшение симптомов, а также значительное уменьшение H_2 в выдыхаемом воздухе	[111]
Люди (n = 259)	Результаты опроса не поддерживают гипотезы, что увеличение потребления ферментированного молока или кальциевая диета уменьшает риск заболевания раком толстой кишки	[80]
Мужчины (n = 331), женщины (n = 350)	Результаты проведенных в США исследований показали: а) потребление только молока и молочных продуктов не связано с риском появления колоректальной аденомы; б) добавка витамина D в пищу больше, чем молочная диета, коррелирует с появлением этой болезни, но только у женщин	[81]
Дети (n = 49)	Именно препараты различных молочно-кишечных бактерий и *Lactobacilus* GG (в последнее время называемые *L. rhamnosus* (см. [165]Tamime 1997), а не закваска йогурта повлияли на состояние сыворотки и кишечника при ротавирусном возбудителе *rotavirus*	[96]

Таблица 9.3. (Окончание)

Объект исследования	Результаты исследования	Литература
Мыши	У животных, страдающих опухолевой водянкой Эрлиха, при кормлении йогуртом наблюдается ингибирование опухолевых клеток. Предполагается, что противоопухолевый фактор синтезируется культурой закваски	[47, 48]
Крысы	Обе культуры закваски не образуют колоний в кишечнике небеременных крыс, выдержанных на обычной диете. Йогурт давался орально. Потребление йогурта меняет молочнокислую микрофлору кишечника от *L. reuteri*, доминирующих в начале, к *L. salivarius*	[52]
Мыши (n = 40)	При йогуртовой диете количество жира в печени тучных крыс было больше, чем при йогуртовой диете с добавлением хрома, тогда как уровень иммунореактивного инсулина в плазме был ниже у животных, которые находились на йогуртово-хромовой диете, что в значительной степени коррелировало с количеством жира в печени и уровнем холестерина в плазме	[93]
Крысы (n = 10)	Переваривание белков у крыс при йогуртовой диете происходит полнее	[90]
Крысы (n =36 и 20)	У крыс, которых кормили йогуртом, значительно реже по сравнению с контрольными наблюдалась опухоль желудка (на 50%)	[112]
Крысы (n = 40), люди (n = 133 и 289)	Результаты исследований показали возможную защиту против развития опухоли. Влияние, возможно, оказывается путем стимуляции иммунной системы	[157]
Мыши (n = 20)	Молоко, ферментированное *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, не оказывает влияния на гуморальную иммунную систему, но после 8 дней диеты значительно увеличивается бронхо-альвеолярный уровень lgA	[109]
Мыши (n = 24)	После назначения молока, ферментированного *lactococci* и *S. thermophilus* + *L. delbrueckii bulgaricus*, не наблюдался стимулирующий эффект относительно фагоцитарной активности легочно-альвеолярных макрофагов. Авторы предполагают, что протеолитическая активность ферментированного молока больше стимулирует неспецифическую иммунную систему, чем степень протеолиза макрофагов	[110]
Хомяки (n = 10)	Йогурт не предотвращает бактериальную активность *Clostridium difficile* у хомяков	[87]
Мыши (n = 10)	Мышей кормили йогуртом или молоком, ферментированным бактериями *L. paracasei* подвида *paracasei* Ответная двигательная реакция была выше у мышей, потреблявших ферментированное молоко, по сравнению с контрольной группой, потреблявшей обычное молоко. Уровень Ig G2a не изменялся, но высказывается предположение, что ферментированное молоко стимулирует иммунную систему	[34]
Крысы (n = 8).	Кормление йогуртом или молоком, обогащенным ионами кальция, усиливает сопротивляемость к инфекции *Salmonella enteritidis* благодаря подавлению цитолитической активности патогена или снижению для него доступности Fe^{2+}	[24]
Крысы (n = 54)	Обычный йогурт не проявляет гипохолестеринемического эффекта, но этот же продукт с добавлением сывороточного белка, гидролизованной лактозы, и ферментировании молока *B. bifidum* понижает уровень холестерина в сыворотке крови	[18]

Примечание. а — в таблицу не включены исследования с ферментированным молоком, содержащим бактерии *L. acidophilus* или *Bifidobacterium spp.*

n — число особей или людей, участвовавших в исследовании.

ты в значительной степени зависят от конкретного индивидуума. Таким образом, можно сделать вывод, что кишечные лактобактерии действительно защищают организм человека от кишечных расстройств, однако остальные лечебные свойства этих бактерий отмечены лишь для небольшой части испытуемых.

В связи с этим заявления о лечебных свойствах биойогуртов следует делать с большой осторожностью. Уже доказанные закономерности, существующие между потреблением йогурта и биойогурта и их лечебным эффектом, приведены в табл. 9.4. Некоторые иные положительные влияния, указанные в табл. 9.3, справедливы только для отдельных индивидуумов, и поэтому надписи на упаковке биойогуртов должны ограничиваться примерно следующим: «*Данный продукт улучшает состояние пищеварительного тракта*». Замечания относительно других возможных преимуществ био-йогурта следует признать некорректными и даже дезинформирующими потребителя.

Бифидобактерии в отличие от лактобактерий локализуются на поверхности толстой кишки и в ее просвете. В этом отделе кишечника различные виды бифидобактерий поглощают питательные вещества и выделяют молочную, уксусную кислоты и, возможно, антимикробные вещества [55]. Доминирующая роль бифидобактерий на стенках толстой кишки усиливается их способностью выделять муцин, полисахарид, который облегчает прохождение фекальных масс по толстой кишке [147]. Популяция бифидобактерий, таким образом, способна предотвратить появление нежелательных колоний микроорганизмов (таких, как бактерии *Escherichia coli* или дрожжи *Candida spp.*) и защитить организм человека от диареи, вызванной усиленным ростом дрожжей и коли-бактерий. Кроме того, полагают, что подавление роста и жизнедеятельности вышеуказанных микроорганизмов понижает риск появления канцерогенных веществ, возникающих в ходе жизнедеятельности гнилостной микрофлоры в толстой кишке [59, 61, 150].

Вышеприведенные факты убедительно доказывают важную роль бифидо- и лактобактерий в нормальном функционировании кишечника. Следует особо отметить, что уровень этих бактерий может быть значительно понижен внешними факторами, одним из которых является оральный прием антибиотиков [32]. Алкоголь, такие острые продукты питания, как лук и чеснок, также могут оказывать вредное воздействие на микрофлору кишечника, и было бы интересно проследить влияние основных продуктов питания на микрофлору кишечника у людей, придерживающихся рациона питания, свойственного тем или иным сообществам.

9.7 Заключение

В западных странах утвердилось мнение, что их население подвержено риску нарушения нормальной микрофлоры кишечника. В связи с этим встает вопрос, возможно ли улучшить положение потреблением биойогурта. К настоящему времени накоплены многочисленные данные, указывающие на то, что биойогурты могут оказывать терапевтический эффект при условии, что:

- потребляемый йогурт содержит в 1 мл по крайней мере 10×10^6 жизнеспособных клеток лакто- и/или бифидобактерий; в Великобритании большинство биойогуртов удовлетворяет этому требованию [151, 162];

Таблица 9.4. **Влияние потребления йогурта и биойогурта на состояние здоровья животных и человека**

Воздействие	Улучшение показателей здоровья	Установлено для человека[а, б]
На пищеварительный тракт	Угнетение *Helicobacter pylori*	
	Улучшение перевариваемости лактозы	+
	Усиление иммунитета кишечника	
	Стабилизация болезни Крона	
	Стимуляция перистальтики кишечника	
На кишечную микрофлору	Улучшает баланс между популяциями микроорганизмов	Увеличение содержания бифидобактерий в фекалиях
	Уменьшение ферментативной активности в фекалиях	+
	Увеличение популяций молочнокислых бактерий в кишечнике	+
	Уменьшение времени нахождения *Salmonella spp*	
На диарею	Профилактика и лечение острой диареи	+
	Профилактика и лечение ротавирусной диареи	+
	Профилактика и лечение диареи, вызванной приемом антибиотиков	+
Другие воздействия	Усиление иммунитета	
	Подавление некоторых видов рака	
	Уменьшение холестерина в сыворотке крови	
	Ослабление гипертензии	

Примечание. а — более чем одна публикация, отсутствие данных противоположного содержания. б — плюс указывает на то, что данная закономерность справедлива для человека.

- микроорганизмы биойогурта являются естественными обитателями пищеварительного тракта человека, и поэтому они не только могут пройти без потерь через желудок и верхние отделы пищеварительного тракта, но и приживаться на эпителии нижних отделов кишечника;
- потребление биойоурта должно быть регулярным и составлять около 200–300 мл в неделю (точная дозировка зависит от конкретного человека и его образа жизни).

Если вышеописанные условия выполнены, то культуры, входящие в биойогурты, могут называться оральными пробиотиками, то «есть живыми микроорганизмами, которые при потреблении в достаточном количестве значительно улучшают процесс пищеварения по сравнению с базовым уровнем (до приема биойогурта)» [28]. Будут ли культуры биойогурта действовать путем замещения сильно поврежденной естественной микрофлоры кишечника, или же они будут просто усиливать процесс вос-

становления оной, зависит от конкретных условий, но то, что эффект будет ощутимый, сомневаться не приходится.

Помимо изучения положительного влияния йогуртов и биойогуртов на здоровье человека, учитывается и потребительский спрос на разные виды этих продуктов, что говорит о постоянно расширяющемся их рынке.

9.8 Литература

1. Accott, K. M. and Labuza, T. P. (1972) *Food Product Development*, **6**(11), 50.
2. Alm, L. (1982) In *The Effect of Fermentation on Nutrients in Milk and Some Properties of Fermented Milk Products*, Huddinge University Hospital, F69, S-141 86 Huddinge, Sweden.
3. Alm, L. (1991) In *Therapeutic Properties of Fermented Milks*, Ed. by Robinson, R.K., Chapman & Hall, London, pp. 45–64.
4. Alm, L. (1993) *Scandinavian Dairy Information*, **7**(4), 62.
5. Altschul, A. M. (1965) In *Proteins: Their Chemistry and Politics*, Basic Books, New York.
6. Amer, M. A. and Lammerding, A. M. (1983) *Cultured Dairy Products Journal*, **18**(2), 6.
7. Anon. (1987) *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, **22**, 318.
8. Anon. (1989) In *Fermented Milks and Health*, Proceedings of a Workshop held in September 1989 Arnham, NIZO, The Netherlands, Edc.
9. Anon. (1990) United States Patent, US 4971810.
10. Anon. (1996) *Aliments*, **35**(2), 29.
11. Anon. (1997a) In *Addition of Micronutrients to Food*, Institute of Food Science & Technology, London.
12. Anon. (1997b) In *Nutritional Benefits of Yogurt and Other Fermented Milk Products*, Topical Update - 8, National Dairy Council, London.
13. Anon. (1997c) *Health Which*, **June**, 92.
14. Aries, V., Crowther, J. S., Draser, B. S., Hill, M. J. and Williams, R. E. O. (1969) *Gut*, **10**, 334.
15. Barefoot, S. F. and Klaenhammer, T. R. (1983) *Applied and Environmental Microbiology*, **45**(6), 1808.
16. Barrantes, E., Tamime, A. Y., Muir, D. D. and Sword, A. M. (1994) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **47**, 61.
17. Bazzarre, T. L., Wu, S. L. and Yuhas, J. A. (1983) *Nutrition Reports International*, **28**, 1225.
18. Beena, A. and Prasad, V. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 453.
19. Berner, L. A. and Lofgren, P. A. (1991) *Journal of Dairy Science*, **74**, 1124.
20. Bbiacs, P. A. and Beczner, J. (1990) *Catering and Health*, **1**, 225.
21. Boudraa, G., Touhami, M., Pochart, R., Soltana, R., Mary, J.-Y. and Desjeux, J.-F. (1990) *Journal of Pediatric Gastmenterology and Nutrition*, **11**, 509.
22. Bourlioux, P. (1986) *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, **21**, 204.
23. Bourlioux, P. and Pochart, P. (1988) *World Review of Nutrition and Dietetics*, **56**, 217.
24. Bovce-Oudenhoven, I., Termont, D., Dekker, R. and Van der Meer, R. (1996) *Gut*, **38**, 59.
25. Breslaw, E. S. and Kleyn, D. H. (1973) *Journal of Food Science*, **38**, 1016.
26. Bronzetti, G. (1994) *Trends in Food Science and Technology*, **5**, 390.
27. Butikoper, U., Eberhard, P., Fuchs, D. and Sieber, R. (1995) *Schwewrische-Milchwirtschafiliche Forschung*, **24**, 1.
28. Buttriss, J. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 21.
29. Caglayan, S., Acar, U., Kasirga, E. and Kologlu, F. (1989) *The Turkish Journal of Pediatrics*, **35**, 25.
30. Chandan, R. C. (Ed.) (1989) In *Yogurt: Nutritional and Health Properties*, National Yogurt Association, McLean.
31. Cheeseman, G. C. (1991) In *Therapeutic Properties of Fermented Milks*, Ed. by Robinson, R.K., Chapman & Hall, London, pp. 1–22.
32. Colombel, J. F., Cortot, A., Neut, C. and Romond, C. (1987) *Lancet*, **2**, 43.
33. Conway, P. L., Gorbach, S. L. and Goldin, B. R. (1987) *Journal of Dairy Science*, **70**, 1.
34. Davidkova, G., Popova., Guencheva, G., Bogdanov, A., Pacelli, E., Auteri, A. and Mincheva, V. (1992) *International Journal of Immunopharmacology*, **14**, 1355.
35. Davis, J. G. and Latto, D. (1957) *Lancet*, **272**, 274.
36. Deeth, H. C. and Tamime, A. Y. (1981) *Journal of Food Protection*, **44**, 78.
37. Desmaison, A. M., Pascaud, H. and Tixier, M. (1990) *Sciences des Aliments*, **10**(2), 357.

38. Doyle, W., Crawford, M. A. and Laurance, B. M. (1981) *Health Visitor*, **54**, 424.
39. Dreissen, F. M. and De Boer, R. (1989) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **43**, 367.
40. Dupont, C. and Gendrel, D. (1992) In *Foods, Nutrition and Immunity - Effects of Dairy and Fermented Milk Products*, Vol. I. Ed. by Paubert-Braquet, M., Dupont, Ch. and Paoletti, R., Karger, Basel, pp. 49–56.
41. Dupuis, Y. (1964) In *Fermented Milks*, Annual Bulletin Part III, International Dairy Federation, Brussels, pp. 36–43.
42. Fao/who (1990) In *Codex Alimentarius - Abridged Version*, Joint FAO/WHO Food Standards Programme – Codex Alimentarius Commission, Ed. by Smith B.L. Food and Agricultural Organisation of the United Nation, Rome.
43. Fernandes, C. F. and Shahani, K. M. (1989a) *Microbiologie - Aliments - Nutrition*, **7**, 337.
44. Fernandes, C. F. and Shahani, K. M. (1989b) *Journal of Applied Nutrition*, **41**(2), 50.
45. Fernandes, C. F. and Shahani, K. M. (1990) *Journal of Food Protection*, **53**, 704.
46. Ferrer, P. P. and Boyd, L. J. (1955) *American Journal of Digestive Diseases*, **22**, 272.
47. Friend, B. A. and Shahani, K. M. (1984) *Journal of Food Protection*, **47**, 717.
48. Friend, B. A. Farmer, R. E. and Shahani, K. M. (1982) *Milchwissenschuft*, **37**, 708.
49. Friend, B. A. Fiedler, J. M. and Shahani, K. M. (1983) *Milchwissenschaft*, **38**, 133.
50. Galan, P., Cherovrier, F., Preziosi, P. and Hercberg, S. (1991) *European Journal of Clinical Nutrition*, **45**, 553.
51. Gallagher, C. R., Molleson, A. G. and Caldwell, J. H. (1974) *Journal of the American Dietetics Association*, **65**, 418.
52. Garvie, E. I., Cole, C. B., Fuller, R. and Hewitt, D. (1984) *Journal of Applied Bacteriology*, **56**, 237.
53. Garza, C. and Scrimshaw, N. S. (1976) *American Journal of Clinical Nutrition*, **29**, 192.
54. Gaudichon, C., Mahe, S., Roos, N., Benabouzig, R., Luengo,C., Huneau, J.-F., Sick, H., Bouley, C., Rautureau, J. and Tome, D. (1995) *British Journal of Nutrition*, **74**, 251.
55. Gibson, G. R. and Wang, X. (1994) *Journal of Applied Bacteriology*, **77**(4), 412.
56. Gilllland, S. E. (1991) In *Therapeutic Properties of Fermented Milks*, Ed. by Robinson, R.K. Chapman & Hall, London, pp. 65–80.
57. Gilliland, S. E. and Kim, H. S. (1984) *Journal of Dairy Science*, **67**, 1.
58. Goodenough, E. R. and Kleyn, D. H. (1976) *Journal of Dairy Science*, **59**, 601.
59. Gotti, M. (1977) *Industria del Latte*, **13**, 51.
60. Gotz, V., Romankiewicz, J. A., Moss, J. and Murray, H. W. (1979) *American Journal of Hospital Pharmacy*, **36**, 754.
61. Grill, J. M., Marginot-Durr, C., Schneider, F. and Ballongue, J. (1995) *Current Microbiology*, **31**(1), 23.
62. Gurr, M. I. (1982) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 153, International Dairy Federation, Brussels, pp. 43–45.
63. Gurr, M. I (1987) *XXII International Dairy Congress*, pp. 641–655.
64. Gurr, M. I. (1992) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **45**, 61.
65. Gurr, M. I. (1994) In *Dairy Products in Human Health and Nutrition*, Ed. by Rios, M. S., Sastre, A., Perez Juez, M. A., Estrala,A. and de Sebastian, Q, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 113–119.
66. Halpern, G. M.,Vruwink, K. G., van de Water, J., Keen, C. L. and Gershwin, M. E. (1991) *International Journal of Immunotherapy*, **VII**, 205.
67. Hargrove, R. E. and Alford, J. A. (1978) *Journal of Dairy Science*, **61**, 11.
68. Hargrove, R. E. and Alford, J. A. (1980) *Journal of Dairy Science*, **63**, 1065.
69. Hepner, G., Fried, G., St. Joer, S., Fusetti, L. and Morin, R. (1979) *American Journal of Clinical Nutrition*, **32**, 19.
70. Hilton, E., Isenberg, H. D., Alperstein, P., France, K., and Borenstein, M. T. (1991) *Annals of Internal Medicine*, **116**, 353.
71. Hitchins, A. D. and McDonough, F. E. (1989) *Americal Journal of Clinical Nutrition*, **49**, 675.
72. Holland, B., Welch, A. A., Unwin, I. D., Buss, D. H., Paul, A. A. and Southgate, D. A. T. (1991) In *McCance and Widdowson's The Composition of Foods*, 5th Edition, The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
73. IDF (1983a) In *Cultured Dairy Foods in Human Nutrition*, Doc. No. 159, International Dairy Federation, Brusseis.
74. IDF (1983b) In *Nutrition and Metabolism*, Doc. No. 166, International Dairy Federation, Brussels.
75. IDF (1988) In *Milk Products and Health*, Doc. No. 222, International Dairy Federation, Brussels.
76. IDF (1990) In *Role of Milk Protein in Human Nutrition*, Doc. No. 253, International Dairy Federation, Brussels.
77. IDF (1991) In *Cultured Products in Human Nutrition/Dietary Calcium & Health*, Doc. No. 255, International Dairy Federation, Brussels.
78. Idf (1992) In *Trace Elements in Milk and Milk Products*, Doc. No. 278, International Dairy Federation, Brussels.
79. Jay, J. L. (1975) *International Flavours and Food Additives*, **6**, 279.
80. Jenkins, D. J. A., Leeds, A. R., Newton, C. and Cummings, J. H. (1975) *Lancet*, **1**, 1116.
80a. Kampman, E., Van't Veer, P., Hiddink, G. J., Van Aken-Schneuder, P., Kok, F. J. and Hermus, R. J. J. (1994a) *International Journal of Cancer*, **59**, 170.

81. Kampman, E., Giovannucci, E., Van't Veer, P., Rimm, E., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Kok, F. J. and Willet, W. C. (1994b) *American Journal of Epidimology*, **139**, 16.
82. Khedkar, C. D., Mantri, J. M., Garge, P. O., Kulkarni, S. A. and Khedkar, G. D. (1993) *Cultured Dairy Products Journal*, **28**(3), 14.
83. Khedkar, C. D., Mantri, J. M. and Khedkar, G. D. (1994) *Cultured Dairy Products Journal*, **29**(2), 13.
84. Kneifel, W., Holub, S. and Wirthman, M. (1989) *Journal of Dairy Research*, **56**, 651.
85. Kolars, J. C., Levitt, M. D., Aouji, M. and Savaiano, D. A. (1984) *The New England Journal of Medicine*, **310**, 1.
86. Kotz, C. M., Peterson, L. R., Moody, J. A., Savaiano, D. A. and Levitt, M. D. (1990) *Digestive Diseases and Sciences*, **35**, 630.
87. Kotz, C. M., Peterson, L. R., Moody, J. A., Savaiano, D. A. and Levitt, M. D. (1992) *Digestive Diseases and Sciences*, **37**, 129.
88. Kunath, P. and Kandler, O. (1980) *Milchwissenschaft*, **35**, 470.
89. Lascar, V. (1995) Latte, **20**, 352.
90. Lee, H., Friend, B. A. and Shahani, K. M. (1988) *Journal of Dairy Science*, **71**, 3203.
91. Lembke, A. (1963) *Milchwissenschaft*, **18**, 215.
92. Lerebours, E., Ndam, C. N. D., Lavoine, A., Hellot, M. F., Antoine, J. M. and Colin, R. (1989) *American Journal of Clinical Nutrition*, **49**, 823.
93. Li, Y.-C. and Stoecker, B. J. (1986) *Biological Trace Element Research*, **9**, 233.
94. Lin, M.-Y. (1995) *Journal of the Chinese Nutrition Society*, **20**, 367.
95. Mabbit, L. A. (1977) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **30**, 220.
96. Majamaa, H., Isolauri, E. M., Saxelin, M. and Vesikari, T. (1995) *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, **20**, 333.
97. Mann, G. V. (1977) *Atherosclerosis*, **26**, 335.
98. Mann, E. I. (1993) *Dairy Industries International*, **58**(10), 18.
99. Mann, G. V. and Spoerry, A. (1974) *American Journal of Clinical Nutrition*, **27**, 464.
100. Marshall, V. M. and Tamime, A. Y. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 35.
101. Marteau, P. and Rambaud, J.-C. (1996) In *Gut Flora and Health*, Ed. by Leeds, A. R. and Rowland, I. R. The Royal Society of Medicine Press, London, pp. 47–56.
102. Marteau, P., Flourie, B., Pochart, P., Chastang, C., Desjeux, J. F. and Rambaud, J.-C. (1990) *British Journal of Nutrition*, **64**(1), 71.
103. Marteau, P., Pochart, P., Bouhnik, Y. and Rambaud, J.-C. (1993) *World Review of Nutrition and Dietetics*, **74**, 1.
104. Martini, M. C., Smith, D. E. and Savaiano, D. A. (1987a) *American Journal of Clinical Nutrition*, **46**, 636.
105. Martini, M. C., Bollweg, G. L., Levitt, M. D. and Savaiano, D. A. (1987b) *American Journal of Clinical Nutrition*, **45**, 432.
106. McNamara, D. I., Lowell, A. E. and Sabb, I. E. (1989) *Atherosclerosis*, **79**, 167.
107. Metchnikoff, E. (1910) In *Prolongation of life*, Revised Edition of 1907, Translated by C. Mitchell, Heinemann, London.
108. Mitsouka, T. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1226–1237.
109. Moineau, S. and Goulet, J. (199la) *International Dairy Journal*, **1**, 231.
110. Moineau, S. and Goulet, J. (1991b) *Milchwissenschaft*, **46**, 551.
111. Montes, R. G., Bayless, T. M., Saavedra, J. M. and Perman, J. A. (1995) *Journal of Dairy Science*, **78**, 1657.
112. Morishita, Y. and Shiromizu, K. (1990) *Bifidobacteria Microflora*, **9**, 135.
113. Morissette, C., Goulet, J. and Letarte, R. (1991) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, **24**, 1.
114. Mustapha, A., Hertzler, S. R. and Savaiano, D. A. (1997) In *Advanced Dairy Chemistry — Lactose, Water, Salts and Minerals*, Vol. 3, 2nd Edition, Ed. by Fox, P. P., Chapman & Hall, London, pp. 127–154.
115. Neri, A., Sabah, G. and Samara, Z. (1993) Ada Obstetricia et Gynecologica Scandinavica and Supplements, **72**, 17.
116. Noh, W. S., Shin, H. S. and Lim, J. W. (1994) *Korean Journal of Dairy Science*, **16**, 385.
117. Onwulata, C. I., Rao, D. R. and Vankimen, P. (1989) *American Journal of Clinical Nutrition*, **49**, 1233.
118. Ordonez, G. O. and Jeon, I. J. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(4), 29.
119. Patton, S. and Jensen, R. O. (1974) *Progress in the Chemisty of Fats and Other Lipids*, **14**, 163.
120. Pedrosa, M. C., Golner, B. B., Goldin, B. R., Barakat, S., Dallal, G. E. and Russell, R. M. (1995) *American Journal of Clinical Nutrition*, **61**, 353.
121. Perdigon, G., Nader de Macias, M. E., Alvares, S., Oliver, G. and Pesce de Ruiz Holgado, A. A. (1986) *Infection and Immunity, S3*, 404.
122. Perdigon, G., Alvarez, S. and Medici, M. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1247–1254.
123. Perdigon, G., Alvarez, S., Nader de Macias, M. E., Gavoy de Giori, G., Medici, M. and Nunez de Kairuz, M. (1991) *Milchwissenschaft*, **46**, 411.
124. Perdigon, G., Rachid, M., de Budeguer, M. V. and Valdez, J. C. (1994) *Journal of Dairy Research*, **61**, 553.
125. Perdigon, G., Alvarez, S., Rachid, M., Aguero, G. and Gobbato, N. (1995a) *Journal of Dairy Science*, **78**, 1597.

126. Perdigon, G., Alvarez, S., Medici, M., Vintini, E., De Giori, G. S., De Kairuz, M. N. and Pesce de Ruiz Holgado, A. P. (1995b) *Milchwissenschaft*, **50**, 367.
127. Pochart, P., Dewit, O., Desjeux, J.-F. and Bourlioux, P. (1989) *American Journal of Clinical Nutrition*, **49**, 828.
128. Popova, P., Guencheva, G., Davidkova, G., Bogdanov, A., Pacelli, E., Opalchenova, G., Kutzarova, T. and Koychev, C. (1993) *Journal of Immunopharmacology*, **15**, 25.
129. Portier, A., Boyaka, N. P, Bougoudogo, F., Dubarry, M., Huneau, J. F., Tome, D., Dodin, A. and Coste, M. (1993) *International Journal of Immunotherapy*, **IX**, 217.
130. Pozo-Olano, J. de P., Warram, Jr. J. H., Gomez, R. G. and Cavazos, M. G. (1978) *Gastroenterology*, **74**, 829.
131. Rao, D. R. and Shahani, K. M. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, **22**(1), 6.
132. Rao, D. R., Reddy, A. V., Pulusani, S. R. and Cornwell, P. E. (1984) *Journal of Dairy Science*, **67**, 1169.
133. Rao, D. R., Pulusani, S. R. and Chawan, C. B. (1985) In *Advances in Nutritional Research*, Vol. 7, Ed. by Draper, H.H., Plenum Publishing, New York, pp. 203–219.
134. Rao, D. R., Pulusani, S. R. and Chawan, C. B. (1986) In *Diet, Nutrition and Cancer: A Critical Evaluation*, Vol. II, Ed. by Reddy, B. S. and Cohen L. A., CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 63–75.
135. Rao, D. R., Alabi, S. O. and Chawan, C. B. (1991) *Milchwissenschaft*, **46**, 219.
136. Rasic (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, **22**(3), 6.
137. Reid, G., Bruce, A. W., McGroarty, J. A., Cheng, K.-J. and Costerton, J. W. (1990) *Clinical Microbiology Reviews*, **3**, 335.
138. Renner, E. (1983) In *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, Volkswirtschaftlicher Verlag, Muenchen.
139. Renner, E. (1986) *Cultured Dairy Products Journal*, **21**(2), 6.
140. Renner, E. (Ed.) (1989) In *Micronutrients in Milk and Milk Based Food Products*, Elsevier Applied Science, London.
141. Renner (1994) *Journal of Dairy Science*, **77**, 3498.
142. Richardson, T. (1978) *Journal of Food Protection*, **41**, 226.
143. Roberfroid, R. (1993) *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **33**(2), 103.
144. Robinson, R. K. (1977) *Nutrition Bulletin*, **4**, 191.
145. Robinson, R. K. (1989) *Dairy Industries International*, **54**(7), 23.
146. Robinson, R. K. and Khan, P. (1978) *Plant Foods for Man*, **2**,, 113.
147. Robinson, R. K. and Samona, A. (1992) *International Journal and Food Sciences & Nutrition*, **43**, 175.
148. Romond, C. and Romond, M. B. (1990) *XXIII International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1255–1264.
149. Rosado, J. L., Solomons, N. W. and Allen, L. H. (1992) *European Journal of Clinical Nutrition*, **46**, 61.
150. Rowland, I. E. (1996) In *Gut Flora and Health*, Ed. by Leeds, A.R. and Rowland, I. R., The Royal Society of Medicine Press, London, pp. 19–25.
151. Rybka, S. and Kailasapathy, K. (1995) *Australian Journal of Dairy Technology*, **50**, 51.
152. Saldamli, I. and Bàbacan, S. (1996) *Gida*, **21**, 185.
153. Salminen, S., Deighton, M. and Gorbach, S. (1993) In *Lactic Acid Bacteria*, Ed. by Salminen, S. and von Wright, A., Marcel Dekker, New York, pp. 199–225.
154. Saloff-Coste, C. J. (1997) *Danone World Newsletter*, No. 15, CIRDC, Paris.
155. Sanders, M. E. (1994) In *Functional Foods*, Ed. by Goldberg, I., Chapman & Hall, New York, pp. 294–322.
156. Savaiano, D. A. (1990) *XX III International Dairy Congress*, Vol. 2, pp. 1238–1246.
157. Schaafsma, G., Bol, J. and Van't Veer, P. (1990) In *Processing and Quality of Foods*, Vol. 2, Ed. by Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C, Gormley, T. R., Linko, P. and Paulus, K., Elsevier Applied Science, London, pp. 2.121–2.125.
158. Scrimshaw, N. S. and Murray, E. B. (1988) *American Journal of Clinical Nutrition*, **48**, 1083.
159. Sellars, R. (1989) In *Yogurt: Nutritional and Health Properties*, Ed. by Chandan R. C., National Yogurt Association, Virginia, pp. 115–144.
160. Sellars, R. (1991) In *Therapeutic Properties of Fermented Milks*, Ed. by Robinson R.K., Chapman & Hall, London, pp. 81–116.
161. Shah, N. and Jelen, P. (1991) *Journal of Dairy Science*, **74**, 1512.
162. Shah, N. P., Lankaputhra, W. E. V., Britz, M. L. and Kyle, W. S. A. (1995) *International Dairy Journal*, **5**, 515.
163. Shahani, K. M., Vakil, J. R. and Kilara, A. (1976) *Cultured Dairy Products Journal*, **11**(4), 14.
164. Speck, M. L., Dobrogosz, W. J. and Casas, I. A. (1993) *Food Technology*, **47**(7), 92.
165. Tamime, A. Y. (1977) *Dairy Industries International*, **42**(8), 7.
166. Tamime, A. Y. and Marshall, V. M. (1997) In *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milks*, Ed. by Law, B. A., Blackie Academic & Professional, London, pp. 57–152.
167. Tamime, A. Y., Marshall, V. M. and Robinson, R. K. (1995) *Journal of Dairy Research*, **62**, 151.
168. Tomar, S. K. and Prasad, D. N. (1989) *Indian Dairyman*, **41**, 483.
169. Weaver, C. M. and Plawecki, K. L. (1994) *American Journal of Clinical Nutrition*, **59**, 1238.
170. Zourari, A., Accolas, J.-P. and Desmazeaud, M. J. (1992) *Lait*, **72**, 1.

10
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЙОГУРТА

10.1 Введение

Качество любого пищевого продукта может определяться по широкому спектру критериев, включающих, с одной стороны, химические, физические, микробиологические показатели, а также показатели пищевой ценности, а с другой, — его привлекательность для потенциального потребителя. В итоге о качестве следует судить по результатам ряда тестов, отличающихся друг от друга по степени их объективности, но все они должны помогать убедиться в том, что продукт:

- безопасен для потребления человеком с точки зрения химического и микробиологического загрязнения;
- удовлетворяет требованиям, предписанным нормативными актами органов здравоохранения или иных уполномоченных ведомств или органов власти;
- может храниться установленный срок без порчи;
- имеет наилучшие из возможных при данных условиях производства или сбыта органолептические показатели.

Контроль соблюдения вышеперечисленных условий подразумевает, естественно, оценку готового продукта в лабораторных условиях, однако необходимо постоянно иметь в виду, что конечный продукт является лишь своего рода «отражением» качества сырья, из которого он приготовлен, и, используя гигиенические термины, можно сказать, что он настолько «чист», насколько «чисто» предприятие, где он изготовлен.

Все это означает, что контроль качества следует рассматривать как всеобъемлющее понятие, требующее постоянного внимания. Таким образом, для поддержания высоких стандартов качества недостаточно лишь реагировать на возможные эксцессы, и преуспевающие предприятия, фирмы и компании — это те, где оценка качества продукта является высшим приоритетом. Даже на небольших предприятиях с минимальным оборудованием можно достигнуть многого, если вести постоянный контроль таких показателей, как продолжительность сквашивания, кислотность продукта и т. п., и хотя услуги консультантов могут потребовать более специализированных проверок, никогда не следует недооценивать значения текущего, обычного мониторинга.

В настоящее время процедура оценки качества стала своего рода «визитной карточкой» преуспевающего предприятия и сводится, собственно, к двум совместимым и до некоторой степени перекрывающим друг друга понятиям — положительной производственной практике (*GMP*) и системе *HACCP* (*Hazard Analysis Critical Control Points* — оценка рисков в критических контрольных точках).

Исходными моментами должны быть принятые в той или иной стране нормативные акты; в частности, в Англии, Шотландии и Уэльсе молочные продукты должны удовлетворять следующим законодательным и нормативным актам:

- Закону о безопасности пищевых продуктов (1990);
- Санитарным (гигиеническим) нормам (1995);
- Санитарным (гигиеническим) нормам (Шотландия) (1995);
- Нормативам относительно применения пищевых добавок в пищевой промышленности (1995);
- Нормативам относительно применения подсластителей в пищевой промышленности ((1995);
- Нормативам относительно применения пищевых красителей в пищевой промышленности (1995);
- Правилам маркировки пищевых продуктов (1996);
- Закону о средствах измерения (1985);
- Правилам применения Закона о средствах измерения (1987).

Что касается именно йогурта, существуют некоторые общие правила. Так, во всех странах Европейского Союза (ЕС) приняты правила маркировки согласно Директиве Совета 79/112 (1979); в большинстве регионов, производящих йогурт, также приняты аналогичные законодательные акты [149, 307].

Предполагая, по крайней мере, теоретически, что ни сам продукт, ни его упаковка не противоречат какому-либо из вышеперечисленных нормативных актов, производитель должен продемонстрировать, что соблюдение указанных норм обеспечивается и в ходе производства. Ключевое слово здесь — «продемонстрировать», хотя и подразумевается, что производитель может допустить выработку брака; при этом данный производитель должен быть способен доказать, что брак этот возник, несмотря на старания и усердие всех участвующих в том или ином процессе. Именно подобная общая ответственность сделала возможным появление понятия *HACCP*, и на основных принципах этой системы, принятых ныне повсеместно, базируется ответственность предприятия за свою деятельность.

10.2 Принципы *HACCP*

10.2.1 Введение

Теоретически единственным способом убедиться, что каждая упаковка йогурта с данной производственной линии в микробиологическом и химическом отношении безопасна, является контроль каждой упаковочной единицы. Конечно, на практике это выглядит абсурдным, и поэтому обычно проверяется некоторая репрезентативная часть продукции (выборка) — в зависимости от плана поставок и истории предприятия. Тем не менее, хотя подобный подход и позволяет убедиться, что выдержаны установленные гигиенические нормативы и что возможные вредные вещества содержатся на достаточно низком уровне или отсутствуют вовсе, такой подход никак не гарантирует, что какая-либо испорченная упаковка не попадет к потребителю. В связи с этим акцент в контроле качества был перенесен на обеспечение профилактики возникновения проблем, то есть на понятие, образующее основу *HACCP*. Система *HACCP* имеет целью выявление определенных рисков, которые при своем возникновении могли бы отрицательно повлиять на качество пищевого продукта, а также запуск некоторых механизмов, которые смогли бы предотвратить само возникновение подобного риска и проконтролировать ситуацию таким образом, чтобы уменьшить риск для потребителя [31, 34, 41, 99, 127, 214, 260, 288, 316, 362, 404, 413].

В частности, в подобной системе выделяют семь аспектов производственного процесса, заслуживающих особого внимания. Эти семь аспектов сведены в нижеприведенные семь принципов.

- Должны быть выявлены любые потенциальные риски, связанные с производством йогурта — начиная от исходных заквасочных культур и/или совокупности сырья и вспомогательных материалов вплоть до собственно технологического процесса и сбыта. Их оценка осуществляется на основе а) анализа вероятности возникновения данного риска и б) профилактических мер, необходимых для снижения вероятности его появления.
- Выявление конкретных точек в вышеуказанной последовательности, которые могут быть проконтролированы для исключения или минимизации риска. Если отсутствие контроля того или иного риска представляет опасность для здоровья населения, то данный участок технологического процесса рассматривается как критическая контрольная точка (*CCP, Critical Control Point*); если такой риск не представляет собой большой опасности, данный участок технологического процесса считается просто контрольной точкой (*CP*). Например, разливочный автомат является *CCP*, поскольку его загрязнение патогенными микроорганизмами представляет собой непосредственную угрозу здоровью потребителей, тогда как невынесенное мусорное ведро на участке розлива является просто *CP* (хотя оно и представляет собой среду для размножения нежелательных микроорганизмов, прямой угрозы здоровью потребителя не несет). Аналогичным образом важен контроль химического состава йогурта и отражение его на этикетках продукта, но рассматривать эти участки производства следует только как контрольные точки.

- Для Отдела контроля *CCP/CP* должен существовать комплекс целей, которые необходимо последовательно достичь, например, полный подсчет числа всех колоний микроорганизмов на поверхностях, контактирующих с продуктом (*CCP*), или определение вязкости йогурта с нарушенным сгустком с учетом допустимых пределов (*CP*).
- Должна быть внедрена система мониторинга, показывающая, что тот или иной участок производства находится под контролем.
- Если система мониторинга показывает, что некоторая *CCP* (*CP*) не контролируется, должна иметься система мероприятий по незамедлительному запуску программы коррекции.
- Должны иметься процедуры проверки того, что система *HACCP* действует на всем производстве — например, система дополнительных проверок, позволяющих убедиться, что основные компоненты данной системы работают в соответствии с требуемыми стандартами.
- Необходимо иметь систему документации, тщательно регистрирующей подробности всех операций, — например, записи данных по температуре/времени или микробиологическим параметрам, а также систему личной ответственности операторов за тот или иной участок производства.

На первый взгляд подобная система кажется довольно сложной, однако если каждый этап технологического процесса описан и рассматривается отдельно как самостоятельный участок, то выделение областей риска дает производителю существенные преимущества. Например, представители розничной торговли уверены в тех фирмах, где осуществляется необходимый контроль технологического процесса, поэтому внедрение *HACCP* быстро становится необходимым для выживания в рыночной экономике. Вместе с тем важно заметить, что не существует двух одинаковых предприятий, и поэтому персонал, ответственный за текущий контроль, должен проявлять разумный подход к выбору желаемой и осуществимой в конкретной ситуации процедуры контроля (см. также [101, 142]).

Хотя используемые для контроля качества йогурта системы собраны под свод системы *HACCP*, каждый аспект производства продукции по сути должен оцениваться по-своему, и поэтому отдельные аспекты качества необходимо рассматривать индивидуально. В этом контексте очень важно иметь в виду, что хотя контроль качества — понятие широкое, доминируют в нем санитарно-гигиенические аспекты. Прекрасные примеры применения этих принципов в практике микробиологического контроля в молочной промышленной приведены в работах [210, 232, 262], и любой специалист, связанный с санитарно-гигиеническими аспектами производства найдет в них много полезного.

10.2.2 Внедрение системы *HACCP*

Успешность внедрения систем *HACCP* требует прежде всего поддержки со стороны представителей топ-менеджмента, их правильного отношения к тем, кто осуществляет ежедневный контроль производства. С другой стороны, каждый работник должен полностью осознавать характер и степень своей ответственности в том, что каждое приня-

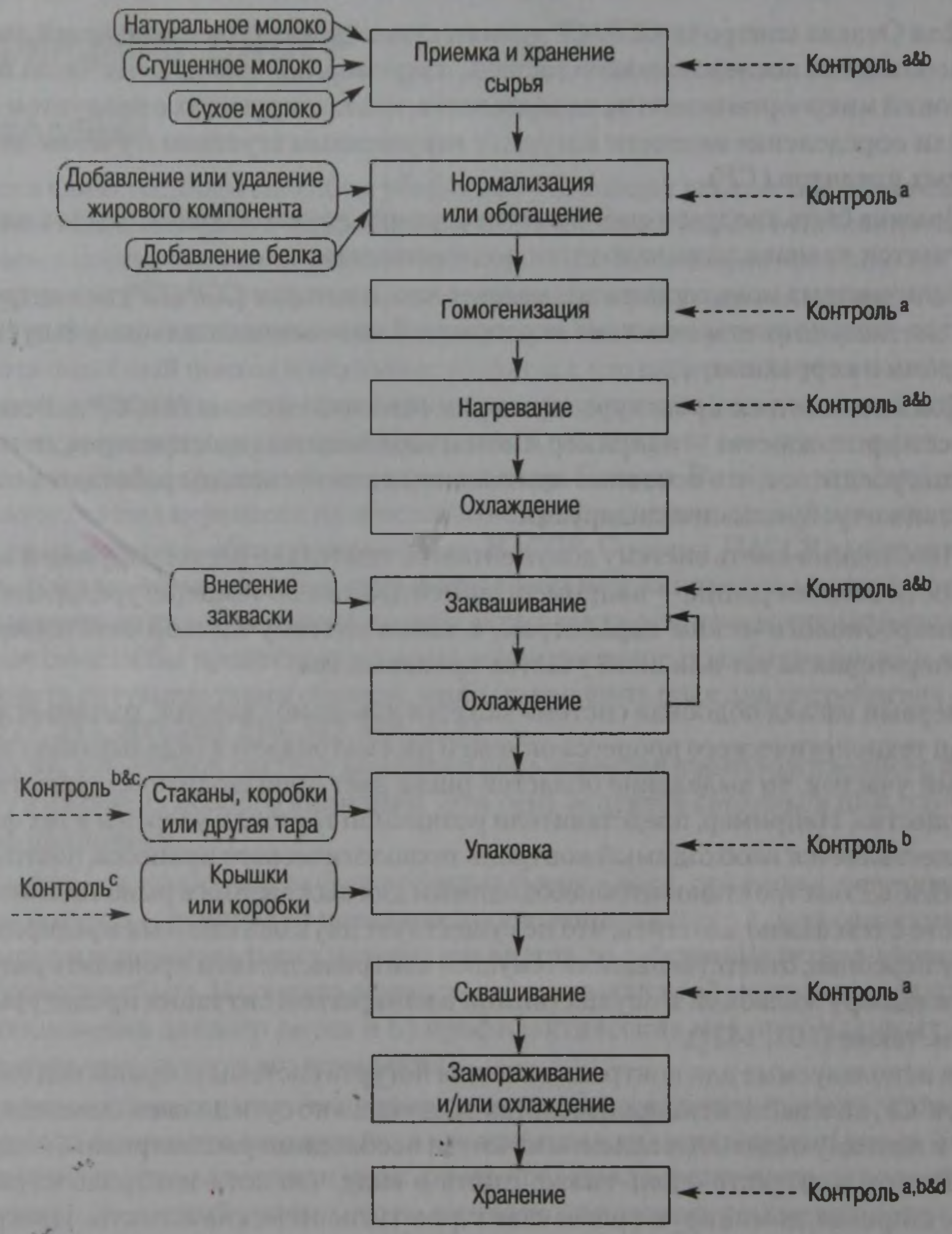


Рис. 10.1. Типовая схема *HACCP* при производстве натурального йогурта с ненарушенным сгустком

[a] физико-химический контроль; [b] микробиологический контроль; [c] визуальный контроль; [d] органолептический контроль.

тое им решение идет на пользу фирме, независимо от возможных отрицательных финансовых последствий. Формирование необходимой кадровой структуры — задача нелегкая, однако при создании соответствующей функциональной базы усилия оправдываются и выражаются в достижении желаемой свободы от непредсказуемых кризисов.

Таблица 10.1. **Форма рабочей тетради для регистрации качества сырого молока при приемке**

Описание продукта: Сырое молоко

Тип: Коровье, козье, овечье или молоко буйволиц
Сочетание видов молока: % в конечном продукте
Характеристики (см. ниже)

Вид анализа	Цель	Допуски	Брак
Физико-химические			
Содержание воды, Жиров, Белков	г/100 г		
Титруемая кислотность (%)			
pH			
Плотность			
Температура (°C)			
Содержание антибиотиков			
Кипятильная проба			
Микробиологические (кое/мл)			
Общее количество			
После тепловой обработки (термоустойчивые), Количество психротрофных микроорганизмов	По желанию		
Органолептические			
Цвет			
Запах			
Присутствие инородных тел			
Место производства			
Длительность хранения (при соответствующей температуре)			
На ферме или на молокосборном пункте:			
При транспортировке:			
В резервуарах предприятия:			
Температура хранения	*менее 5 °C*		

Первый этап — наиболее простой и включает, в сущности, чуть больше того, что менеджеры по производству/контролю продукции составляют аннотированную схему всех технологических процессов с обозначением вероятных точек контроля. Типичный пример подобной схемы для производства натурального йогурта с ненарушенным сгустком приведен на рис. 10.1. Здесь следует оценить относительную значимость выделенных контрольных точек. Например, можно считать важными и этап нагревания, и этап заквашивания (то есть рассматривать их как критические контрольные точки), поскольку если вегетативные клетки патогенных микроорганизмов переживут стадию нагревания, а активность закваски невелика, то это может представлять серьезную опасность для здоровья потребителей. В то же время недостаточно чистая упаковка и налет плесени на поверхности йогурта может вести к массовым возвратам продук-

ции, хотя реальный риск для здоровья потребителя весьма невелик. В данном случае достаточно эти этапы считать лишь контрольными точками.

После согласования базовой схемы необходимо ее детализировать. В табл. 10.1 приведен пример тестов, которые могли бы использоваться при анализе сырого молока, поступающего с ферм или молокосборных пунктов. Некоторые типовые показатели будут приведены ниже (см. раздел 10.4.1), а выбор необходимых тестов может быть произведен в зависимости от оснащения лаборатории. Так, например, измерение активной кислотности (pH) может оказаться достаточным в повседневной практике при условии обеспечения регулярной калибровки измерительного устройства, так что от измерения титруемой кислотности или контроля свертывания при кипячении можно будет отказаться. Вместе с тем для выявления более точной картины микробиологического качества необходимо регулярно (по меньшей мере, раз в неделю) применять подсчет общего числа колоний микроорганизмов. Допустимые значения конкретного показателя могут оговариваться в рабочем порядке, однако все производители должны стремиться к обеспечению полного отсутствия ингибирующих веществ, то есть ниже уровня восприимчивости самых лучших методов контроля, доступных в той или иной стране. Так, присутствие антибиотиков не только тормозит развитие заквасочной микрофлоры, но попадание в пищевые цепи некоторых β-лактамных антибиотиков, подобных пенициллину, может вызывать аллергические реакции и даже смертельные случаи у определенных групп потребителей. Уже только по этой последней причине приемка сырого молока должна рассматриваться как критическая контрольная точка.

Аналогичная схема может быть составлена и для иного сырья, например, сухого молока или фруктов, или для продуктов, подвергнутых частичной переработке. Иногда йогуртовая основа готовится раньше добавления в нее фруктов и в таком виде поставляется потребителям. При этом она должна иметь соответствующие показатели кислотности и вязкости; если же качество йогуртовой основы представляется сомнительным, то нецелесообразно тратить на нее большое количество дорогостоящих фруктов. Подобные соображения являются частными требованиями, помогающими составить общую систему, подчеркивающими особенности диаграммы взаимодействия, приведенной на рис. 10.2.

Таким образом, данная схема демонстрирует ряд вопросов по системе *HACCP*, на которые должен быть получен ответ (считается, что йогурт перемещается вдоль центральной оси). Иногда принимается, что имеющиеся меры достаточны, и для составления инструкции по *HACCP* нужно лишь наличие следующих моментов:

- определение точек технологической цепочки и соответствующие нормы (стандарты), например, температура и продолжительность выдержки, которые необходимо обеспечить в ходе тепловой обработки молока;
- определение важности (критичности) потери контроля с учетом особенностей технологического процесса, то есть является ли данная точка простой контрольной (*CP*) или критической контрольной (*CCP*), и какие могут быть последствия;
- назначение лиц, ответственных за ту или иную операцию (участок), и определение процедуры отчетности;
- определение необходимых корректирующих мер с четкими указаниями по степени ответственности и ожидаемым результатам.

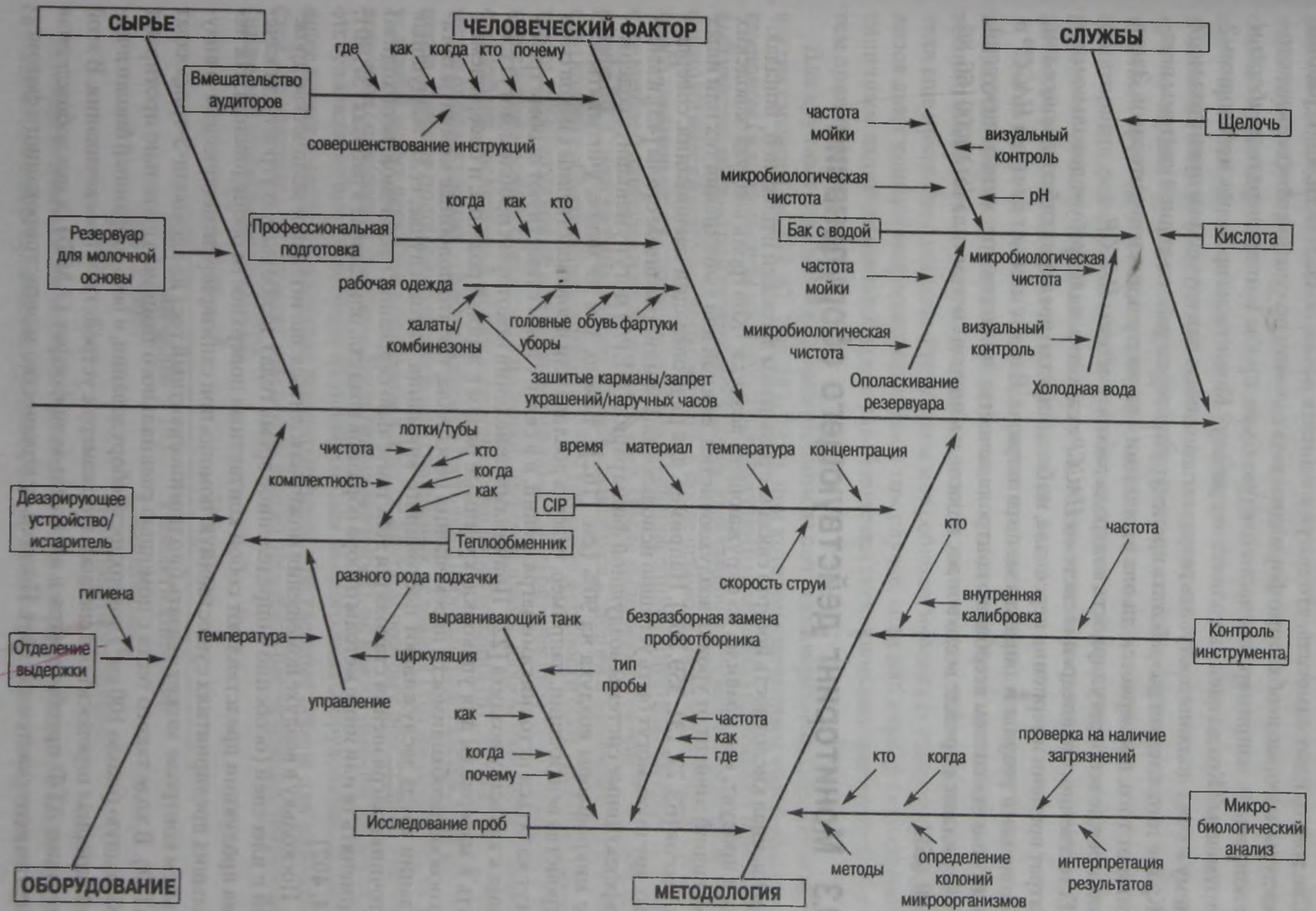


Рис. 10.2. Графическое изображение замеров и анализов, необходимых при производстве йогурта

Следует, однако, заметить, что могут возникать новые обязанности, виды работ и процедуры, которые необходимо формализовать с учетом получения ответа на некоторые вопросы — например, как часто следует брать пробы или проверять приборы и инструменты? Кто должен выполнять эту работу? Какие виды проверок необходимы? Почему и кому должны поступать результаты анализов для изучения и принятия мер?

Кроме того, следует разработать процедуру проверки работы данной системы независимо от того, проверяется ли она внешними или внутренними аудиторами. Здесь важна прежде всего регулярность контроля работы системы *HACCP*.

Естественно, что внедрение системы *HACCP* с самого начала требует довольно много затрат времени и терпения персонала, но большинство предприятий согласны с тем, что конечный результат оправдывает эти затраты. Входит или нет система *HACCP* в общий «пакет» систем всеобщего контроля качества, является предметом дискуссий, где обсуждается прежде всего вопрос плюсов и минусов систем типа *ISO* 9000 [66, 86, 88, 89, 252].

10.3 Мониторинг действующего оборудования

Повышенная кислотность йогурта связана с развитием дрожжей и плесеней, попадающих в продукт, как правило, из окружающего воздуха. Контроль воздуха заводских помещений зависит от уровня воздухоочистки, важной для выполнения тех или иных процессов [63, 77, 131, 359, 360]. Например, для ряда операций смешивания, совершаемых вручную, могут быть успешно использованы ламинированные столы [43], а высокоэффективные системы воздушной фильтрации (HEPA) могут уменьшить содержание микрофлоры воздуха на 90% (см. [162]). Важно, тем не менее, учитывать, что устройства вентиляции, например, участка розлива или производственных цехов сами могут являться источниками загрязнений, и в связи с этим существуют особые требования к качеству воздуха [22]. Причинами появления некоторых проблем могут служить и материалы для упаковки, хранимые рядом с линией розлива, и совершаемые без особой необходимости перемещения персонала, так что подобные моменты организации труда заслуживают постоянного внимания. В том случае, если воздушные источники загрязнения становятся действительно серьезной проблемой, необходимо применять те или иные методы отбора образцов воздуха, описанные в работах [37, 301, 314, 402].

Поскольку в воздухе помещения может находиться значительное количество дрожжей и плесеней (особенно в определенное время года), наибольшую угрозу для качества продукции представляют собой контактные поверхности оборудования. На небольших предприятиях существенную помощь при санитарно-гигиеническом и визуальном контроле может оказать биолюминесцентный тест на аденозин-5-трифосфат (АТФ). В ходе такого теста с помощью специального тампона тщательно протирают небольшую (около 100 $см^2$) поверхность оборудования, и весь собранный биологический материал переносится в специальную камеру с устройством просвечивания. В этой ситуации АТФ преобразуется в аденозин-монофосфат (АМФ), а высвобожденная энергия испускается как свет. Поскольку количество зарегистрированного фотомет-

ром света пропорционально начальному уровню АТФ, то показания фотометра свидетельствуют об общем содержании в пробе биологического материала. Если отбор пробы был произведен правильно, то показания фотометра являются, по сути, данными о санитарно-гигиенических условиях на предприятии (см. [313]). Естественно, что эти показания не коррелируют с количеством микроорганизмов, но вместе с тем они прекрасно отражают связь между чистотой поверхностей и низким уровнем АТФ. На крупных предприятиях аналогичный подход может использоваться для регулярного мониторинга резервуаров, трубопроводов и другого оборудования, но зачастую он дополняется специальными анализами на общее количество микрофлоры и/или количество отдельных видов микроорганизмов.

Тем не менее независимо от типа применяемых анализов для поддержания надлежащего санитарно-гигиенического состояния необходимо проводить их регулярно, по принятой методике, с учетом условий производства — сами по себе отдельные показатели еще ничего не означают. Результаты микробиологических (гигиенических) анализов дают ценную информацию лишь в том случае, если для данного предприятия типичным является высокий уровень соблюдения гигиенических требований (с учетом принятых допусков).

Для крупных единиц оборудования одним из почти универсальных является метод взятия смывов (см. [37, 87, 168, 211, 220]), при котором смоченным водой марлевым тампоном (или тампоном из другого проверенного материала) протирают определенный участок контактной поверхности. Затем этот тампон погружают в известный объем физиологически нейтрального раствора, и после перехода микроорганизмов в раствор проба анализируется с помощью специальной пластинки с питательной средой, в качестве которой наиболее предпочтителен агар. После выдержки в течение 72 ч при температуре 30 °С подсчитывается число образовавшихся колоний и выражается в количестве колониеобразующих единиц (кое) на 100 $см^2$ поверхности оборудования [82; см. также 193]. Регулярный контроль выбранных или «критических» точек технологической системы может обеспечить полезной информацией о любом нарушении норм и стандартов, касающихся мойки и дезинфекции оборудования [37, 87, 168, 211, 220], а метод ополаскивания — информацией о состоянии небольших деталей и/или контейнеров. Данные подобных анализов при сравнимых условиях (тот же оператор, те же условия) могут несколько отличаться друг от друга, и поэтому необходима система допусков (некоторый интервал допустимых значений), но важны именно тенденции к отступлению от принятых норм и стандартов для каждого вида оборудования. В настоящее время имеются некоторые принятые производственные нормы для поверхностей, находящихся в контакте с продуктом еще до процессов пастеризации/нагревания (ниже они приведены по [167]):

кое 100 $см^{-2}$	Результат
500 (коли-форм < 10)	Удовлетворительно
500–2500	Сомнительно
>2500	Неудовлетворительно

По современным, более жестким требованиям, удовлетворительным может считаться количество микроорганизмов, равное 200 кое на 100 $см^2$, а при пастеризации — 50.

Даже в идеальных условиях на разных предприятиях существуют различные уровни соблюдения санитарно-гигиенических требований, и производителям йогурта, возможно, повезло, что этот продукт достаточно устойчив к порче, по крайней мере, микробиологической. Однако реакция на присутствие дрожжей и плесеней может быть совершенно различной, и в том случае, если дрожжевые клетки становятся преобладающими, могут возникнуть серьезные проблемы при реализации продукта в розничной торговле.

Альтернативой вышеуказанным методом может быть так называемый «агар-контактный» метод, при котором стерильная поверхность небольшой чашки Петри заранее заполняется соответствующей средой и поверхность агара (см. [92]) приводится в контакт с испытуемой поверхностью. Если последняя не очень сильно загрязнена, то отдельные микроорганизмы или их колонии переходят на агар, и после инкубации вырастают настолько, что могут быть подсчитаны [262]. Эти результаты соотносят с известной поверхностью оборудования и вместе с данными, полученными другими методами, они становятся основой для оценки эффективности мойки оборудования.

Таким образом, понятно, что такого типа проверки важны прежде всего как средство мониторинга процесса санитарной обработки и минимизации потенциальных рисков. Контроль сырья и вспомогательных материалов преследует практически те же цели.

10.4 Контроль сырья и вспомогательных материалов

10.4.1 Молоко

Основным ингредиентом для большинства сортов йогурта является цельное или обезжиренное молоко, и поэтому качество молока, поступающего на предприятие, очень важно. Методы отбора проб молока различны в зависимости от размеров предприятия, однако важно, чтобы исследуемые образцы правильно отражали качество всей поступившей партии [194, 206, 217].

Объем контроля зависит от значимости той или иной технологической операции, но включает, как минимум, некоторые из тестов, перечисленных в табл. 10.2. В случае, если молоко поставляется на предприятие в цистернах, считается, что поставщик должен обеспечить соответствие данной партии согласованной спецификации (см. [7, 26, 201, 216, 221, 223, 371]. Как правило, набор параметров является следующим:

Температура при поставке	< 10 °C
Общее количество микроорганизмов	⩽ 100 000 кое/мл (желательно) (на практике может оказаться приемлемым и показатель <250 000 кое/мл)
Ингибирующие вещества	⩽ 0,007 IU/мл (0,004 мкг/мл)
Химический состав	⩾ 3,0 г жира/100 г
	⩾ 3,0 г белка/100 г
Количество соматических клеток	$\leqslant 4{,}0 \times 10^5$/мл
Точка замерзания	⩽ 0,520 °C
Титруемая кислотность	⩽ 0,2% молочной кислоты

Таблица 10.2. **Анализы, которые могут использоваться при производстве йогурта для контроля сырого цельного или обезжиренного молока**

Что проверяется	Причина	Метод	Литература
Массовая доля сухих веществ (СВ)	Позволяет правильно произвести обогащение или сгущение перерабатываемого молока	С помощью влагомера	[78–80, 213]
		Выпаривание	[198]
		Инфракрасный	[12]
Массовая доля жира	Соответствие нормативным или органолептическим требованиям	Гербера	[84, 184, 225]
		Розе–Готтлиб	[24]
		Светорассеиванием	[18, 196]
		Инфракрасный	[12, 222]
Массовая доля белка	Необходимость обогащения	Инфракрасный	[222]
		Связыванием красителя	[188]
		Кьельдаля	[212]
Присутствие антибиотиков	Ингибирование заквасочной микрофлоры	Диффузионный тест Delvotest*	[27, 183, 199]
Наличие химических примесей	В отдельных партиях молока могут присутствовать химические примеси	Проверка «на запах»	
Присутствие органических хлорсодержащих соединений	Пестициды могут влиять на вкусовые качества продукта и тормозить рост закваски	Различные методы	[200]
Присутствие органических фосфорсодержащих соединений	То же	Хроматографический	[195]
Наличие посторонних частиц и предметов	Не исключено попадание в молоко волос, частиц почвы и т. д.	Фильтрование	[81]

* В некоторых странах в качестве альтернативы может применяться тест *Lac-Tek* (см. также [216, 226, 423]).

Подсчет общего количества колоний микроорганизмов целесообразно применять для оценки качества работы предприятия («на выходе») — в этом случае финансовые санкции могут быть увязаны с качеством продукции. Молоко же требуется перерабатывать задолго до того, как становятся известны результаты анализа. В связи с этим широко используется метод с применением эпифлюоресцентного фильтра (*DEFT*), с помощью которого результаты подсчета колониеобразующих единиц можно получить в течение 20 мин [313, 354] или выявить и подсчитать дрожжевые клетки [348].

Широкое использование автоматизации дает возможность анализировать и химический состав поступающего на предприятие молока (об этом см. ниже), однако обяза-

тельно следует проводить определение ингибирующих веществ [189, 202, 216, 226]. Это вызвано тем, что хотя небольшие колебания в химическом составе и могут влиять на качество конечного продукта и на экономические показатели технологического процесса, наличие в молоке антибиотиков может привести к полному нарушению последнего. По методу микропластин [183, 202, 216, 226] в молоке можно обнаружить 0,005 IU пенициллина (г/мл), а по более «привычному для пользователя» методу *Delvotest*T P [27] можно обнаружить 0,004 IU пенициллина в течение 2,5 ч; по имеющимся данным, этот метод отличается 100%-ной точностью при уровне до 0,006 IU пенициллина [354]. Сравнительно недавно были внедрены методы *Lac-Tek*T и *Delvo-X-Press*T bL-II, с помощью которых в течение уже примерно 7 мин в молоке обнаруживается широкий спектр β-лактамных антибиотиков при уровнях их содержания также порядка 0,006 IU/мл. Быстрое получение результатов означает, что все подлежащее переработке молоко может быть проверено еще до его поступления на переработку. В свою очередь, тест(ы) Чарма (*Charm*) предоставляют другую возможность для обнаружения остатков β-лактама [37]; существуют также примеры использования стандартных методик для обнаружения сульфаметазина с помощью жидкостной хроматографии под высоким давлением (*HPLC*), определения ингибирующих веществ с помощью бриллиантового черного, а также различных методов ферментной иммуносорбции (*ELISA*) [163, 231, 274].

Накопление кислоты (см. ниже) также может использоваться в качестве несложного, пусть и более медленного, способа контроля процесса ферментации молока при производстве йогурта (в качестве альтернативы ему в работе [174] была предложена биолюминесценция АТФ). С учетом вышесказанного маловероятно, что какой-либо из указанных новомодных методов может заменить уже имеющиеся на рынке системы технохимконтроля.

10.4.2 Сухое молоко

Хотя перерабатываемое молоко может быть сгущено путем выпаривания или ультрафильтрации, на небольших предприятиях до сих пор широко распространен способ повышения СВ в молочной основе путем использования сухого молока. В некоторых регионах сухое обезжиренное или цельное молоко (сливки) могут быть единственным доступным сырьем, однако в любом случае четкое понимание роли сухого молока и контроль его состава на соответствие нормативам помогает избежать проблем на более поздних этапах производства. Для мониторинга растворимости и других свойств сухого молока существуют известные методы такие же, как и для анализа содержания в нем влаги и жира. Подробнее о требованиях к сухому молоку см. главу 2 и [2, 207].

Каждая поставляемая партия сухого молока должна быть проверена на присутствие антибиотиков и определенных группы микроорганизмов (см. [106]). Некоторые рекомендуемые показатели приведены в табл. 10.3, и при соблюдении надлежащей технологической дисциплины они вполне достижимы.

В связи с тем, что при производстве йогурта молоко в ходе переработки подвергается сильному нагреванию (например, при 85 °С в течение 30 мин, или аналогичному по воздействию), допускаются некоторые отклонения в микробиологическом качестве сухого молока. Аналогичные «степени свободы» применяются и относительно

Таблица 10.3. **Некоторые рекомендуемые показатели сухого молока, используемого при производстве йогурта**

Методы анализа	Показатели		
	удовлетворительные	сомнительные	неудовлетворительные
Микробиологические			
Подсчет общего количества колоний микроорганизмов	< 10 000	< 100 000	> 100 000
Коли-формы	< 10	< 100	> 100
Дрожжевые клетки	< 10	> 10	< 100
Плесени	< 10	> 10	< 100
Стафилококки (коагулазоположительные)	< 10	< 100	> 100
Химические			
Кислотность	Кислотность восстановленного обезжиренного молока (СВ 9 г/100 г) не должна превышать 0,15% молочной кислоты (см. также [185])		
Растворимость	Нерастворимый остаток от 10 г сухого обезжиренного молока в градуированной пробирке [2] не должен превышать 0,5 мл [186, 190]		
Посторонние примеси	По британскому стандарту при использовании соответствующего прибора [81], диск фильтра должен соответствовать диску В фотостандарта ADPI		
Массовая доля влаги	В сухом обезжиренном молоке не должна превышать 4,5 г/100 г [213]		
Массовая доля жира	В сухом обезжиренном молоке не должна превышать 1,25 г/100 г		
Ингибирующие вещества	В сухом молоке их не должно содержаться более 0,006 IU/г		

стабилизаторов и других добавляемых перед нагреванием ингредиентов, однако все компоненты, добавляемые в готовый йогурт (например, фрукты, ароматизаторы или красящие вещества), необходимо тщательно контролировать . Это касается прежде всего непастеризованных фруктов, которые могут стать нежелательным источником поступления дрожжевых и плесневых клеток. Возможно инфицирование йогурта, содержащего сахарозу, плесневыми грибами, что вызывает его быструю порчу и, следовательно, рекламации потребителей. Важность этого аспекта можно оценить по нормативам для некоторых видов фруктов (см. табл. 10.4), и любой дополнительный натуральный или синтетический ароматизатор должен удовлетворять указанным характеристикам. Иногда сахароза может выступать источником дрожжевых и плесневых клеток, и хотя она редко является источником инфекции, при возникновении проблем не следует забывать о ее присутствии; осмофильные дрожжи могут даже выживать в некоторых сиропах, применяемых в производстве йогуртов. Успех или неудача при этом оцениваются относительно соблюдения в конечном продукте микробиологических нормативов

Таблица 10.4. **Основные микробиологические показатели для оценки некоторых наполнителей, применяемых в производстве йогурта**

Продукт/микроорганизм	Количество (кое/г)
Фрукты	
Плесени	< 10
Дрожжи	< 10
Общее количество	< 1000
Коли-формы	отсутствуют
Прочие ингредиенты, включая шоколад	
Плесени	< 10
Дрожжи	< 10
Общее количество	< 2000
Коли-формы	отсутствуют

(см. табл. 10.11), поскольку это зачастую может привести к выявлению ингредиентов-«виновников». Еще одним, иногда совершенно неожиданным, источником загрязения может выступать закваска из резервуара, в связи с чем дополнительной функцией контроля становится обеспечение качества (то есть чистоты) заквасочной культуры.

10.4.3 Заквасочные культуры для стандартного йогурта

10.4.3.1 Микробиологический контроль

Типы заквасок мы уже рассматривали выше. Одним из наиболее популярных посевных материалов по-прежнему остается жидкая культура, содержащая *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* подвида *bulgaricus* в соотношении 1 : 1. На практике это означает контроль данного соотношения путем непосредственного наблюдения под микроскопом, и если картина в количественном отношении визуально выглядит нормально, то для подтверждения возможности использования в производстве выполняется количественное определение содержания клеток каждой культуры.

Если количество микроорганизмов слишком велико для непосредственного подсчета, то предварительно небходимо приготовить десятикратное разведение в растворе Рингера (1/4 концентрации от основного раствора) [339]. Если перед взятием 0,01 мл раствора пробу этого разведения взболтать в течение 30 с, то под соответствующей областью покровного стекла (1 $см^2$) будет содержаться количество бактерий, которое вполне можно подсчитать. Пригодным методом для их дифференциации, а также для других целей может стать окрашивание по Ньюману или после обезжиривания окрашивание метиленовым синим [97], а также окрашивание по Граму (см. [107]). Для получения достоверных данных количество полей зрения, которые необходимо проанализировать, может быть уменьшено по сравнению с теоретически потребным (см. [410, 413]). Так, в работе [390] было показано, что при анализе 10 полей зрения («пять

Таблица 10.5. **Селлективные среды, рекомендуемые к использованию для подсчета *S. thermophillus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в йогуртах или закваска**

Среды для выращивания культур	Вид микроорганизмов	
	S. thermophilus	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*
Йогуртовый агар Хансена (Hansen)	Плотные колонии 1–3 мм	Неплотные колонии 2–10 мм
LAB	Гладкие колонии	Нерегулярные колонии, с шероховатой или покрытой ворсинками поверхностью
Среда Ли	Колонии желтого цвета	Колонии белого цвета
Диффереципующая L-S среда	Колонии красного цвета округлой формы со светлой зоной (<0,5 мм)	Нерегулярные колонии красного цвета с темной зоной (> 1мм)
Модифицированный молочный агар	Небольшие колонии красного цвета	Крупные колонии белого цвета
Усиленный клостридиями раствор с прусским синим (RCPB)	Колонии голубого цвета с узким синим ореолом вокруг	Колонии голубого цвета с широким четким ореолом синего цвета
Агар TYP-HGME	Небольшие голубоватые колонии	Крупные темно-синие колонии
Агар YGLP-YL	Небольшие колонии ярко-белого цвета	Крупные колонии белого цвета
Дрожжевой агар триптоза-протеоза-пептон с эриохромным красителем (TPPY)	Выпуклые колонии овальной формы (1–3 мм) тусклого белого/фиолетового цвета (часто с темным центром)	Прозрачные диффузные колонии (4–6 мм) трудно идентифицируемой формы с расплывчатой кромкой
Дрожжевой агар триптоза-протеоза-пептон с прусским синим (TPPYPB)	Голубоватые колонии с тонким синим ореолом	Небольшие колонии ярко-белого цвета с широким четким ореолом синего цвета

Примечание. Указанные среды могут НЕ являться дифференцирующими для других термофильных бактерий, производящих молочную кислоту, и не все штаммы *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* дают типичную реакцию.

Данные по [70, 75, 112, 121, 145, 154, 233, 256, 278, 282, 300, 339, 352].

на пять») получается достоверный результат по количеству клеток в 1 мл. При этом требуется лишь поправка на то, что во время разведения цепочки стрептококков имеют тенденцию распадаться на участки из двух-трех клеток. Если каждый из этих участков посчитать за самостоятельную единицу, то соотношение стрептококков к лактобактериям возрастает до 2,7 : 1, причем отмечается, что подобное соотношение наблюдается и в культурах, выдержанных при 42 °С.

Еще одним методом получения информации о соотношении в закваске или в конечном продукте этих двух видов микроорганизмов является подсчет общего числа колоний с использованием некоторого средства, реагирующего на тот или иной их вид, или различающего их на одной и той же пластинке. Подобные методы обычно требуют

Таблица 10.6. **Продуктивность отдельных сред[а] относительно микроорганизмов стандартной йогуртовой культуры**

Среда	Дифференцированное количество[б]	
	Lactobacillus	*Streptococcus*
Среда Ли	1300	5000
Агар TPPY	300	2700
Агар TPPYPB	200	3000
Модифицированный молочный агар	200	1200
Дифферецирующая L-S среда	(48)	
Агар RCPB	500	3200
Агар Элликера	(900)	
M17	—	560
Кислый MRS	105	—

[а] Более подробные данные об этих средах приведены в табл. 10.5.

[б] Все цифры приведены в кое × 10^6 $мл^{-1}$ и являются средними по четырем отдельным анализам (с дублированием); между анализами не было отмечено существенных различий.

( ) Цифры в скобках свидетельствуют, что различий не было отмечено, а знак «—» означает, что в используемых разведениях не было отмечено роста (10^{-6}–10^{-8}).

По данным [144].

больше времени, чем анализ под микроскопом, но обладают тем преимуществом, что регистрируют только жизнеспособные колонии микроорганизмов, и их можно приравнять к отдельным клеткам. Тот факт, что разведение и помещение пробы на пластинку разрывает большинство связей, требует модификации ожидаемого соотношения, причем вполне можно принять соотношение 5–10 *Streptococcus* : 1 *Lactobacillus* — принятые за единицу цепочки стрептококков имеют тенденцию быть длиннее цепочек лактобацилл.

Возможности подбора различных сред приведены в табл. 10.5, и окончательный их выбор отражает скорее предпочтения того или иного сотрудника. Тем не менее важно подчеркнуть, что различные штаммы *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в одной и той же среде ведут себя по-разному, что особенно видно при использовании среды Ли (*Lee*) (см. [145]). Однако если некоторые штаммы *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* будут давать колонии белого цвета, то другие могут быть похожи на *S. thermophilus*. В работе [256] было высказано предположение, что здесь решающим фактором является кислотообразующая способность *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, в связи с чем их среда может использоваться только для наблюдения за исследуемой закваской. Как показано в табл. 10.6, средами, пригодными для идентификации указанных культур, являются дифференцирующая среда *L-S* и модифицированнный лактозный агар.

Эта проблема реакции отдельных штаммов также видна из данных, приведенных в табл. 10.6. Тем не менее дрожжевой TPPY-агар (триптоза-протеоза-пептон) с эриохромным черным дает неплохую дифференциацию — так же, как и RCPB-

Таблица 10.7. **Некоторые среды, пригодные для использования в целях подсчета и *S. therophilus*, и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* в йогурте или закваске**

Среда	Микроорганизм	
	S. thermophilus	*L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*
Eugon	Рост не наблюдается	Рост наблюдается
Молочный агар (с низким pH)	Рост не наблюдается	Рост наблюдается
M17	Рост наблюдается при pH 6,8	Рост не наблюдается
Microassay	Рост наблюдается	Рост не наблюдается
Среда MRS (кислая)	Рост не наблюдается	Рост наблюдается
Агар Стрептосель (Streptosel)	Рост наблюдается	Рост не наблюдается
Трипсиновый агар	Рост не наблюдается	Рост наблюдается
Соевый агар триптиказы	Рост наблюдается	Рост не наблюдается
TGV + Na-ацетат	Рост не наблюдается	Рост наблюдается
Агар Элликераа	Рост наблюдается	Рост наблюдается

а Данная среда пригодна и для *S. thermophilus*, и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* при наличии случайных загрязнений и может оказаться полезной для проверки производительности тех или иных сред (см. табл. 10.5).

Примечание. Эти среды могут НЕ являться дифференцирующими относительно иных термофильных молочнокислых бактерий.

Данные по [25, 75, 112, 119, 122, 123, 125, 154, 160, 161, 203, 233, 268, 297, 300, 332, 339, 352, 363, 376]. Иные методы для дифференцированного подсчета культур йогуртовой закваски приведены в работах [71, 91, 94, 102, 115, 282, 283, 295, 311, 318, 324, 417].

агар (усиленный клостридийный прусский синий), причем в обеих этих средах восстановление проходит хорошо (что подтверждается окраской отдельных колоний по Граму). Особенно четкая дифференциация достигается включением в TPPY-агар вместо эриохромного черного прусского синего (TPPYPB) (см. [145, 349]).

В то время как для визуального подсчета можно использовать одну-единственную среду, внедрение систем автоматического подсчета колоний может вызвать необходимость использования среды, чувствительной только к конкретной культуре (например, M17 для *S. thermophilus* [191, 238]), или такой среды, которая дает возможность подсчета всех микроорганизмов, продуцируемых закваской. Типичный пример выбора такой среды представлен в табл. 10.7. При этом, однако, следует отметить, что даже лазерные устройства подсчета не застрахованы от ошибок (например, в случае колоний, расположенных близко к краю чашки Петри) и что селлективные среды не всегда выступают ингибиторами роста других микроорганизмов. Например, кислый MRS-агар может стимулировать рост дрожжевых клеток, и хотя различие в морфологии колоний для человеческого глаза очевидно, электронные системы будут их подсчитывать вместе, что может оказаться существенным, особенно если та же среда используется для анализа количества жизнеспособных микроорганизмов закваски в образце готового йогурта [208, 227].

10.4.3.2 Активность закваски

Существенной характеристикой качества жидкой закваски для йогурта является ее активность, то есть способность за определенное время продуцировать требуемое количество молочной кислоты. Для простейшей проверки активности закваски необходимо:

- приготовить разведение закваски 1 : 10 с 9 мл рабочего раствора Рингера (1/4 концентрации от основного раствора) или пептонной воды;
- внести в пробирку 10 мл молока и добавить 1 мл приготовленного разведения закваски;
- выдержать заквашенное молоко при 42 °С в течение 4 ч.

Через четыре часа кислотность молока должна составлять около 0,85–0,95% молочной кислоты. В случае недостижения указанного параметра дальнейшее использование заваски проблематично. Это заключение вытекает из того факта, что при ежедневном приготовлении закваски соотношение различных микроорганизмов может меняться с каждой пересадкой. В ходе производства такие изменения могут проявляться самым нежелательным образом, и поэтому раннее выявление возможных проблем с помощью несложных анализов может оказаться довольно полезным [28, 203, 227].

10.4.3.3 Чистота закваски

Явным свидетельством существенной загрязненности жидкой закваски является наличие в ней пузырьков газа или специфический запах. В этом случае полезной может оказаться реакция на каталазу. Поскольку микроорганизмы закваски не образуют каталазы, то появление пузырьков газа при добавлении 5 мл культуры к 1 мл перекиси водорода (10%-ного раствора) свидетельствует о наличии существенного загрязнения закваски посторонними микроорганизмами.

Если закваска готовится ежедневно, то внимания заслуживает систематическая проверка на коли-формы, и хотя высокая кислотность ограничивает продолжительность их жизни, медленное нарастание кислотности допускает возможность появления в конечном продукте зараженных участков («пятен») или посторонних запахов. Обычно адекватным является прямое определение «кислотность плюс газ» с применением бульона Мак-Конки, и если три пробирки раствора сквашиваются в трех последовательных разведениях закваски (например, от 10^{-1} до 10^{-3}), то можно получить количественные данные о предполагаемом наличии коли-форм. При этом в качестве минимально допустимой нормы следует считать показание «отсутствуют в 1 мл закваски».

Хотя анализ на коли-формы может оказаться полезным (пусть даже как показатель уровня санитарно-гигиенических условий на предприятии), наличие дрожжевых или плесневых клеток в количестве, превышающем 10 кое/мл закваски, может привести к порче конечного продукта во время хранения. Такое загрязение можно отследить при использовании суслового агара, подкисленного молочной кислотой или агара с хлорамфениколом [197], причем десятикратного разведения закваски достаточно для анализа в счетной камере (1 мл — при использовании чашки Петри). Подобный метод должен, по крайней мере, показать наличие дрожжевых клеток, однако если первые подсчеты дают < 100 кое/мл, может оказаться необходимым разделить 1 мл неразведенной культуры на три стандартные чашки Петри (диаметром 9 см) или использовать одну большую чашку (диаметром 14 см). Особое внимание следует уделить любым

признакам инфицирования микроорганизмами, способными сбраживать лактозу (например, *Kluyveromyces marxianus* подвида *marxianus* или *lactis*), и при их выявлении предпринять необходимые меры к немедленому улучшению санитарно-гигиенических условий на заквасочном участке и приготовить свежую «материнскую» закваску.

Подобные текущие анализы заквасок, приготовляемых в резервуарах, особенно необходимы тогда, когда выращивание культуры производится вне предприятия или при отсутствии необходимого лабораторного оборудования. В этом случае желательно рассмотреть возможность применения сублимированных или замороженных при низких температурах культур для непосредственного заквашивания перерабатываемого молока. У имеющихся на рынке подобных заквасок отличные показатели по чистоте и активности, и в этом случае у производителей йогурта «может не болеть голова» о доскональном контроле заквасок (см. также [191, 203, 208, 227]).

10.4.4 Закваски для биойогуртов

Если для производства обычного йогурта по-прежнему применяются закваски, приготовленные на производстве в заквасочниках, то для производства биойогуртов обычно используются сухие или замороженные закваски типа DVS. Причиной этого является то, что в связи с различной скоростью роста бактерий *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus paracasei* подвида *paracasei*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei* подвида *shirota* и *Bifidobacterium* различных подвидов в молоке, довольно затруднительно, во-первых, поддерживать нужное их соотношение в смешанной культуре, и, во-вторых, получить в конечном продукте необходимое количество жизнеспособных клеток — выше оговоренного терапевтического минимума (см. [272, 338]).

При использовании закваски типа DVS с известным количеством клеток производитель может довольно точно рассчитать необходимую для получения желаемого количества клеток в конечном продукте продолжительность сквашивания, и, что не менее важно, может быть уверен в том, что будет получать стабильный результат каждый последующий день. По этой причине производители биойогурта полагаются на спецификацию закваски, указанную ее поставщиком, и все микробиологические анализы производятся в готовом продукте.

10.5 Оценка качества продуктов, предназначенных для торговой сети

Какими бы важными не были контроль уровня санитарии и гигиены на предприятии или контроль качества поступающего сырья и других материалов, конечный продукт в обязательном порядке должен проходить окончательную проверку для подтверждения того факта, что его качество соответствует требованиям нормативных документов и удовлетворяет потребителя. В некоторых странах наличие стандартов на состав продукта поощряет стремление к достижению определенного качества, но, учитывая природу продукта в части его консистенции и связанных с ней показателей, обеспечить

требования стандартов не всегда просто. Тем не менее анализ конечного продукта является важнейшей частью контроля качества, так как те или иные проблемы, возникшие в ходе процесса производства, почти наверняка проявляются в ухудшении качества йогурта. Таким образом, на этой стадии контроль призван:

- обезопасить потребителя от приобретения некачественного продукта или, в худшем случае, продукта, потенциально вредного для его здоровья;
- обезопасить производителя от обвинений в халатности и от затрат на возврат продукции;
- содействовать обеспечению бесперебойного технологического процесса путем выявления отклонений в качестве продукта на ранних стадиях его производства — так, чтобы все необходимые корректирующие действия могли быть предприняты еще до возникновения серьезных проблем.

Следовательно, оценка качества конечного продукта становится обязательным условием производственного процесса, и большинство необходимых анализов мы рассмотрим в нижеследующем разделе (см. также [72]).

10.5.1 Анализ химического состава

Относительно химического состава йогуртов во многих странах приняты нормативные акты или временные нормативы (в Великобритании, например, это [267] и [114] — выборка из них приведена в табл. 10.8 (см. также [17, 19, 20, 128, 187, 244])).

Требования относительно СОМО являются, скорее, дополнительными, чем основными, так как натуральный йогурт с СОМО, меньшим установленного уровня, вряд ли может считаться приемлемыми по консистенции и, соответственно, вязкости. Общий анализ содержания СВ, тем не менее, оказывается полезным для проверки правильности выполнения сгущения или обогащения, в связи с чем для йогурта была предложена модификация стандартного гравиметрического метода для молока [245]. В этом случае образец перед сушкой нейтрализуется с помощью 0,1 N гидроксида стронция, и из сухой массы образца вычитается 0,0048 г/мл щелочи (см. также [111]). В работе [105] предлагается использовать вакуумную сушку с гидроксидом натрия в качестве реагента. Оба способа являются вполне приемлемыми для контроля содержания СВ; высушивание же проб в микроволновой печи, по мнению ряда авторов [271], оказывается непригодным для йогурта.

На крупных молокозаводах важным бывает анализ содержания белка, поскольку в течение года его содержание в коровьем молоке может меняться от 3,2 до 3,6 г/100 г, и эти различия вполне могут повлиять на качество йогурта. Для крупных предприятий, перерабатывающих в неделю несколько миллионов литров молока, затраты на нормализацию по белку вполне оправданы, и базовым (арбитражным) методом определения содержания общего азота/белка остается метод Кьельдаля [188, 196, 212]. Вместе с тем в работе [240] величина коэффициента 6,38 была подвергнута сомнению. Как бы то ни было, ясно, что подобный анализ занимает много времени, и большинство молокозаводов полагаются на спектральный анализ поглощения инфракрасной составляющей [12, 18, 36, 196]. Преимуществом подобного подхода является то, что здесь определяется содержание истинного белка (азота, входящего в состав белка), тогда как относительный метод включает и небелковые азотистые фракции. В связи с этим метод, основан-

Таблица 10.8. **Данные по известным стандартам на химический состав (в г/100 г) йогурта по жирности и СОМО**

Страна	Типы йогурта по жирности				СОМО
	Жирный	Нормальный	Средний	Обезжиренный	
Австралия	–	3,0	0,5–1,5	0,5	–
Аргентина	–	2,8	0,5	0,5	–
Бельгия	–	3,0	1,0–3,0	1.0	8,2
Великобритания	–	3,5	1,0–2,0	0,3	8,5
Германия	10,0	3,5	1,5–1,8	0,3	–
Греция	5–8	5,0	–	–3	–
Дания	–	3,5	1,5–1,8	0,3	–
Израиль	–	3,0	1,5	0,2–0,5	–
Испания	–	2,0	–	–	0,5
Италия	–	3,0	1,5–2,0	1,0	–
Кения	–	2,25	–	1,25	8,5
Кувейт	–	3,0	0,5–3,0	0,5	–
Ливан	–	3,0	–	–	8,2
Люксембург	10,0	–	–	–	9,0
Нидерланды	4,4	2,95–4,4	1,5–1,8	0,5	8,2–12,6
Новая Зеландия	–	3,25	–	2,0	–
по рекомендациям ФАО/ВОЗ	–	3,0	0,5–3,0	0,5	8,2
Португалия	–	3,0	0,5–3,0	0,5	8,2
США	–	3,0–3,8	2,0–2,8	1,0–0,5	8,25–8,3
Финляндия	–	2,5	–	–	–
Франция	–	3,0	–	1,0	–
Швейцария	–	3,0	1,5–2,5	0,5	–
Швеция	–	3,0	–	–	0,5
ЮАР	–	3,3	1,5–2,5	0,1–0,5	8,3–8,6

Данные по [13, 15, 20, 30, 44, 250, 339].

ный на инфракрасном поглощении, может применяться для определения жирности, содержания лактозы и воды (то есть этот метод дает возможность осуществлять точный и быстрый анализ всех важнейших компонентов) [76]. Естественно, необходимо провести калибровку измерительных приборов на анализируемый тип материала, например, на поступающее молоко или йогурт, однако современная техника позволяет анализировать до 360 проб в час.

Другой важный компонент, жир, представляет интерес не только с точки зрения соблюдения действующих нормативов, но и в связи с тем, что:

- многие виды йогуртов с нарушенным сгустком должны иметь пониженное содержание жира, и поэтому важно указать его значение, чтобы не вводить никого в заблуждение;

- молочный жир оказывает большое влияние на ощущение, вызываемое йогуртом во рту, и минимальным значением для производства продукта, приемлемого потребителем, считается содержание жира около 1 г/100 г;
- принято считать, что жирный натуральный йогурт (3,0–3,5 г/100 г), «элитные» фруктовые йогурты (> 4,0 г/100 г) и йогурты «греческого типа» (> 8,0–10 г/100 г) должны иметь высокую жирность, и эти ожидания следует оправдывать.

Что касается определения жирности йогурта, то для обычных производственных анализов применяется известный метод Гербера [84, 225] с использованием молочного бутирометра с 11,3 г йогурта, наиболее точными считаются гравиметрические методы (например, метод Розе–Готлиб (Roese Gottlieb)) [104]. Анализы должны выполняться в натуральном йогурте еще до внесения фруктов, контроль кислотности также лучше проводить в отсутствие наполнителей. Поскольку метод Розе–Готлиб остается методом относительным [19], контроль жирности обычно производится с помощью основанной на рассеивании света фотометрии или с использованием многокомпонентного анализа на базе поглощения инфракрасного излучения [12].

Так как накопление молочной кислоты по окончании коагуляции контролируется главным образом с точки зрения потребительских предпочтений, конечная кислотность продукта, изготовленного в разных странах, может отличаться; она зависит также от типа йогурта. В Нидерландах, например, по местному стандарту йогурт типа «Болгарский» может иметь кислотность до 1,48 г молочной кислоты на 100 г продукта, тогда как другие типы йогурта продаются обычно с кислотностью 1,17 г/100 г [294]. Согласно [208], в розничную продажу должен поступать продукт кислотностью не менее 0,7 г/100 г, и поэтому в технологическом процессе определение кислотности должно занимать подобающее ему место. Хотя с точки зрения питательности продукта важное значение имеет конфигурация молочной кислоты, обычно предполагается, что преобладание D(–) или L(+) изомера определяется прежде всего видом заквасочной культуры (см. также [29]). В случаях, когда характеристики культуры неизвестны, для определения общего содержания молочной кислоты (и затем ее L(+) изомера) можно использовать колориметрические методы [263]; подобный результат можно получить с помощью *HPLC* [298]. Для идентификации L(+) изомера молочной кислоты специально в йогурте можно также использовать ферментный (энзимный) биосенсор [292].

Хотя в такой буферной системе, как йогурт, отсутствует прямая корреляция между титруемой кислотностью и величиной pH [263], очень удобно определять pH электрометрическим способом [169]. Установив единожды взаимосвязь между pH и желаемыми характеристиками того или иного типа йогурта, можно внедрить в обычную практику наблюдение (мониторинг) этой величины в ходе технологического процесса. Тем не менее для более тщательного контроля кислотности готового продукта рекомендуется проводить анализ на титруемую кислотность репрезентативного числа образцов охлажденного йогурта.

Этот анализ является комплексным и включает начальную кислотность молока и ее прирост в результате развития микроорганизмов. Начальная кислотность молока изменяется в довольно узком интервале (при нормализации по СВ), тогда как конечная титруемая кислотность является показателем жизнедеятельности микрофлоры закваски. Проблемы измерения кислотности путем непосредственного титрования рассмотрены в работе [366], и что касается йогурта, то основной подход здесь связан с

методами, применяемыми для анализа цельного молока. При этом известный объем (или масса) натурального йогурта нейтрализуется раствором щелочи. Более подробные данные по некоторым стандартным методам приведены в табл. 10.9, из которой видно, что в разных странах данные существенно различаются. На практике подобные «местные» различия не столь важны, однако для сравнительных целей можно выстроить таблицу наподобие той, что приведена в приложении I.

Эти методы достаточно субъективны, поскольку определения проводятся различными людьми, и поэтому результаты, полученные в разных лабораториях, не всегда сравнимы. Это также означает, что в каждой конкретной лаборатории анализ титруемой кислотности должен выполняться в неких стандартизованных условиях (например, при определенном размещении источника света) и что титрование должно производиться одним и тем же сотрудником. Если эти условия выполнены, то показатель титруемой кислотности становится весьма полезным инструментарием, поскольку позволяет не только получить требуемый конечный результат (с учетом желания потребителя), но и обеспечить оперативный контроль за работой закваски.

Вполне вероятно, что определение других компонентов молока (например, лактозы) в обычном технологическом процессе не столь существенны (доступные методы описаны в работе [284], а содержание сахарозы в молочной основе или в готовом продукте можно определить по [14]). Введение нормативных актов по содержанию наполнителей и красящих веществ означает, что требуется тщательный контроль состава этих ингредиентов (см. табл. 10.10) и/или проведение дополнительных специальных анализов. Так, добавление содержащего крахмал фруктового пюре в йогуртовую основу, уже включающую в себя какой-либо сложный стабилизатор, может привести к превышению верхнего предела по общему содержанию крахмала, установленного в 1 г/100 г, в связи с чем потребуется промежуточный контроль: аналогичный контроль, по крайней мере, время от времени, необходим и для консервантов. На разных предприятиях время проведения и объем подобных анализов сильно варьируются, и перед внедрением тех или иных методов следует обращаться к проверенным источникам — например, [36] или к работе [245].

10.5.2 Контроль физических свойств

Обычно йогурт, поставляемый на рынок, имеет одну из трех типов консистенций — с ненарушенным сгустком (густой), с нарушенным сгустком (перемешаный) и жидкий (питьевой) йогурт, причем у каждого типа совершенно различные физические характеристики. Например, типичную гелевую структуру йогурта с ненарушенным сгустком невозможно спутать с полужидкой консистенцией перемешаного йогурта, однако низкая вязкость некоторых его сортов довольно часто не оставляет потребителю другой возможности, как только их пить. О подобных изменениях внешнего вида продукта, очевидно, можно лишь сожалеть, и хотя порой невозможно избежать ухудшения качества, вопрос получения продукта с требуемой вязкостью остается одним из самых актуальных. На практике каждый производитель каким-то образом приспосабливается к принятому стандарту предприятия по вязкости (или консистенции — в случае йогурта с ненарушенным сгустком) и впоследствии действует в соответствии с этими

Таблица 10.9. **Некоторые методы, применяемые для определения титруемой кислотности исходного или фермеитированного молока**

Объект, показатель	Британский стандарт [85]	Датские нормы	Голландские нормы	По [390]	По [205]	По [36]
Объем (масса) пробы	10 мл	25 мл	10 мл	10 г	10 г	20 мл или г
Разведение	–	–	–	–	–	2 : 1
Фенолфталеин[6]	1 мл	13 капель	0,5 мл	1 капля	–	2 мл
Щелочь[6] (M NaOH 1^{-1})	0,1	0,1	0,1	N/9	0,1	0,1
Окончание титрования	До появления розового цвета (по эталону с сульфатом кобальта (II) или до достижения рекомендуемого окрашивания)	До неисчезающего бледно-красного цвета	Розовый по эталону с фуксином	От светло-розового до интенсивно-розового цвета	Титрование до pH 8,3	До появления интенсивного разового цвета
Выражение результатов	Щелочь (мл) × 10 = г молочной кислоты 100 мл$^{-1}$	Щелочь (мл) × × 4/ 100 мл	1/10 мл щелочи на мл$^{-1}$	Щелочь (мл) 10 = % молочной кислоты или г молочной кислоты 100 г$^{-1}$	Щелочь (мл) × 0,9 10 г = г молочной кислоты 100 г$^{-1}$	Щелочь (мл) × 20 = % молочной кислоты или мл щелочи 100 г$^{-1}$

[а] — по [339], в сокращении; [6] — состав реагентов см. в стандартах.

Примечание. Преобразование градусов по Дориу (°D), Тернеру (°T) или Сокслету-Хенкелю (°SH) в % молочной кислоты см. приложение 1.

Таблица 10.10. **Некоторые предлагаемые или уже существующие нормативы относительно добавления во фруктовый йогурт с нарушенным сгустком (перемешанный) наполнителей немолочного происхождения (в натуральный йогурт с ненарушенным или нарушенным сгустком введение наполнителей обычно не допускается)**

Страна	Стабилизатор	Фрукты	Консерванты	Красители/ароматизаторы
Бельгия	Желатин	–	Сорбиновая кислота и ее соли	Антоциан, карамель, каротиноиды, хлорофилл, кошениль, ксантофил
	Крахмал/модифицированный крахмал[а]			Экстракт ванили, этилванилин
	Пектин			
Дания	Нет	10–15%	Нет	Нет
Франция	–	До 30%	–	Антоциан Е 163, красный краситель Е 162, карамель Е 150, carbo medicinalis vegetalis Е 153, каротиноид Е 160, хлорофилл Е 140, кошениль Е 120, куркумин Е 100, индиготин Е 132, лактофлавин Е 101, ксантофилл Е 161
Греция	Нет	–	Нет	Нет
Италия	–	До 30%	Сорбиновая кислота Е 120	Красители и консерванты, содержащиеся во фруктовой добавке
			Сорбаты натрия, калия и кальция	
Люксембург	Разрешены	До 8%	Сорбиновая кислота и сорбат калия	В качестве стабилизаторов разрешены лишь присутствующие в перечне ЕС
Нидерланды	Разрешены	–	–	разрешены
Португалия	–	–	Сорбиновая кислота и сорбат калия	Каротин Е160[а], биксин Е160[б], кошениль — красители и консерванты, содержащиеся во фруктовых добавках
Великобритания	Крахмал[а]	До 30%	Диоксид серы	
	Пектин		Бензойная кислота	
	Желатин		Метил–4–гидроксибензоат	
	Альгинаты[б]		Этил–4–гидроксибензоат	
	Агар		Пропил–4–гидроксибензоат	
	Пищевые камеди		Сорбиновая кислота	
	Целлюлозы			

[а] — Любое сочетание не должно превышать 1,0%; [б] — любое сочетание не должно превышать 0,5%.
По [23, 335].

нормативами, так что текущий контроль этих физических характеристик становится обычным звеном общей системы контроля качества.

10.5.2.1 Йогурт с ненарушенным сгустком

Существенным признаком йогурта такого типа является его плотная гелевая структура, в связи с чем обращаться с ним следует так, чтобы не нарушить сгусток. При этом для анализа его может использоваться метод падающего шарика (см. [312]), однако более удобен метод с применением пенетрометра [170] (см. рис. 10.3). Стержень и конус подбираются так, чтобы глубина проникновения в готовый для продажи образец продукта не превышала трети его высоты в упаковке. Риск влияния кромки упаковки может быть снижен до минимума путем выбора индентора с диаметром, не превышающим половины диаметра стаканчика. Учитывая эти ограничения, можно без труда выбрать нужное соотношение массы образца и индентора. Форма образца (плоская или конусообразная) также может изменяться, и легко можно анализировать пробы с содержанием СВ 12–16 г/100 г. Кроме того, вес пробы/индентора может меняться в зависимости от температуры продукта (например, для анализа некоторой упаковки при 42 °С непосредственно после сквашивания может применяться более легкий индентор, а для анализа более плотного сгустка, полученного при выдержке йогурта в течение 24 ч при 7 °, — более тяжелый). Эти изменения позволяют различать образцы по плотности геля при заданной температуре, и тот факт, что подобные сравнения возможны при 42 °С, позволяет предсказать консистенцию готового продукта еще до его окончательного охлаждения.

Таким образом, этот способ представляется и надежным, и достаточно гибким, в связи с чем получение йогурта с заданными свойствами становится реальным. Если такая информация необходима в исследовательских целях, то повысить воспроизводимость результатов можно за счет применения компьютерного анализатора структу-

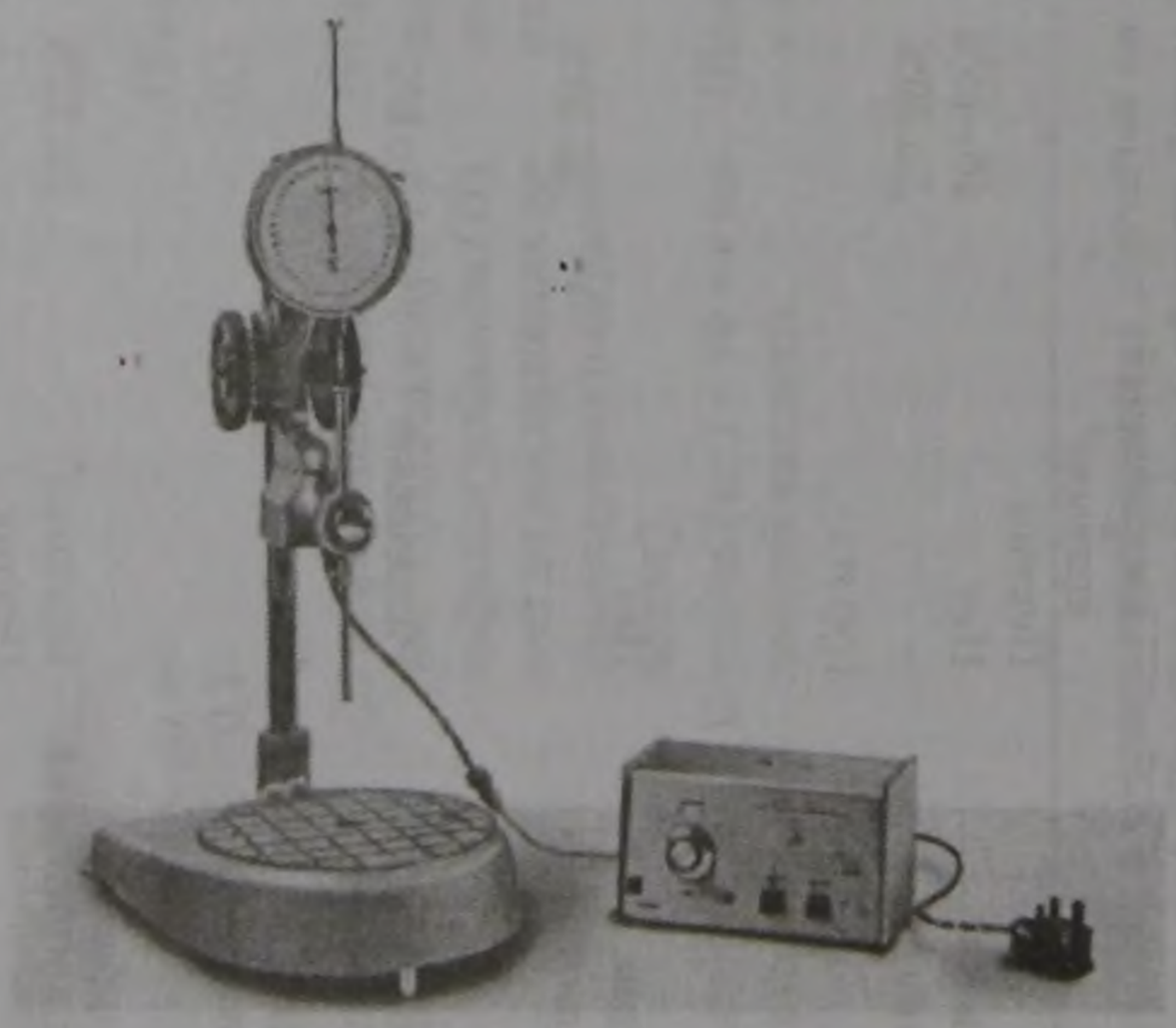


Рис. 10.3. Стандартный пенетрометр для определения консистенции йогурта с ненарушенным сгустком

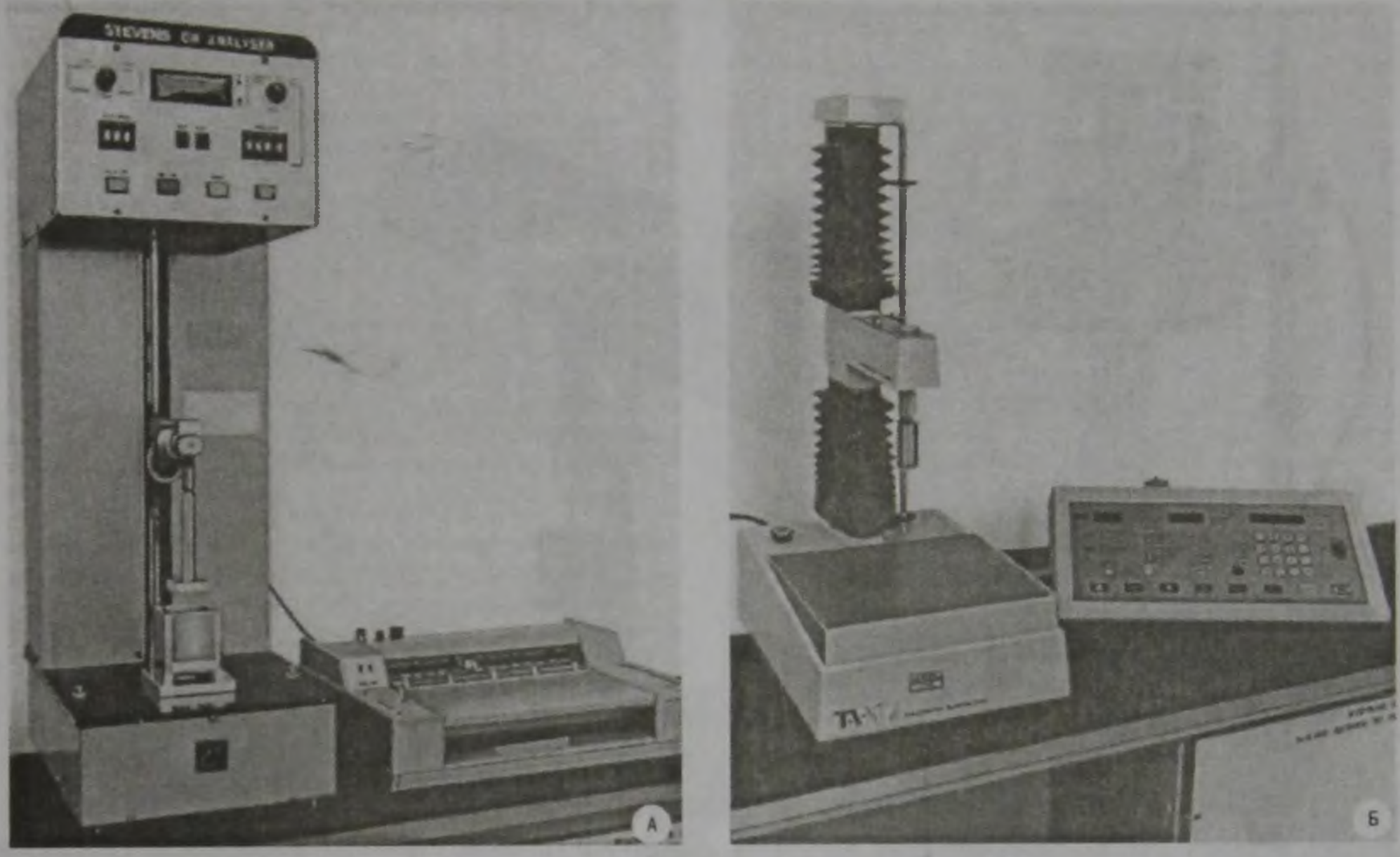


Рис. 10.4. Анализаторы структуры (А — анализатор Стивенса на сжатие, Б — анализатор структуры *TA-XTA*) для определения плотности йогурта

ры (рис. 10.4, А и В) [53, 54, 323, 405]. Другие физические свойства, а также некоторые пороки, например, неоднородная структура (комковатость) обычно определяются с помощью органолептического анализа. Эти вопросы будут рассмотрены ниже.

10.5.5.2 Перемешанный и питьевой йогурты

В работах [323, 367] рассмотрены различные методы измерения вязкости йогуртов с различной степенью текучести, причем выбор метода на практике зависит от предпочтений того или иного работника лаборатории. Поэтому в настоящее время основное внимание уделяется проведению объективных сравнительных исследований отобранных проб или сравнения результатов анализируемой пробы с ожидаемыми показателями, характерными для продукта хорошего качества. Для этого используются различные несложные приемы.

На некоторых небольших предприятиях применяют самые простые приемы анализа, например:

- помещают пробу йогурта на выпуклую сторону столовой ложки и затем слегка наклоняют ее вниз; скорость, с которой йогурт стекает с ложки, отражает его вязкость; тот же прием помогает обнаружить нарушения структуры сгустка;
- вставляют пластмассовую чайную ложку в упаковку готового к продаже йогурта, и если она остается в вертикальном положении, то вязкость продукта считается приемлемой.

Хотя эти приемы довольно субъективны, опытному работнику они многое говорят о качестве получаемого продукта.

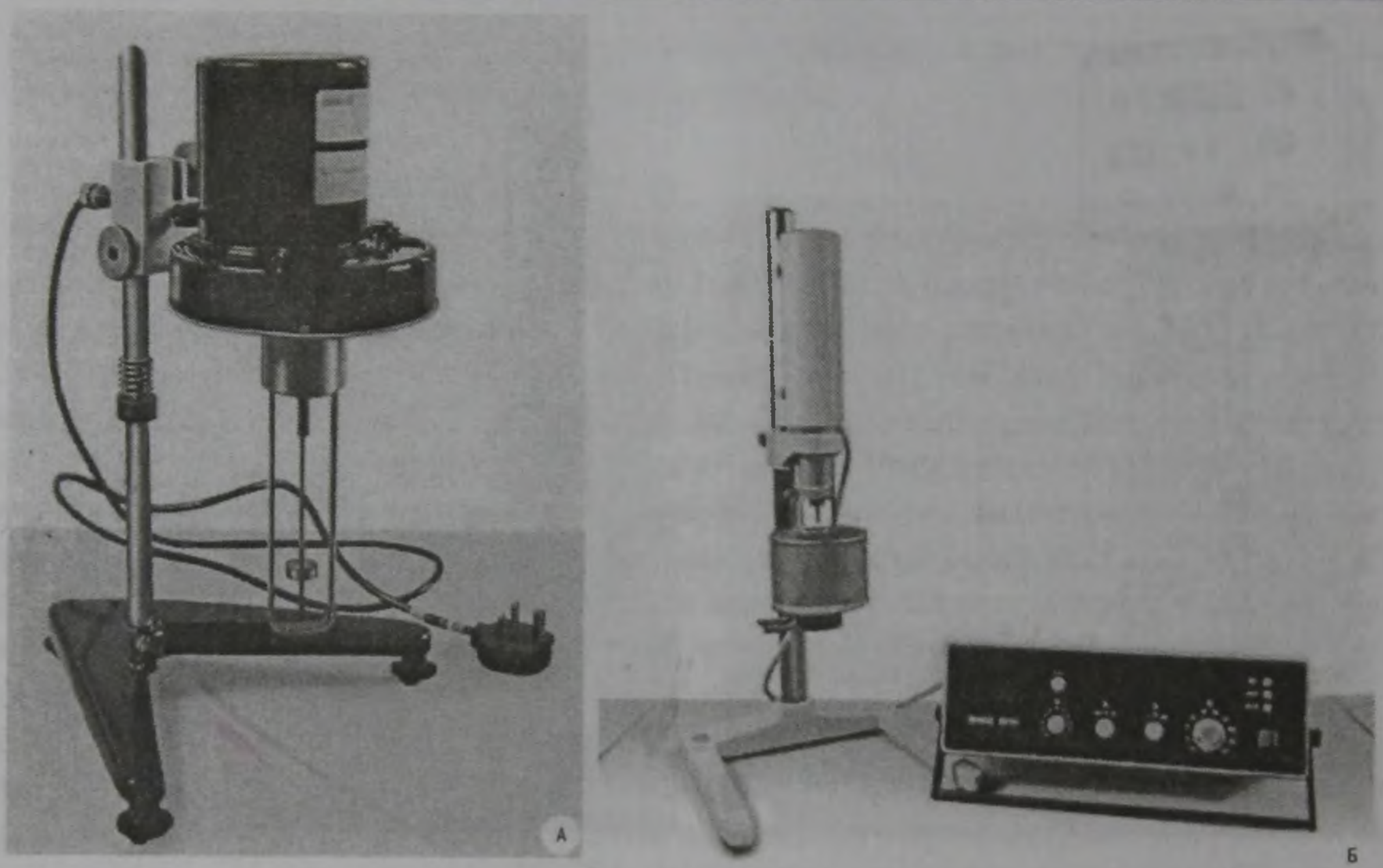


Рис. 10.5. Ротационные вискозиметры (А – вискозиметр Брукфильда, Синхролектрик; В – Гааке), пригодные для сравнения вязкости различных проб перемешаного йогурта

Однако обычно больше полагаются на методы, которые можно воспроизвести, причем количество таких методов довольно велико. Так, в работе [104] описано применение наклонного вращающегося цилиндра, который наклоняется до тех пор, пока из него не начинает вытекать йогурт; угол, необходимый для начала истечения, принимается за меру вязкости продукта. Удобной единицей для сравнения может служить время, необходимое для погружения стандартного металлического шарика в определенный объем йогурта (см. [40, 68]), а также скорость истечения йогурта через воронку с калиброванным размером отверстия (например, в случае воронки Постгумуса вязкость йогурта измеряется временем, необходимым для прохождения «поверхности» образца йогурта от начальной точки до центральной метки) (см. [320]). Аналогичный подход используется в Нидерландах [138], ЮАР [147] и в Швеции [387]. Существуют сторонники измерения вязкости по времени, необходимому для стекания пробы йогурта по наклонной плоскости (с использованием преграды или без нее), а также сторонники применения «гирьки» [178], однако наиболее универсальным способом является применение ротационного вискозиметра (рис. 10.5) или аппарата торсионного принципа действия.

Еще один эмпирический метод измерения реологических свойств перемешаного йогурта известен как измерение при помощи «консистометра Бостwика» (*Bostwick*) (рис. 10.6). Этот прибор представляет собой наклонный (с регулируемым уклоном) прямоугольный лоток из нержавеющей стали, оснащенный отделением со снимающейся дверцей. Он может использоваться непосредственно в цехе, где пробу йогурта помещают в указанное отделение, затем открывают дверцу и по особой шкале измеряют скорость перемещения пробы. При этом йогурт с меньшей вязкостью перемещается быстрее.

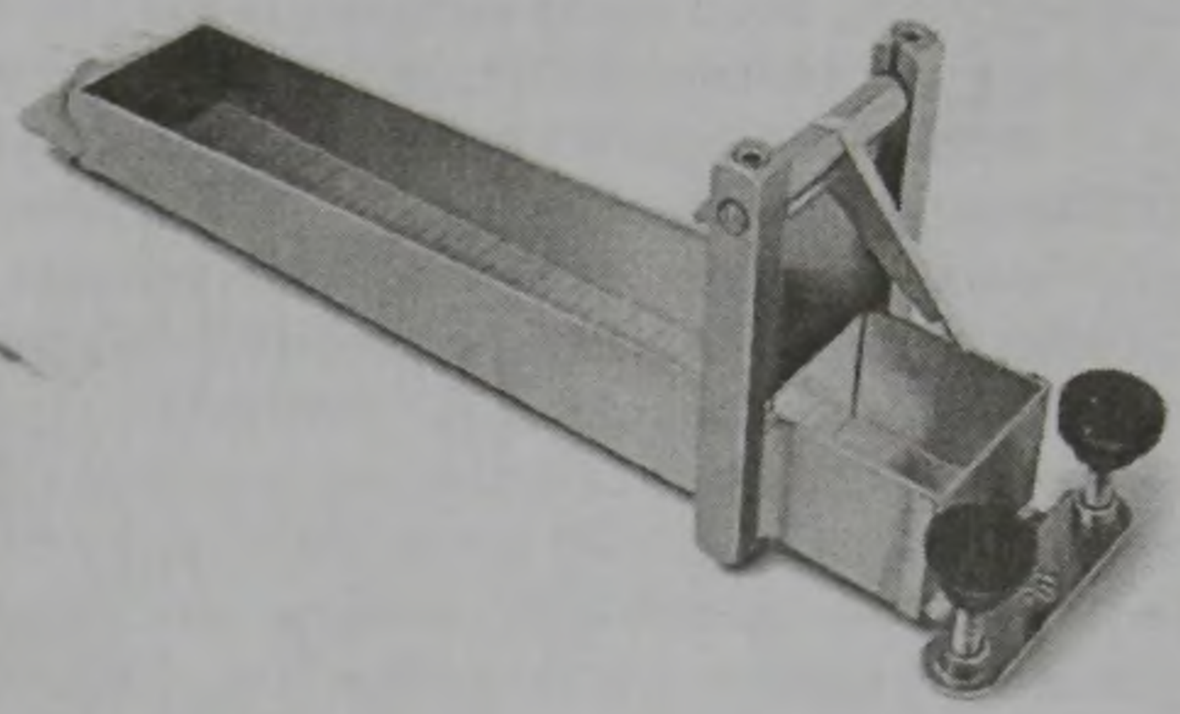


Рис. 10.6. Консистометр Боствика

Проще всего работать с ротационным вискозиметром (типа вискозиметра Брукфильда), и его используют довольно часто. Выбрав тип рабочего органа и скорость его вращения для конкретного продукта, можно успешно сравнивать различные партии продукта. Еще более предпочтительна система Гелипат (*Helipath*), где индентор во время вращения поднимается вертикально вверх, так как в этом случае уменьшается вероятность синерезиса за счет локального нарушения структуры сгустка и связанного с этим занижения показаний [1; см. также 176]. При этом желательно заранее оговорить уменьшение вязкости перемешаного йогурта за тот или иной период времени и физические свойства питьевого йогурта. Для более плотных перемешаных йогуртов (типа лабне или «греческих» йогуртов) было предложено использовать анализаторы структуры Стивенса или приборы, основанные на пробе на сжатие [392, 393], (см. рис. 10.4). Методы контроля при работе с партиями продукта, отличающимися от описанных выше, определяются самим предприятием, однако совершенно ясно, что контроль этих показателей качества необходимо вести постоянно.

Вместе с тем, хотя подобные методы по своей простоте и скорости удовлетворяют основным требованиям текущего контроля качества, некоторые специалисты считают, что получаемые показатели не отражают истинных свойств продукта, поскольку сдвигающий эффект рабочего органа нарушает целостность сгустка. Очевидно, что сама технология перемешанного йогурта предполагает нарушение целостности образовавшегося сгустка, но при этом он подвергается некоторому восстановлению в процессе охлаждения. Поэтому предполагается, что поскольку перемешаный йогурт представляет собой вязкопластичную среду, он обладает рядом свойств, присущих вязким жидкостям, и одновременно свойствами, присущими твердым телам [305]. Поэтому лучше применять осцилляторные методы (основанные на принципе колебания) [347, 384, 408, 417]. Таким образом, йогуртовый гель — это особая структура, состоящая в основном из казеина [108]. Последовательно связанные между собой цепочки белков образуют гетерогенную трехмерную гелевую сетку, удерживающую свободную воду. Любые факторы, влияющие на свойства этой гелевой сетки и меняющие природу и количество белковых взаимодействий, отражаются и на водоудерживающей способ-

ности геля. Известно, что такая гелевая структура включает в себя как ковалентные (тиолодисульфидный обмен), так и нековалентные связи [10, 74, 253, 289, 340, 341]. В работе [109] поясняется, что физические характеристики отдельных гелей определяются прочными (ковалентными) связями, формируемыми при агрегации белковых частиц. Кроме этого, конечная структура получаемого геля зависит также и от количества более слабых, обратимых взаимодействий, возникающих между частицами до формирования прочных связей. В результате реологические свойства геля обусловливаются количественным соотношением между прочными и слабыми связями [108].

Еще одним фактором, влияющим на физические характеристики йогурта, является распределение белок-белковых связей в гелевой сетке [409]. Взаимосвязь между концентрацией белков, распределением белок-белковых связей и реологическими свойствами получающегося в результате геля исследовалась многими специалистами (см., например, [73, 410]). Было выявлено, что в гомогенных гелях все эти компоненты влияют на формирование гелевой сети [341], а в негомогенных средах (таких, как йогурт) наблюдаются плотные белковые «узлы», включающие более одной точки разветвления; влияние белково-белковых связей на пластичность геля уменьшается по мере сокращения количества нагруженных цепочек.

При исследовании консистенции йогурта с ненарушенным сгустком с помощью пенетрометра или анализатора структуры или вязкости перемешаного йогурта с применением одного из указанных ранее способов (см. [304]), наблюдается нарушение целостности внутренней структуры сгустка (разрыв цепочки казеиновых мицелл, формирующих трехмерную сетку, которая удерживает жидкую фазу [175]). Тем не менее при анализе подобной структуры с помощью специального реометра с регулируемой нагрузкой можно с минимальным воздействием на внутреннюю структуру продукта определить два параметра, характеризующие вязкость и пластичность данного геля.

Реометр «Реотех» (*Rheotech*) с регулируемой нагрузкой (рис. 10.7) представляет собой типичный пример прибора, используемого для динамических измерений, где осциллирующая поверхность образована параллельной пластиной диаметром 20 мм. Зазор между ней и стационарной поверхностью может изменяться, однако для мягких йогуртовых гелей обычно применяется зазор в 10 мм. На практике частота и амплитуда синусоидальных волн, генерируемых передвижной пластиной, устанавливается в зависимости от исследуемого продукта таким образом, чтобы показания прибора попадали в так называемую зону линейной вязкоэластичности [130]. В этой зоне при приложенной нагрузке, достаточной для разрушения материала, как модули сдвига, так и граничные участки не зависят от растяжения и сжатия. Для йогурта типичны следующие условия:

- йогурт с ненарушенным сгустком: частота 0,25 Гц; амплитуда 0,015 мНм (минимум), 0,15 мНм (максимум);
- перемешанный йогурт: частота 0,25 Гц; амплитуда 0,008 мНм (минимум), 0,08 мНм (максимум); все измерения производятся при температуре 25 °С.

После установки параметров можно измерить модуль мгновенной упругости (G'). Этот показатель отражает накопленную в материале энергию, образованную преобразованием структуры во время деформации — твердые тела стремятся восстановить исходное состояние после снятия нагрузки, и поэтому показатель отражает эластич-

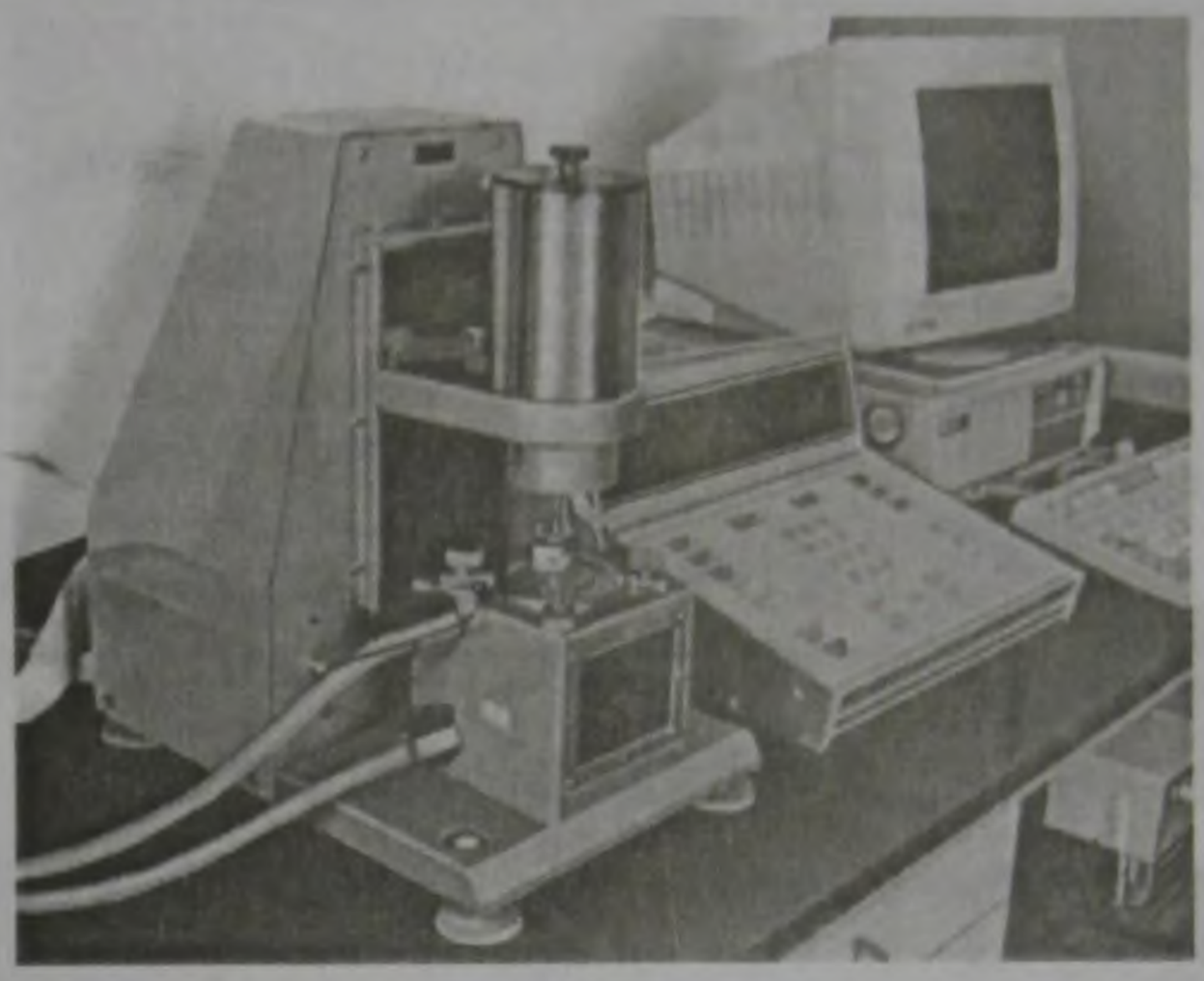


Рис. 10.7. Общий вид присоединенного к компьютеру реометра для проведения исследований структуры йогурта

ные характеристики продукта. После этого можно определить модуль , который отражает величину энергии, потерянной в течение цикла деформации, и может служить характеристикой вязкостных свойств данного материала. Считается, что подобные измерения должны давать точную картину структуры геля [270].

Ниже приведен пример применения этого способа для анализа структуры концентрированного йогурта (23 г СВ/100 г), полученного по традиционной технологии (с добавлением СОМ), с применением ультрафильтрации (см. [392, 393]) и обратного осмоса. Содержание белков (в г/100 г) в данном продукте при традиционном процессе составляло 8,00, при ультрафильтрации — 8,13 и обратном осмосе — 6,38. Поскольку повышенное содержание белка ведет к увеличению вероятности взаимодействий между его частицами и, соответственно, количества белок-белковых связей, то должны в большей степени проявляться эластичные свойства геля (G') и, как показано на рис. 10.8, у проб, полученных традиционным способом и ультрафильтрацией, наблюдаются более высокие значения этого показателя. Более высокий уровень содержания белков делает подобные гели менее устойчивыми к разрушению при увеличении амплитуды. Почему у продуктов, получаемых традиционным способом, наблюдается увеличение эластичных свойств, до сих пор не известно, но можно предположить, что замедленный дренаж под воздействием силы тяготения как-то воздействует на белково-белковые взаимодействия.

Увеличение концентрации белка вызывает увеличение пространства, занимаемого белковой сеткой, и вследствие этого — ограничение мобильности свободной воды, в связи с чем можно ожидать более высоких значений компонента вязкости (G'') (рис. 10.9). Можно также отметить, что во всем измеряемом диапазоне значения модуля G' (модуль мгновенной упругости, или просто модуль упругости) выше, чем модуля G'' (модуль потерь, связанный с диссипацией энергии в материале). Это подтверждает мнение, высказанное в многочисленных работах, о том, что йогурт можно отнести к вязкоэластичным системам. Можно также предположить, что более прочные белко-

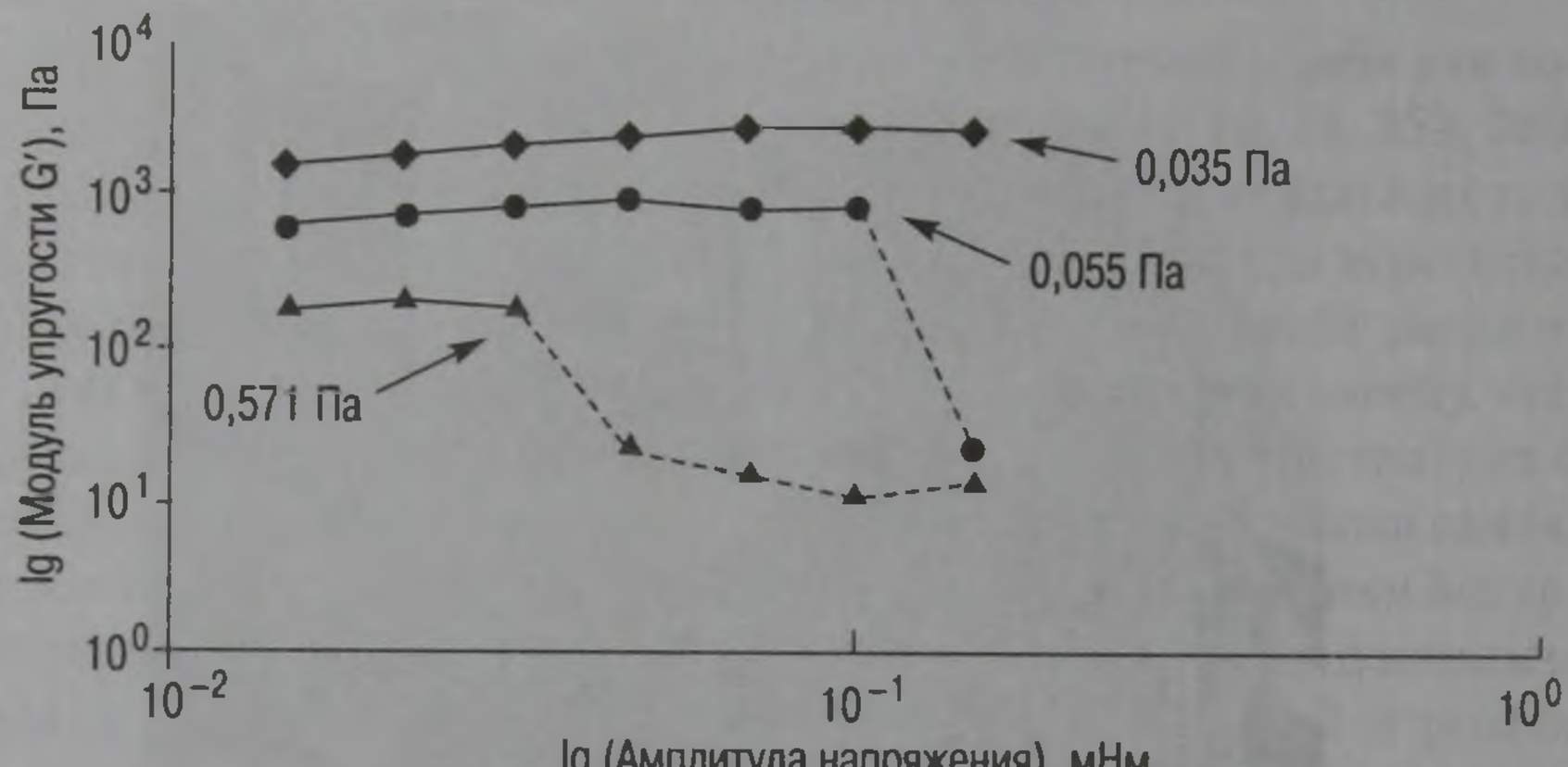


Рис. 10.8. Модули упругости проб йогурта, концентрированных традиционным способом (◆), ультрафильтрацией (●) и методом обратного осмоса (▲) до 23 г СВ на 100 г; точки показывают смещение под нагрузкой, а стрелки — участок, на котором наблюдается структурное разрушение.
По [304].

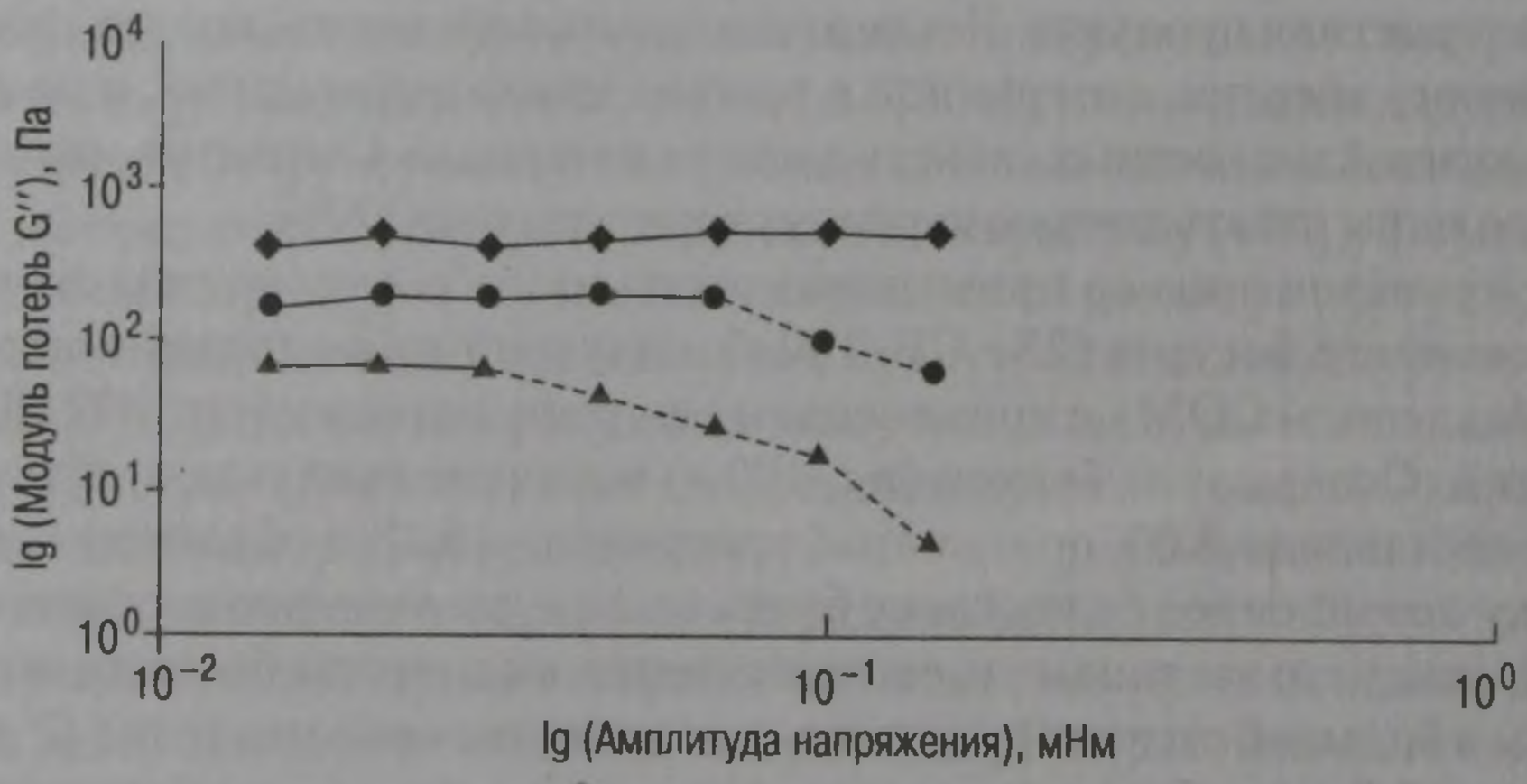


Рис. 10.9. Модули потерь у проб йогурта, концентрированных традиционным способом (◆), ультрафильтрацией (●) и методом обратного осмоса (▲) до 23 г СВ на 100 г
По [304].

вые связи обусловливают эластичность вязкоэластичных гелей, тогда как модуль G'' отражает количество и/или распределение слабых связей. Похоже, и количество, и распределение белковых связей в сетке геля зависит от содержания белка [305]. В то время как характер изменения модулей как функции амплитуды идентичен; величина их отношения ($G'' / G' = \text{tg}\,\delta$) существенно различается для разных видов йогурта, особенно при больших амплитудах (рис. 10.10). Это дает основания предположить, что природа сил взаимодействия особым образом зависит от анализируемых переменных; отношение G'' / G' (так называемый тангенс потерь) свидетельствует о природе этих сил взаимодействия в геле [130], либо о методах, использовавшихся для повышения СВ в молоке (обогащение сухим обезжиренным молоком [60] или использование УФ-ретентата), либо о жирности молочной основы [261]. Тем не менее, как

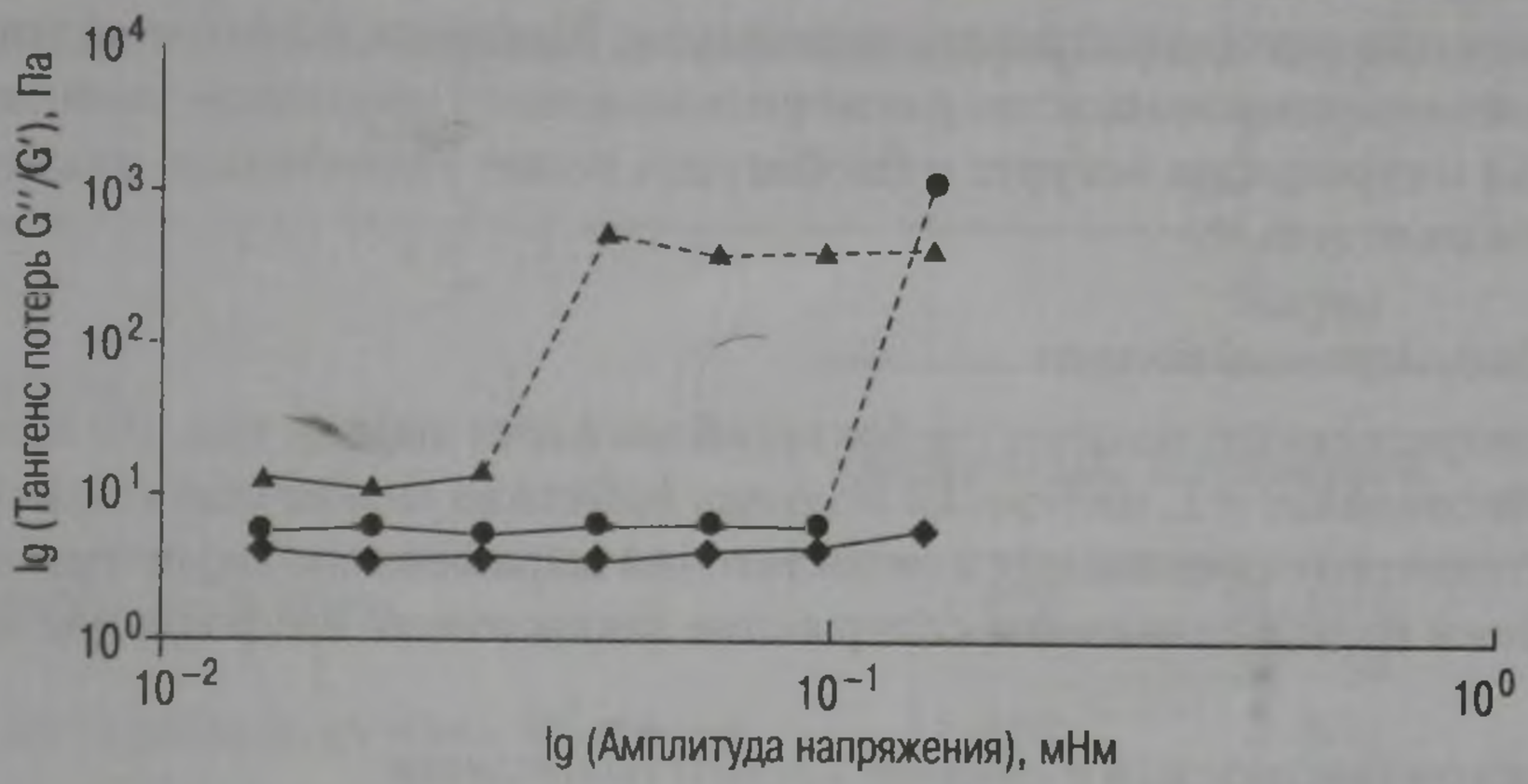


Рис. 10.10. Тангенс потерь ($G'' / G' = \text{tg}\,\delta$) образцов йогурта, сконцентрированного традиционным методом (тканевый мешок) (◆), ультрафильтрацией (●) и методом обратного осмоса (▲) до 20 г СВ/100 г
По [304].

уже было показано в главе 2, на реологические свойства йогурта могут влиять и условия производства. В ходе некоторых исследований было выявлено, что

- на скорость сдвига и ее зависимость от времени влияют как присутствие пектина, так и клубничного (земляничного) концентрата [51, 90, 325, 326];
- тепловая обработка молочной основы влияет на прочность геля [143, 308, 309, 361];
- реологические свойства йогурта, приготовленного с использованием культур, не образующих экзополисахариды, или йогуртов с NaCl, сахарозой или сорбитолом подробно описаны в работах [171, 172 и 251] соответственно.

Все эти исследования реологических свойств йогурта производились после его расфасовки, тогда как в работах [110, 315] описаны способы измерения характеристик геля и непрерывного контроля формирования молочного геля непосредственно в процессе производства. При этом для контроля использовался инверсивный фотоэлектрический метод, позволяющий измерять теплоотдачу или коэффициент пенетрации. Судя по полученным результатам, можно предположить, что степень чувствительности этого метода зависит от соотношения жир : вода [57].

И действительно, исследование реологических свойств в динамике показывает различия характеристик йогуртов с нарушенным сгустком, которые невозможно выявить при использовании разрушающих методов контроля, в частности вискозиметров [177, 306, 329, 342–346, 379–381, 395]. К недостаткам подобного подхода можно отнести то, что соответствующее оборудование (см. рис. 10.7) стоит довольно дорого (особенно по сравнению со стоимостью вискозиметра) и что выполнение таких измерений требует определенных технических навыков. В связи с этим в повседневной практике контроля качества такие системы вряд ли найдут широкое применение.

10.5.3 Микробиологический контроль

Микробиологический контроль конечного продукта включает определение содержания количества жизнеспособных клеток заквасочной микрофлоры, а также наличия

посторонних или патогенных микроорганизмов. Контроль патогенной микрофлоры осуществляется при производстве различных молочных продуктов, но поскольку специфическая микрофлора йогурта и биойогурта может значительно различаться, мы рассмотрим их отдельно.

10.5.3.1 Стандартный йогурт

Интерес к определению количества бактерий закваски вызван тем, что низкое содержание *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* может стать причиной чрезмерно длительного сквашивания и недостаточно выраженного характерного аромата. В то же время излишне высокое содержание заквасочной микрофлоры может вызвать:

- слишком быстрое или излишнее кислотонакопление;
- синерезис в йогуртах с ненарушенным сгустком;
- несбалансированность ароматических компонентов;
- порчу продукта вследствие продолжающегося накопления кислоты в процессе хранения (даже при низких температурах).

Кроме этого, Комитетом ФАО/ВОЗ оговорено, что «йогурт должен содержать живые микроорганизмы закваски в достаточном количестве» [128], и какой бы ни была бы интерпретация этого положения, существует общее соглашение, что в йогурте должны содержаться жизнеспособные бактерии — за исключением тех случаев, когда прямо указывается, что йогурт пастеризован или подвергнут термообработке (см. также [209]). Во многих странах настаивают на том, что термин «йогурт» должен использоваться лишь применительно к молоку, ферментированному только бактериями *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* [23, 69], и вопрос о том, можно ли применять понятие «йогурт» (само по себе или с каким-либо определением) к продукту, не содержащему *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*, до сих пор является дискуссионным. С исторической точки зрения все это имеет определенный смысл, однако четкое соблюдение этого правила оказывается довольно затруднительным. Например, в табл. 10.11 приведены некоторые типичные показатели наличия микроорганизмов закваски в поступающем в продажу йогурте, которые подтверждаются самыми разными сообщениями [160, 334, 377]. Однако при этом встает вопрос, должен ли йогурт соответствовать приведенным показателям или все-таки наличие в 1 мл нескольких клеток *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* уже будет достаточным.

Методы, применяющиеся для контроля наличия микрофлоры закваски в нормальном йогурте, уже обсуждались в различных разделах (см., например, раздел 10.4.3 «Заквасочные культуры для стандартного йогурта»), и возможные ожидаемые результаты приведены в табл. 10.11.

Эти довольно широкие вариации являются отражением отличий как между видами бактерий, так и между отдельными порциями продукта, однако предложенных в [105] стандартных показателей для йогурта удовлетворительного качества достичь не так трудно. Естественно, при этом не предполагается, что неудовлетворительные результаты подсчета являются поводом для беспокойства, но в то же время все свидетельствует о том, что кислото- и ароматообразование может считаться удовлетворительным при значениях 10×10^6 кое/мл. Значения такого порядка считаются явным

Таблица 10.11. **Содержание заквасочной микрофлоры в йогурте из торговой сети и по предлагаемым стандартам**

Микроорганизм	Йогурт		
	натуральный	клубничный	черносмородиновый
S. thermophilus × 10^6 кое/мл	10–820	35–1100 54–250	90–1850
L. delbrueckii подвида *bulgaricus* × 10^6 кое/мл	11–680	5–360 < 1–150	5–400

Предлагаемые (рекомендуемые) стандарты

	Удовлетворительно	Сомнительно	Неудовлетворительно
S. thermophilus × 10^6 кое/мл	> 100	100–10	< 10
L. delbrueckii подвида *bulgaricus* × 10^6 кое/мл	> 100	100–10	< 10
Коли-формы (кое/мл)	< 1	1–10	> 10
Дрожжи (кое/мл)	< 10	10–100	> 100
Плесени (кое/мл)	< 1	1–10	> 10

По [35, 107].

свидетельством надлежащих органолептических свойств йогурта. С другой стороны, тенденция к избыточно высоким значениям может привести к возникновению проблем в дальнейшем, особенно если имеются нарушения в системе охлаждения; жалобы потребителей на излишне кислый йогурт могут быть следствием недостаточного контроля за продуцированием кислоты бактериями *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*.

Контроль йогурта на загрязненность его посторонними микроорганизмами заключается, как было показано выше, в охране потребителя от действия любых патогенных микроорганизмов и обеспечении защиты продукта от микробиальной порчи в процессе хранения [383]. Значение этих моментов для каждого предприятия невозможно переоценить — помимо того, что у компаний имеются моральные обязательства перед потребителями, наличие в готовом продукте вредных микроорганизмов может причинить фирме огромный материальный ущерб, и поэтому микробиологическому контролю на предприятии должно уделяться первостепенное внимание. Ускоренная оценка общего числа молочнокислых бактерий в йогурте может быть получена с помощью метода, основанного на измерении его электропроводности [421].

Что касается патогенных микроорганизмов, йогурт с кислотностью около 1 г молочной кислоты на 100 г продукта является для них не слишком благоприятной средой, и такие опасные бактерии, как *Salmonella spp.* и *Listeria monocytogenes*, развиваться в нем не могут [179]. Известны данные о выживаемости *L. monocytogenes* в лабне с pH 4,5 [150], однако даже в жестких условиях эксперимента количество этих бактерий в течение суток (то есть задолго до того, как продукт попадает к потребителю) быстро

уменьшалось. В работах [356-358] было отмечено, что рост *L. monocytogenes* в ходе ферментации тормозится, однако в работах [93, 243, 275, 333, 423] было высказано предположение, что существенную роль при этом играет конечный pH продукта, а также конкретный штамм *L. monocytogenes* (см. также [3, 155, 378]). Кроме этого, методы бактериологического контроля для выявления в молоке и молочных продуктах посторонних и патогенных микроорганизмов изложены в материалах Международной молочной федерации [204, 215, 219].

Коли-формы также инактивируются при низком pH [129]; кроме того, некоторые виды микроорганизмов могут быть чувствительны к антибиотикам, продуцируемым микроорганизмами закваски (см. главу 7). Чувствительность *Campilobacter spp.* к кислоте предполагает, что вредные микроорганизмы при нормальной ферментации не выживают [100, 230, 401], однако вопрос о выживаемости в йогурте *Staphilococcus spp.* и, в частности, коагулазоположительных штаммов [277] до сих пор является дискуссионным [6, 38]. В настоящее время в Великобритании нет данных о стафилококковых пищевых отравлениях вследствие потребления йогуртов [146, 242]; в работе [42] показано, что вирулентный штамм *Staphylococcus aureus* ингибируется в ходе ферментации закваской, включающей как йогуртовые культуры, так и *L. acidophilus*. В связи с этим контроля йогурта на стафилококки обычно не требуется (см. табл. 10.11), и в качестве показателя санитарно-гигиенического состояния предприятия более информативна проверка свежего йогурта на коли-формы.

Тем не менее эти общие данные следует воспринимать с достаточной степенью осторожности, поскольку в некоторых новых работах потребление йогурта связывается с ростом *Eschericia coli* 0157 [287; см. также 247, 273, 331]. Не следует забывать, что низкая активность культур закваски и/или повторное загрязнение после тепловой обработки могут привести к появлению проблем даже с этим традиционно безопасным продуктом [8, 182]. Это высказывание нашло свое подтверждение в последних работах относительно так называемых «чрезвычайно» патогенных микроорганизмов — *Yersinia enterocolitica* и *Aeromonas hydrophila*, выживаемость которых в йогурте или биойогурте четко коррелирует с уровнем кислотности [4, 45, 46, 117, 118, 269, 302, 303]; аналогичным образом ведет себя в йогурте *Bacillus cereus* [382, 388, 416]. Следует отметить, что в настоящее время широко изучается поведение заквасок с антибактериальными свойствами по отношению к патогенным микроорганизмам, и для дальнейшего изучения можно рекомендовать следующую литературу: [11, 47, 58, 59, 64, 114, 276, 285, 286, 322, 420].

Необходимость соблюдать особую осторожность вызывается также возможным присутствием в ореховом йогурте *Clostridium botulinum* [95, 299], но еще более важным может оказаться тот факт, что *Salmonella typhimurium* приспосабливается к высокой кислотности, о чем говорится в работе [258] (см. также [180, 293]). Естественно, между адаптацией к pH выше 5,0 и адаптацией к pH йогурта 4,0–4,2 существует различие, однако при производстве некоторых видов йогурта с активной кислотностью около 4,6 этот момент необходимо держать под контролем.

Более значимым с точки зрения производителя является контроль на наличие дрожжей и плесневых грибов, поскольку эти микроорганизмы способны испортить йогурт еще до истечения срока хранения. Многие грибы могут реагировать на низкие значения кислотности, и при наличии в качестве источника энергии сахарозы и/или

лактозы может быстро проявиться их нежелательный рост. Особое внимание следует уделять дрожжам, сбраживающим лактозу, таким, как *K. marxianus var marxianus* и *K. marxianus var lactis*, или более распространенных видов — *Saccharomyces cerevisiae* или *Torulopsis candida* [132, 133, 237; см. также 148]. Во избежание развития дрожжей в готовой упаковке (зачастую проявляющегося во вспучивании крышки или нарушении целостности стаканчика [19, 135]) предложено считать [107], что поступающий в реализацию йогурт должен содержать <100 жизнеспособных клеток в 1 мл. Количество клеток свыше $1{,}0 \times 10^3$ кое/мл уже представляет серьезный риск, так как даже если образование газа и появление несвойственного продукту запаха может не проявляться до значений $1{,}0 \times 10^5$ кое/мл, подобные количества легко достигаются в течение 2–3 недель хранения [234, 236]. Об ускоренном методе выявления одной дрожжевой клетки в единице упаковки пастеризованного молочного продукта (в течение 24 ч) сообщается в [158].

Плесени в целом склонны развиваться медленнее дрожжей, и хотя некоторые разновидности рода *Aspergillus* могут образовывать в сгустке колонии, похожие на пуговицы, для развития и спорообразования большинства грибов требуется кислород. В связи с этим плесени обнаруживаются визуально лишь в упаковках йогурта с ненарушенным сгустком, поступающих в продажу, в то время как поверхность йогурта с нарушенным сгустком редко когда остается неподвижной. Тем не менее иногда проблемы могут вызывать клетки видов *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium* и *Alnernaria*, и почти незаметный поверхностный рост мицелия может привести к появлению жалоб потребителей [140]. Учитывая этот факт, наличие плесеней в готовом продукте в количестве до 10 кое/мл считается уже показателем сомнительного качества йогурта [107].

В работе [235] сообщается, что некоторые штаммы *Aspergillus flavus*, выделенные из готового йогурта, оказались способными к выделению афлатоксинов. Несмотря на то, что содержание сахарозы во фруктовом йогурте достаточно для поддержания продуцирования афлатоксинов [5], авторы этой работы считают, что образования афлатоксинов в йогурте не происходит. Иногда афлатоксин M_1 содержится в молоке, поступающем для производства йогурта, но в зависимости от кислотности продукта его количество снижается в процессе ферментации [52, 116, 120, 141, 151, 152, 173, 241, 328, 365, 415]. Последние итальянские исследования, однако, показали наличие афлотоксина M_1 в 80% проб йогурта ($n = 91$), в количестве от < 1 до 497 нг/л, но лишь в двух пробах этот уровень превышал допустимый в Швейцарии предел (> 50 нг/л) [139].

В свое время основным источником заражения плесневыми грибами были фрукты [134], но поскольку в настоящее время все они подвергаются термообработке до момента потребления, инфицирование по этому пути следует исключить. Труднее выявить споры грибов и дрожжевые клетки, переносимые по воздуху, особенно в определенное время года, и при недостаточном соблюдении гигиены на предприятии обычно выявляется высокое количество дрожжей и плесеней, что свидетельствует о загрязненности атмосферного воздуха. Неожиданно большое количество дрожжевых клеток, выделенных из йогурта в работах [389, 399], может быть объяснено именно этим, и в данном случае приоритетным является защита участка фасования продукта. Постоянный контроль воздуха в производственном помещении помогает отследить возможное инфицирование из воздуха [262], а выборочный контроль готового продукта с использованием специальных сред (например, суслового агара [75], хлорамфеникол-

ного агара (дрожжи) [197] и т. д.) — предупредить появление нежелательных проблем. Для обнаружения в йогурте невысокого содержания дрожжевых клеток можно также использовать измерение импеданса [67, 246, 313, 364] и метод с применением эпифлюоресцентного фильтра (*DEFT*), который с успехом был использован в исследованиях [348] и [279]. В 1994 г. в работе [407] для подсчета в йогурте дрожжевых клеток и плесневых грибов был рекомендован метод *Petrifilm*T, для чего может использоваться также система мембранной фильтрации *ISO-GRID* на агаре YM-11 [124, 350].

На практике любая дрожжевая инфекция рассматривается как недопустимая, и устранение ее источника становится одним из важнейших приоритетов. Иногда его выявление может потребовать идентификации доминирующих дрожжевых микроорганизмов, и в качестве источника информации здесь хорошо себя зарекомендовали классические руководства [248] и [50]. Следует отметить, что традиционные таксономические методы требуют слишком много времени, и в последнее время были разработаны ускоренные методы, основанные на олигонуклеотидных пробах или полимеразной цепной реакции (ПЦР) [229].

Итак, понятно, что йогурт, приготовленный надлежащим образом, не доставляет производителю особых хлопот в части обеспечения требуемых микробиологических показателей. Тем не менее небольшие предприятия должны стремиться к соблюдению стандартов качества, принятых у основных производителей [391].

10.5.3.2 Био-йогурты

Все йогурты этой группы, обозначаемые как «био-» или «B/A», должны содержать большое количество микроорганизмов, классифицируемых как «полезные для здоровья». Это *L. acidophilus, Bifidobacterium spp.* или аналогичные (большое количество означает «выше терапевтического минимума», см. выше). Однако лишь немногие готовые продукты такого типа содержат только *L. acidophilus* и/или *Bifidobacterium*, так что любая система контроля качества должна быть способна учитывать и наличие *S. thermophilus*, а также, возможно *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Набор сред, используемых для анализа биойогуртов на наличие в ферментированном молоке только *L. acidophilus* или в совокупности с другими микроорганизмами, а также их селективность приведены в табл. 10.12 (см. также [103, 254, 259, 281]).

Выбор той или иной среды, как известно, зависит от личных предпочтений оператора — независимо от того, должна ли среда давать возможность автоматического подсчета колоний, дифференциацию тех или иных видов в одной чашке, так как в любой среде эти реакции обычно зависят от морфологических особенностей микрорганизмов. Некоторые среды, например TPPYPB, хороши для дифференциации микрофлоры нормального йогурта, давая дополнительное преимущество в виде возможности определить на одной среде количество заквасочной микрофлоры для йогурта, бифидобактерий и *L. acidophilus* [145]. Так, колонии *S. thermophilus* выглядят в агаре RCPB как небольшие голубоватые колонии с узкими синими зонами, тогда как *Bifidobacterium spp.* образует колонии белого цвета. *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus* образуют небольшие белые блестящие колонии, окруженные широким голубым ореолом, а *L. acidophilus* легко различимы в виде крупных бледно-голубых колоний, окруженных широким голубым ореолом. Аналогичная схема с использованием RCPB агара была предложена в работе [349]. Следует особо отметить, что указанные различия между

колониями могут оказаться довольно важными и что среды, приведенные в табл. 10.5 и 10.7, могут изменяться и модифицироваться.

Хотя *Bifidobacterium spp.* интересны сами по себе, следует учитывать, что в некоторых средах прекрасно растут микроорганизмы человеческого происхождения (см. табл. 10.13). Тем не менее в присутствии других молочнокислых бактерий следует использовать особые активные вещества, причем их выбор и уровень может существенно повлиять на результаты. Так, в табл. 10.14 показано, что на кровяном агаре с добавкой сульфата неомицина, сульфата парамомицина, налидиксовой кислоты и хлорида лития (NPNL) хорошо растет лишь *Bifidobacterium bifidum*. Аналогичный контраст в росте отдельных микроорганизмов наблюдался в модифицированном рогозном агаре с добавкой NPNL в количестве 50 мл/л, а также у агара TPY. Успешный рост обоих подвидов *Bifidobacterium* отмечается в присутствии хлорида лития/пропионата натрия, однако, к сожалению, на той же среде растут и мезофильные, и другие термофильные молочнокислые бактерии. Поэтому наиболее предпочтительным решением является использование агара TPY с 20 мл NPNL, что дает хорошие результаты отно-

Таблица 10.12. **Некоторые среды для подсчета *L. acidophilus* и других «полезных для здоровья» лактобактерий, выращиваемых в молоке как отдельно, так и в присутствии других молочнокислых бактерий**

Среда	Избирательность (Подвид микроорганизмов)	Примечание
Для выращивания только *L. acidophilus*		
MRS агар	*L. acidophilus*	Не селективен
Томатный агар	*L. acidophilus*	Не селективен
Для выращивания *L. acidophilus* в присутствии *Leuconostoc* или *Lactococcus spp.*		
Эскулин-целлобиозный агар	*L. acidophilus*	Селективность среды обусловлена способностью *L. acidophilus* гидролизовывать эскулин и ферментировать целлобиозу при 40 °C
X-Glu Агар (с глюказой)	*L. acidophilus*	У мезофилов недостаточно фермента β-D-глюкозидазы, служащего основой для цветной реакции *L. acidophilus*.
Для выращивания *L. acidophilus* в присутствии термофильных молочнокислых бактерий		
MRS- агар с желчью	*L. acidophilus*	Соли желчи ингибируют йогуртовые культуры, а аэробная инкубация ограничивает рост бифидобактерий
TGV агар	Не селективен	Колонии различаются по цвету и морфологии
LA агар	Не селективен	Колонии различаются по цвету и морфологии
TPPYPB агар	Не селективен	Колонии различаются по цвету и морфологии

Примечание. Данные среды для подсчета *L. reuteri* или *L. rhamnosus* могут требовать модификации; некоторые виды бифидобактерий могут перерабатывать целлобиозу.
По [145 и 216].

сительно *B. bifidum* и *Bifidobacterium adolescentis* и в то же время препятствует росту других культур.

Вместе с тем необходимость контроля любой предлагаемой среды на штаммы, применяемые на том или ином молокозаводе, еще более акцентируется тем фактом, что хотя виды *Lactococcus* (NCDO 276) растут на агаре TPY с 20 мл/л NPNL, *Lactococcus* (NCDO 763) ингибируются; аналогичное поведение наблюдается также и у штаммов *S. thermophilus* и *L. delbrueckii* подвида *bulgaricus*. Хотя морфология и цвет колонии микроорганизмов не приводит к путанице, важно отметить, что контроль под микроскопом на типичные колонии может оказаться недостаточным. Так, если клетки бифидобактерий обычно имеют форму Y или «косточки» (в зависимости от подвида, см. [394]), при некоторых условиях выращивания они могут становиться коккообразными [351]. Следовательно, наблюдение грамположительных кокков в некоторой колонии, выращенной в якобы селективной среде, может быть вызвано наличием как нормальных *S. thermophilus*, так и видоизмененных видов *Bifidobacterium*; форма и размер клеток здесь мало в чем могут помочь. Стоит, однако, упомянуть, что изменения в строении клеток имеют тенденцию наблюдаться в нескольких поколениях, и истин-

Таблица 10.13. **Некоторые среды, которые можно применять для подсчета *Bifidobacterim spp.*, выращиваемых в молоке как отдельно, так и в присутствии молочнокислых бактерий в анаэробных условиях при 37 °С**

Среда (агар)	Добавка	Реакция *Bifidobacterium spp.*
Кровяной агар	–	Прекрасный рост
Модифицированный рогозный	–	Прекрасный рост
Де Мэн рогозный	–	Ограниченный рост
Томатный сок	–	Прекрасный рост
Триптиказо-фитоново-дрожжевой	–	Прекрасный рост
Хлорид лития/натрия пропионат	–	Прекрасный рост[а]
АМС[е]	–	Определена для *Bifidobactrerium longum*
Кровяной	NPNL[в]	Хороший рост/селективность[б]
Модифицированный рогозный	NPNL	Хороший рост/селективность
Модифицированный рогозный	PPNL[г]	Прекрасный рост/селективность
Триптиказо-фитоново-дрожжевой	NNL[д]	Прекрасный рост

[а] Данное средство может НЕ обладать селективностью относительно некоторых цепочек сырных и йогуртовых заквасочных культур.

[б] Развитие *Bifidobacterium spp.* зависит от подвидов, цепочек этих подвидов и концентрации NPNL.

[в] NPNL (мг/100 мл базового раствора): сульфат неомицина (10), сульфат парамомицина (20), налидиксовая кислота (1,5), лития хлорид (300) с доливом дополнительно 2-5 мл базового раствора на 100 мл среды.

[г] PPNL (мг/100 мл базового раствора): натрия пропионат (6000), сульфат парамомицина (200), сульфат неомицина (800), лития хлорид (12000) с доливом дополнительно 5 мл базового раствора на 100 мл среды.

[д] NNL (мг/100 мл базового раствора): сульфат неомицина (800), налидиксовая кислота (30), лития хлорид (6000) с доливом дополнительно 5 мл базового раствора на 100 мл среды.

[е] АМС по [39].

По [39, 255, 268, 327, 351, 355, 368, 394, 396].

Таблица 10.14. **Общее количество колоний ($\times 10^6$ кое/мл) микроорганизмов, выявленных в некоторых средах, рекомендованных для подсчета бифидобактерий**

Среда (агар)	Добавка	*B. bifidum*	*B. adolescentis*
Кровяной агар	–	510	850
	NPNL[а]	280	0
	PPNL[б]	0	0
Модифицированный рогозный	–	202	720
	NPNL	180	0
	PPNL	0	0
TPY	–	250	790
	NPNL	340	0
	PPNL	0	0
	NPNL[б]	190	680
	LP[в]	630	1140

[а] Состав этих добавок показан в табл. 10.13.

[б] Концентрация NPNL – 2 мл/100 мл.

[в] LP (г/100 мл): лития хлорид (0,2) и натрия пропионат (0,3); каждый подобный раствор добавляется к базовой среде в соотношении 5 мл/100 мл; данная добавка НЕ селективна относительно всех штаммов йогуртовых или сырных культур.

Примечание. Чашки инкубируются анаэробно при 37 °С.

По [145].

ную Y- или «косточкообразную» форму клеток бывает можно установить путем контроля биойогурта, произведенного на закваске *DVS*.

Кроме того, особо следует отметить, что на общем количестве бифидобактерий сказывается присутствие любых антибиотиков [351]. Поэтому, имея в виду, что оздоровительный эффект зависит от количества клеток бифидобактерий в продукте, огромное значение приобретает выбор среды культивирования.

10.5.4 Оценка органолептических показателей

Окончательную оценку любому продукту всегда дает потребитель, и хотя лишь 20% покупок делаются на основе сознательного выбора определенной марки продукта (см. [249]), пренебрежение той или иной маркой продукта, основанное на том, что она не нравится потребителю, представляет собой совершенно особую ситуацию. Описанные ранее физико-химические анализы (например, на титруемую кислотность или вязкость) могут дать некоторую уверенность в достижении установленных стандартов предприятия, однако на практике окончательное решение выносит комиссия дегустаторов-экспертов. Состав подобных комиссий может колебаться от «одного человека с пластмассовой ложечкой» до полноценной комиссии опытных дегустаторов, составленной и работающей согласно рекомендациям специалистов [9, 265, 386]. Конечно, никто не собирается обсуждать умения и навыки конкретного человека [164–166], но чем более объективными и поддающимися количественной оценке будут полученные данные, тем легче будет достичь и поддерживать заданные стандарты качества на про-

Таблица 10.15. **9-балльная органолептическая оценка йогурта по методике Карла Ругера (*Karl Ruher*), схема 1**

Балл	Оценка	Качество	Категория	Класс	Общая характеристика
9	Отлично	–	I	Высший	Нет замечаний
8	Очень хорошо	Очень хорошее		Средний	
7	Хорошо	Хорошее		Низший	
6	Удовлетворительно	Удовлетворительное	II	Высший	Допускается к продаже
5	Приемлемо	Среднее		Средний	
4	Условно приемлемо	Приемлемое		Низший	
3	Неудовлетворительно	Плохое	III	Высший	Продаже не подлежит
2	Плохо	Плохое		Средний	
1	Очень плохо	Плохое		Низший	

тяжении длительного времени. Последний подход, конечно, требует больших временных затрат и может включать:

- образование комиссии в составе не менее пяти экспертов на основе их знания продукта и желания участвовать в ее работе на регулярной основе;
- достижение согласия среди экспертов относительно качественных характеристик хорошего йогурта с определением понятия «хорошего качества» или для продуктов данного предприятия, или для продуктов той или иной марки «брэнда»;
- достижение согласия среди экспертов относительно терминологических определений разновидностей брака и пороков;
- создание алгоритма получения общей оценки, который можно было бы применять в ходе текущего контроля качества.

Окончательный выбор той или иной процедуры остается за членами комиссии экспертов, однако обычно они выбирают одну из трех общепринятых в разных странах схем (см. табл. 10.15, 10.16 и 10.17) [55, 65, 136, 153, 310]. Главенствующими факторами являются простота в работе и способность той или иной схемы различать представленные пробы продукта.

На практике выбор схемы экспертизы определяется довольно быстро, возможно, с теми или иными модификациями. Вместе с тем следует отметить, что очень важно добиться единого понимания пороков продукта, так как человек, ответственный за контроль качества, имеет возможность понять, почему та или партия йогурта получила плохие оценки по какому-либо показателю (см. [65, 228, 296]). Например, как следует из табл. 10.18, существует определенная взаимосвязь между выявленными пороками и вероятными их причинами, и поэтому точное описание порока, данное комиссией экспертов, может способствовать быстрейшему устранению нарушений технологии.

Таблица 10.16. **Органолептическая оценка качества йогурта, схема 2**

Дата:
Дегустатор: код №:
а. Внешний вид и цвет . . . . . .
Пороки . . . . . .
б. Форма и текстура . . . . . .
Пороки . . . . . .
в. Вкус и аромат . . . . . .
Пороки . . . . . .
Общее количество баллов . . . . . .

Перечисленные характеристики оцениваются по пятибалльной шкале, где 5 – отлично, 4 – очень хорошо, 3 – хорошо, 2 – удовлетворительно, 1 – плохо.

Общее количество баллов получается перемножением баллов за вкус и аромат на 2, и к произведению прибавляют остальные баллы. Йогурт наивысшего качества дает в сумме 20 баллов.

Возможные пороки: а) внешнего вида и цвета — посторонние включения, неоднородность, ненатуральность цвета, нарушения цвета поверхности, выделение сыворотки, отделение жира, выделение пузырьков газа; б) консистенции — слишком жидкая, слизистая, мучнистая, крупитчатая и т. д.; в) вкуса и аромата — излишне кислый вкус, избыточная сладость, привкус стабилизатора, сухого молока, дрожжевой, наличие посторонних запахов.

Таблица 10.17. **Оценка качества йогурта, схема 3 (утверждена Американской ассоциацией по молочным продуктам)**

Карта оценки качества йогурта

Параметр	Высший балл
Вкус и аромат	10
Консистенция	5
Внешний вид	5
Всего	20

Пороки: а) вкуса и аромата – ацетальдегид (резкий, горький, с посторонним вкусом и запахом, излишне кислый или кислый, отсутствие аромата, пустой, невыраженный избыточная сладость, наличие ингредиентов с истекшим сроком годности, окисленый, избыточный запах, наличие посторонних включений); б) консистенции (слизистая, зернистая или крупитчатая, излишне плотная, недостаточно плотная); в) внешнего вида (нетипичный цвет или оттенок, избыточное количество фруктов, отделение сыворотки, недостаток фруктов, морщинистость, нарушения поверхности).

Иногда определить причины некоторых пороков продукта довольно трудно. Это в частности касается появления крупки в йогурте в определенный сезон года (см. [336]). Этот порок наиболее часто встречается во фруктовых йогуртах, особенно весной и осенью, и связан, вероятно, с неконтролируемым образованием скоплений белковых частиц в виде зерен [97, 98]. Связь сезонности появления этого порока с изменением химического состава молока до сих пор не ясна, равно, как и причины того, почему одни производители сталкиваются с этой проблемой чаще, чем другие, и почему замена закваски помогают зачастую решить данную проблему. При этом следует отметить, что возвращение через одну-две недели к прежней закваске не сопровождается появ-

Таблица 10.18. **Некоторые типичные пороки качества йогурта с указанием возможных причин и способов их предотвращения**

Порок	Возможная причина	Способы предотвращения
Отделение сыворотки	Низкое содержание СОМО или жира	Подобрать соответствующее сырье
	Высокое содержание в молоке минеральных веществ	Смешать с молоком, имеющим низкое содержаниее минеральных веществ
	Недостаточная термообработка или гомогенизация молока	Соблюдать технологические режимы
	Слишком высокая температура сквашивания	Уменьшить температуру до 42 °С
	Низкая кислотность, т. е. pH 4,8	Выдержать кислотность pH 4,4
	Наличие ферментов, способных вызвать коагуляцию белка	Исключить источник ферментов
	Нарушение целостности сгустка еще до охлаждения	Выдержать правильное охлаждение
	Причина не выявлена	Добавить стабилизаторы Перейти к культуре более вязкого типа
Низкая вязкость	Низкое содержание СВ	Подобрать соответствующее сырье
	Недостаточная термообработка или гомогенизация молока	Соблюдать технологические режимы
	Слишком низкая температура сквашивания	Повысить температуру до 42 °С
	Слишком низкая скорость кислотонакопления	Повысить кислотонакопление до 2 мл/100 мл или до эквивалентной
	Излишнее перемешивание	Отрегулировать работу мешалки
	Причины не выявлены	Добавить стабилизаторы Перейти к культуре более вязкого типа
Наличие пузырьков в сгустке (геле)	Плохие условия хранения	Проверить температуру в холодильнике
	Загрязнение дрожжевыми клетками	Исключить источник инфекции
	Загрязнение коли-формами	Плохие санитарно-гигиенические условия на участке
	Избыточная аэрация смеси	Контроль за аэрацией
Наличие крупки в сгустке	Плохое размешивание сухого молока	Наладить технологический процесс
	Перемешивание проводится до охлаждения	Проводить правильное охлаждение
	Слишком высокая температура сквашивания	Снизить температуру до 42 °С
	Слишком низкая скорость кислотонакопления	Поднять кислотонакопление до 2 мл/100 мл или до эквивалентной
	Причины не выявлены	Перейти к культуре более вязкого типа
Пороки вкуса и аромата	Невыраженный вкус и аромат	Уменьшить количество закваски до 2 мл/100 мл Увеличить продолжительность сквашивания
	Нечистый вкус	Уменьшить количество закваски до 2 мл/100 мл Уменьшить продолжительность сквашивания Проверить на наличие коли-форм
	Наличие горечи	Уменьшить количество закваски до 2 мл/100 мл Заменить закваску
	Излишне кислый	Уменьшить количество закваски Проверить температуру хранения
	Солодовый/дрожжевой привкус	Проверить на загрязненность дрожжевыми клетками
	«Мраморность»	Проверить качество сырого молока

См. также [96].

▲— ▲ RR; ◆—◆ B-3; ●—● CH-1.

Рис. 10.11. Органолептический профиль натуральных йогуртов, полученных при использовании трех разных заквасок

Культура RR получена в Нидерландах в *NIZO*, а культуры B-3 и CH-1 получены в лаборатории *Chr.Hansen* (Великобритания).

лением указанного порока [159]. Можно предположить, что на стадии ферментации микроорганизмы закваски образуют скопления, обусловливая наличие участков с пониженной кислотностью и вызывая тем самым изоэлектрическое осаждение казеина внутри и вокруг этих скоплений [412].

Схемы работы экспертных комиссий, описанные ранее, привлекательны тем, что они достаточно просты и удобны при использовании соответствующей формы, тем более, если дегустатор имеет представление о продукте. Однако к концу дня элемент субъективности их оценки, как правило, усиливается, и поэтому серьезное внимание уделяется введению более жесткой регламентации работы экспертов. Для этого применяются методы дескриптивного (описательного) анализа качества йогуртов, полученных с использованием различных заквасок — см. [321, 337]. Для описания аромата, вкуса и ощущений во рту, связанных с консистенцией продукта, было предложено десять терминов. При этом оценочные характеристики становятся довольно удобными, позволяя создавать своего рода «профиль» продукта (см. рис. 10.11). Подобный под-

ход можно применять и к фруктовым йогуртам с нарушенным сгустком, и к йогуртам с ароматизаторами, причем если эксперты сходятся во мнениях относительно профиля анализируемого образца, то профили последующих образцов уже сравниваются с данным эталоном путем своеобразного «наложения» профилей друг на друга. Проводя этот анализ раз в неделю, легко можно выявить расхождения в качестве выпускаемого продукта и эталона, а уж опыт подскажет, насколько существенны эти различия профилей с точки зрения обеспечения качества продукта.

Процедура оценки с использованием многопрофильной шкалы описаны в работе [319] и применяются для определения характеристик йогурта специально подготовленными экспертами. Задаются девять характеристик, и в йогурте отмечается присутствие фруктового аромата, сладости, кислоты и степень однородности структуры. Однако в работе [400] сообщается, что оценки экспертов ($n = 14$) и потребителей не всегда совпадают. Так, если ощущения сладости и «сливочности» коррелируют, то для кислотности этого не наблюдается. Наиболее высокие баллы получили образцы йогурта с содержанием сахарозы 10 г/100 г и жира 3,5 г/100 г, при этом следует заметить, что более сладкие и жирные йогурты предпочитают скорее мужчины, чем женщины.

В своем стремлении определить, какие органолептические характеристики йогуртов важнее с точки зрения восприятия качества продукта потребителем, исследователи [290] провели опрос 20 экспертов, знакомых с кисломолочными продуктами, по девяти образцам поступивших в продажу йогуртов (при этом ощущения должны были быть изложены в определенных терминах, описывающих органолептические свойства продукта). Состав образцов изменялся от маложирных продуктов типа «фромаж фре» до йогуртов греческого типа 10%-ной жирности. Эксперты сошлись во мнении, что для описания важны следующие понятия:

Запах	Вкус	Послевкусие	Консистенция
интенсивный	выраженый	длительное	плотная
кислый	кисломолочный	горечь	сметанообразная
фруктовый	фруктовый	кисломолочное	вязкая
масляный	масляный	другое	слизистая
дрожжевой	прогорклый		творожистая
сливочный	сливочный		обволакивающая рот
сладкий	соленый		мучнистая
другой	горький		с отделением сыворотки
	лимонный		
	сладкий		
	с привкусом химических веществ		
	другой		

Применение дескриптивного анализа качества в строго контролируемых условиях [266] обеспечивает получение данных оценки с помощью основного компонентного анализа [317]. Результаты, полученные в работе [290], выявили некоторые существенные моменты в органолептическом анализе йогурта, а именно:

- предоставление комиссии экспертов возможности использовать понятие «прочие» порождает возникновение огромного количества бесполезных описаний;

- вся информация может быть сведена в пять основных групп, охватывающих более 90% всех вариантов:

Запах	Вкус	Послевкусие	Консистенция
сладковатый	выраженный кисломолочный фруктовый сливочный лимонный сладкий	кислое	плотная сметанообразная вязкая творожистая мучнистая с отделением сыворотки

Иными словами, похоже, что для идентификации кисломолочных продуктов важны пять основных факторов: кислотность, характер сгустка, сладость, сметанообразность консистенции и наличие мучнистости. Вместе с тем использовать этот вывод следует с изрядной долей осторожности, поскольку отношение потребителя к степени выраженности кислотности, например, на разных рынках может быть различным [157]. Так же может отличаться реакция потребителей на сладость, причем в Великобритании рост потребности в слегка ароматизированных, подслащенных йогуртах предполагает, что большая группа населения увязывает свое отношение к йогурту с содержанием сахарозы [280]. Опыт розничных продаж подтверждает точку зрения, что ощущение «сметанообразности» четко связывается у потребителей с качеством продукта, и у многих фруктовых йогуртов с нарушенным сгустком жирность составляет обычно более 1 г/100 г. Выделение таких понятий, как «творожистая консистенция» и «мучнистость» является, вероятно, следствием того, что анализу подвергались в основном натуральные йогурты с ненарушенным сгустком, и возможность дальнейшего применения этих терминов требует более тщательного изучения.

Следует также отметить, что никто из экспертов не предложил для обозначения запаха понятие «йогуртоподобный», в то время как аромат натурального йогурта, обусловленный ацетальдегидом и сходными с ним веществами, выделяется своей уникальностью среди других кисломолочных продуктов [181]. Таким образом, использование для описания аромата продукта некоторого «родового имени» может быть оправдано [164], и было бы также интересно узнать, что именно эксперты описывают понятием «выраженный». Несмотря на это, описанный подход к органолептическому анализу является более объективным, помогая определить те отличительные признаки продукта, которые важны с точки зрения его приемлемости и тем самым побуждая производителей пересмотреть привычные методы проведения экспертизы.

В заключение следует упомянуть, что в некоторых новейших исследованиях по оценке органолептических свойств йогурта применялся матричный подход, позволяющий исследователям нанести предпочтения потребителей на своеобразную «карту», где они накладываются на заранее сформулированные признаки продукта [35]. В работе [137] с помощью подобного метода была проведена оценка различных йогуртов, выработанных в Великобритании. Полученные данные показали, что предпочтения потребителей можно описать следующим образом: группа 1 — плотный сметанообразный , группа 2 — натуральный (с ненарушенным сгустком) и группа 3 — с пониженной жирностью. В работе [344] было показано, что при анализе йогуртов, полученных с использованием различных заквасок, подготовленные эксперты легко находили раз-

ницу в рамках каждой категории органолептических показателей — за исключением плотности сгустка, определявшейся по специальной шкале. Анализ показал, что результаты определялись прежде всего ароматом и применением ЭПС-заквасок, имевшими соответственно положительный и отрицательный «вес». В работе [385] по результатам специального органолептического исследования молочных продуктов (на выборке $n = 920$) сделан вывод, что методы оценки по различным шкалам специально подготовленными и неподготовленными экспертами оказались одинаково эффективными. Результаты определения органолептического «рейтинга» йогуртов (с ароматизаторами и без них) по выборке потребителей (до 180 чел.) и экспертами (11 чел.) приведены в работах [48, 49 и 167; см. также 239, 297]. Можно отметить, что среди предпочтений американских потребителей на первый план выходят вкус и полезность йогурта, а его марка («брэнд») имеет меньшее значение [406].

10.6 Заключение

Итак, если попытаться коротко сформулировать основные требования к производству йогурта хорошего качества, то для этого необходимо [см. также 257]:

- молоко хорошего качества с соответствующим содержанием СОМО;
- правильная тепловая обработка;
- активная, сбалансированная по группам микроорганизмов и не содержащая загрязнений закваска;
- чистое, хорошо отлаженное оборудование по производству йогурта;
- оптимальная скорость, продолжительность и температура сквашивания;
- недопустимость небрежного обращения с ненарушенным сгустком йогурта;
- использование высококачественных фруктов и других наполнителей;
- соблюдение условий хранения готового продукта при температуре ниже 5 °С.

Очень важно, чтобы перечисленное являлось частью «правильного процесса производства». Безусловно, во многом успех зависит от опыта работы конкретного предприятия, но общие принципы остаются одними и теми же, и кто-то из руководителей высшего звена должен иметь исчерпывающее представление о происходящем, так как без этого качество конечного продукта и бесперебойная работа предприятия могут быть поставлены под угрозу.

10.7 Литература

1. Abrahamsen, R. K. and Holmen, T. B. (1980) *Milchwissenschaft*, **35**, 399.
2. Adpi (1990) In *Standards for Grades of Dry Milks Including Methods of Analysis*, Bulletin No. 916 (Revised), American Dry Products Institute, Chicago.
3. Ahmed, A. A. H. (1989) *Assiut Veterinary Medical Journal*, **22**, 76.
4. Ahmed, A. A. H., Moustafa, M. K. and El-Bassiony, T. A. (1986) *Journal of Food Protection*, **49**, 983.
5. Ahmed, I. A., Ahmed, A. W. K. and Robinson, R. K. (1997) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **74**, 64.
6. Alkanahl, H. A. and Gasim, Z. (1993) *Journal of Food Protection*, **55**, 84.
7. Allen, D. (1995) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **48**, 61.

8. Al-Mashhadi, A. S., Saadi, S. R., Ismail, A. and Salji, J. P. (1987) *Cultured Dairy Products Journal*, 22(1), 24.
9. Amerine, M., Pangbourne, P. M. and Roessler, E. B. (1965) In *Principles of Sensory Evaluation of Foods*, Academic Press, London.
10. Amice-Quemeneur, N., Haluk, J. P., Hardy, J. and Kravtchenko, T. P. (1995) *Journal of Dairy Science*, 78, 2683.
11. Amin, J. B., Singh, R. S. and Chander, H. (1991) *Asian Journal of Dairy Research*, **10**, 183.
12. Andersen, T., Brems, N., Borglum, M. M., Kold-Christensen, S., Hansen, E., Jorgensen, J. H. and Nygaard, L. (1993) In *Modern Dairy Technology*, Vol. 2., 2nd Edition, Ed. by Robinson, R.K. Chapman & Hall, London, pp. 381–416.
13. Anon. (1977) *KS 05-34 Specifications for Yoghurts*, Part 1 and 2, Kenyan Bureau of Standards, Nairobi, Kenya.
14. Anon. (1981) *Food*, **March**, 43.
15. Anon. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 319.
16. Anon. (1985) In *Weights and Measures Act 1985*, Chapter 72, HMSO, London.
17. Anon. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 376.
18. Anon. (1987a) In *Milko-Scan 130 Series (Type 10900) – Instruction Manual*, Issue No. 4 GB, P/N 374256, N. Foss Electric A/S, Hillerod.
19. Anon. (1987b) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 251.
20. Anon. (1988a) *Dairy Science Abstracts*, **50**, 344.
21. Anon. (1988b) *Journal of Environmental Sciences*, **31**(5), 53.
22. Anon. (1988c) *Journal a/Environmental Sciences*, **31**(5), 53.
23. Anon. (1989) In *Dairy Legislation in the EEC Member Countries*, Proceedings of the Seminar in the Preparation for the Internal Market, 25–27 October 1988, Kiel, Germany.
24. Anon. (1990) In *Food Safety Act 1990*, Chapter 16, HMSO, London.
25. Anon. (1991) *Dairy Science Abstracts*, **53**, 23.
26. Anon. (1994a) In *Methods for Assessment of Raw Milk Quality*, The Joint Committee, Thames Ditton, U. K.
27. Anon. (1994b) In *Delvotest® – Standard Diffusion Tests for the Detection of Antibacterial Substances in Milk*, Technical Bulletin, Gist-Brocades, Delft, Netherlands.
28. Anon. (1995a) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 306, International Dairy Federation, Brussels, pp. 23–33 and 34–36.
29. Anon. (1995b) In *Methods of Enzymatic Bioanalysis and Food Analysis*, Boehringer, Mannheim.
30. Anon. (1996) In *Food and Drug Administration*, 96th Edition, Federal Department, Washington DC, pp. 293–297.
31. Anon. (1997a) In *HACCP: A Practial Guide*, 2nd Edition, Technical Manual No. 38, Campden & Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, U. K.
32. Anon. (1997b) In *Delvo-x-Press® βL-II Rapid Test for the Detection of Penicillins and Cephalosporins in Milk*, Technical Bulletin, Gist-Brocades, Delft.
33. Anon. (1997c) In *Hy-Lite Hygiene Monitoring System*, Merck, Poole.
34. Anon. (1998a) *Journal of Food Protection*, **61**, 762.
35. Anon. (1998b) *Dairy Industries International*, **63**(5), 29.
36. Aoac (1990) In *Official Methods of Analysis - Food Composition, Additives and Natural Contaminants*, Vol. 2, 15th Edition, AOAC, Arlington, U. S. A.
37. Apha (1993) In *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*, 16th Edition, Ed. by Marshall, R. T., American Public Health Association, Washington DC.
38. Arnott, D. R., Duitschaever, C. L. and Bullock, D. H. (1974) *Journal of Milk and Food Technology*, **30**, 11.
39. Arroyo, L., Cotton, L. N. and Martin, J. H. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(1), 12.
40. Ashton, T. R. (1963) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **16**, 68.
41. Asperger, H. (1994) *Dairy Science Abstracts*, **56**, 15.
42. Attaie, R., Whalen, P. J., Shahani, K. M. and Amer, M. A. (1987) *Journal of Food Protection*, **50**, 224.
43. Audidier, Y. (1996) In *Minimal Processing and Ready Made Foods*, SIK Dokument No. 114, Ed. by Ohisson, T., Ahvenainen, R. and Mattila-Sandholm, T. The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Goteborg, pp. 91–111.
44. Australian standards (1978) In *AS 1095.2.11 – Methods for the Examination of Dairy Products*, Standards Association of Australia, Sydney, Australia.
45. Aytac, S. A. and Ozbac, Z. Y. (1994a) *Milchwissenschaft*, **49**, 322.
46. Aytac, S. A. and Ozbac, Z. Y. (1994b) *Australian Journal of Dairy Technology*, **49**, 90.
47. Balasubramanyam, B. V. and Vardaraj, M. C. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(1), 22.
48. Barnes, D. L., Harper, S. J., Bodyfelt, F. W. and McDaniel, M. R. (1991a) *Journal of Dairy Science*, **74**, 2089.
49. Barnes, D. L., Harper, S. J., Bodyfelt, F. W. and McDaniel, M. R. (1991b) *Journal of Dairy Science*, **74**, 3746.
50. Barnett, J. A., Payne, R. W. and Yarrow, D. (1990) In *Yeasts: Characteristics and Identification*, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
51. Basak, S. and Ramaswamy, H. S. (1994) *Journal of Food Enginering*, **21**, 385.
52. Batish, V. K., Grover, S. and Lal, R. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(2), 21.
53. Benezech, T. and Maingonnat, J. F. (1993) *Journal of Texture Studies*, **24**, 455.

54. Benezech, T. and Maingonnat, J. F. (1994) *Journal of Food Engineering*, **21**, 447.
55. Bergel, C. (1971a) *Deutsche Milchwirtschaft*, 22(26), VIII.
56. Bergel, C. (1971b) *Deutsche Milchwirtschaft*, 22(40), V.
57. Bicanic, D., Chirtoc, M., Dadarlat, D., Chirtoc, I., Van Loon, W. and Bot, G. (1994) *International Dairy Journal*, 4, 555.
58. Bielecka, M., Majkowska, A. and Biedrzycka, E. (1994a) *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(4),51.
59. Bielecka, M., Majkowska, A. and Biedrzycka, E. (1994b) *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(4), 63.
60. biliaderis, c.g., khan, m.m. and blank, g. (1992) *International Dairy Journal*, 2, 311.
61. Blanco, J. L., Dominguez, L., Gomez-Lucia, E., Garayzabal, J. F. F., Goyache., J. and Suarez, G. (1988) *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, **186**, 218.
62. Blanco, J. L., Carrion, B. A., Libia, N., Diaz, S., Garcia, M. E., Dominguez, L. and Suarez, G. (1993) *Milch-wissenschaft*, 48,385.
63. Blumke (1993) In *Aseptic Processing of Foods*, Ed. by Reuter, H. Behr's Verlag, Hamburg, pp. 265–270.
64. Bodana, A. R. and Rao, D. R. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73**, 3379.
65. Bodyfelt, F. W., Tobias, J. and Trout, G. M. (1988) In *The Sensory Evaluation of Dairy Products*, Van Nostrand Reinhold, New York.
66. Bolton, A.(1997) In *Quality Management Systems for the Food Industry — A Guide to ISO 9001/2*, Blackie Academic & Professionals, London.
67. Bolton, F. J. and Gibson, D. M. (1994) In *Rapid Analysis Techniques in Food Microbiology*, Ed. by Patel, P. Chapman & Hall, London, pp. 131–169.
68. Bottazzi, V. (1976) *Sciema e Tecnica Lattiero-Casearia*, **27**, 402.
69. Bourlioux, P. (1986) *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, **21**, 204.
70. Bracquart, P. (1981) *Journal of Applied Bacteriology*, **51**, 303.
71. Bracquart, P. and sagnard, m. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**, 139.
72. Brant, D. L. (1988) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **41**, 92.
73. Bremmer, L. G. B., Bijsterbosch, B. H., Schrijvers, R., Van Vliet, T. and Walstra, P. (1990) *Colloids and Surfaces*, **51**, 159.
74. Brendehaug, J. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 221.
75. Bridson, E. Y. (1990) In *The Oxoid Manual*, 6th Edition, Unipath Ltd., Basingstoke, U.K.
76. Briggs, D. A. (1979) *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, **62**, 1211.
77. Bruderer, J. and Schicht, H. H. (1987) *Swiss Food*, 9(12), 14.
78. Bsi (1959) In *Measurement of the Density of Milk Using a Hydrometer*, BS 734: Part 2, British Standards Institution, London.
79. Bsi (1962) In *Measurement of the Density of Milk Using a Hydrometer*, BS 734 C, British Standards Institution, London.
80. Bsi (1973) In *Measurement of the Density of Milk Using a Hydrometer*, BS 734: Part 1, British Standards Institution, London.
81. Bsi (1982) In *Dirt Content of Milk*, BS 4938: Parts 1,2 and 2P, British Standards Institution, London.
82. Bsi (1984) In *Microbiological Examination for Dairy Purposes,BS* 4285: Part 2: Section 2.1 and 2.3, British Standards Institution, London.
83. Bsi (1987) In *Microbiological Examination for Dairy Purposes*, BS 4285: Part 5: Section 5.3, British Standards Institution, London.
84. Bsi (1989a) In *Determination of Fat Content of Milk and Milk Products (Gerber) Method*, BS 696: Parts 1 and 2, British Standards Institution, London.
85. Bsi (1989b) In *Chemical Analysis of Liquidand Cream*, BS 1741: Part 10 Section 10.1, British Standards Institution, London.
86. Bsi (1991a) In *Quality Systems*, BS 5750: Parts 8 and 13, British Standards Institution, London.
87. Bsi (1991b) In *Microbiological Examination for Dairy Purposes*, BS 4285: Part 4, British Standards Institution, London.
88. Bsi (1993) In *Quality Systems*, BS 5750: Part 14, British Standards Institution, London.
89. Bsi (1994) In *Quality Systems*, BS 5750: Part 4, British Standards Institution, London.
90. Butler, F. and McNulty, P. (1995) *Journal of Food Engineering*, **25**, 569.
91. Camaschella, P. and Cislaghi, S. (1989) *Dairy Science Abstracts*, **51**,139.
92. Cate, L. T. (1965) *Journal of Applied Bacteriology*, **28**, 221.
93. Choi, H. K., Schaack, M. M. and Marth, E. H. (1988) *Milchwissenschaft*. **42**,790.
94. Coker, C. J. and Martley, F. G. (1982) *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, **17**, 269.
95. Collins-Thomson, D. L. and Wood, D. S. (1993) In Clostridium botulimuns — *Ecology and Control in Foods*, Ed. by Hauschild, A. H. W. and Dodds, K. L. Marcel Dekker, New York, pp. 261–277.
96. Connolly, E. J. (1990) In *Cultured Dairy Foods — Quality Improvement Manual*, American Cultured Dairy Products Institute, Washington DC, pp. 1–15.

97. Cooper, P. J. and Broomfield, A. R. (1974) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 447.
98. Cooper, P. J., Kipling, N. and Gordon, J. E. (1974) *XIX International Dairy Congress*, **IE**, 733.
99. Corlett Jr., D. A. (Ed.) (1992) In *HACCP: Principles and Applications*, Chapman & Hall, London.
100. Cuk, Z., Annan-Prah, A., Janc, M. and Zajc-Satler, J. (1987) *Journal of Applied Bacteriology*, **63**, 201.
101. Cullor, J. S. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 3449.
102. Dave, R. I. and Shah, N. P. (1996) *Journal of Dairy Science*, **79**, 1529.
103. Dave, R. I. and Shah, N. P. (1997) *International Dairy Journal*, **7**, 31.
104. Davis, J. G. (1970) *Dairy Industries*, **35**, 139.
105. Davis, J. G. and McLachlan, T. (1974) *Dairy Industries*, **39**, 139.
106. Davis, J. G. and Wilbey, R. A. (1990) In *Dairy Microbiology*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R. K. Chapman & Hall, London, pp. 41–108.
107. Davis, J. G., Ashton, T. R. and McCaskill, M. (1971) *Dairy Industries*, **36**, 569.
108. Dickinson, E. (1990) *Chemistry and Industry*, **19**, 595.
109. Dickinson, E. (1994) *Journal of Chemistry Society Faraday Transactions*, **90**, 173.
110. Doi, T., Kanzaki, M., Shibuya, M. and Matsumoto, K. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 867.
111. Dordevic, J., Milcic, M., Macej, O. and Beatovic, Z. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 131.
112. Driessen, P. M., Ubbels, J. and Stadhouders, J. (1977) *Journal of Biotechnology and Bioengineering*, **19**, 821.
113. Dtf (1983) In *Code of Practice for the Composition and Labelling of Yoghurt*, Dairy Trade Federation, London.
114. Ebringer, L., Ferencik, M., Lahitova, N., Kacani, L. and Michalkova, D. (1995) *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **11**, 294.
115. Ehrmann, M., Ludwig, W. and Schleifer, K. H. (1994) *FEMS Microbiology Letters*, **117**, 143.
116. El-Deeb, S. A. (1989) *Alexandria Journal of Agricultural Research*, **34**(3), 61.
117. El-Gmiey, S. R., El-Ebeedy, A. A., Al-Ashmawy, A. M. and El-Camel, A. M. (1994) *Assiut Veterinary Medical Journal*, **31**, 142.
118. El-Kholy, A. M. (1992) *Assiut Veterinary Medical Journal*, **29**, 108.
119. Elliker, P. R., Anderson, A. W. and Hannesson, G. (1956) *Journal of Dairy Science*, **39**, 1611.
120. El-Nezami, H. S. and Ahokas, J. (1998) In *Lactic Acid Bacteria, 2nd* Edition, Ed. by Salminen, S. and von Wright, A. Marcel Dekker, New York, pp. 359–367.
121. Eloy, C. and Lacrosse, R. (1976) *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux*, **11**, 83.
122. Eloy, C. and Lacrosse, R. (1980) *Dairy Science Abstracts*, **42**, 691.
123. Eloy, C. and Lacrosse, R. (1982) *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, p. 281.
124. Entis, P. and Lerner, I. (1996) *Journal of Food Protection*, **59**, 416.
125. Espinosa, A., Medina, L. M. and Jordano, R. (1994) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, **12**, 49.
126. EU (1979) In *Approximation of the Laws of the Member States Relating to Labelling, Presentation and Advertising of Foodstuff for Sale to the Ultimate Consumer*, Council Directive 79/112 of 18 December 1978, Brussels.
127. Fao (1995) In *The Use of Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Principles in Food Control*, Food and Nutrition Paper No. 58, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
128. Fao/Who (1990) In *Codex Alimentarius-Abridged Version*, Joint FAO/WHO Food Standards Programme - Codex Alimentarius Commission, Ed. by Smith, B. L. Food and Agricultural Organization of the United Nation, Rome.
129. Feresu, S. and Nyati, H. (1990) *Journal of Applied Bacteriology*, **69**, 814.
130. Ferry, J. D. (1980) In *Viscoelastic Properties of Polymers*, John Wiley, New York.
131. Fitzpatrick, B. W. F. (1990) *Swiss Contamination Control*, **3**, 348.
132. Fleet, G. H. (1990a) *Journal of Applied Bacteriology*, **68**, 199.
133. Fleet, G. H. (1990b) In *Yeast Technology, Ed. by* Spencer, J. F. T. and Spencer, D. M. Springer-Verlag, Berlin, pp. 124–166.
134. Fleischer, M., Shapton, N. and Cooper, P. J. (1984) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **37**, 63.
135. Foschino, R., Garzaroli, C. and Ottogalli, G. (1993) *Lait*, **73**, 395.
136. Futschik, J. (1963) *Osterreichische Milchwirtschaft*, **18**, 132.
137. Gains, N. and Guttridge, C. (1991) *Dairy Industries International*, **56**(5), 31.
138. Galesloot, Th. E. (1958) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **12**, 130.
139. Galvano, F., Galofaro, V., De Angelis, A., Galvano, M., Bognanno, M. and Galvano, G. (1998) *Journal of Food Protection*, **61**, 738.
140. Garcia, A. M. and Fernandez, G. S. (1984) *Journal of Food Protection*, **47**, 629.
141. Garcia, M. E., Blanco, J. L. and Suarez, G. (1995) *Mycotoxin Research*, **11**, 62.
142. Gardner, I. A. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 3453.
143. Gebhardt, U., Senge, B., Krenkel, K. and Scharf, R. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 557.
144. Ghoddusi, H. B. (1996) In *Some Aspects of the Enumeration of Bifidobacteria in White Brined Cheese*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
145. Ghoddusi, H. B. and Robinson, R. K. (1996) *Journal of Dairy Research*, **63**, 151.

146. Gilbert, R. J. and Wieneke, A. A. (1973) In *The Microbiological Safety of Food, Ed.* by Hobbs, B. C. and Chistian, J. H. B. Academic Press, London, pp. 273–286.
147. Ginslov, B. O. (1970) *South African Journal of Dairy Technology*, 2, 79.
148. Giudici, P., Masini, G. and Caggia, C. (1996) *Annali di Michobiologia ed Emimologia*, **46**, 11.
149. Glaeser, H. (1992) *European Dairy Magazine*, 4(1), 6.
150. Gohil, V. S., Ahmed, M. A., Davies, R. and Robinson, R. K. (1996) *Food Microbiology*, **13**, 159.
151. Gourama, H. and Bullerman, L. B. (1995a) *Journal of Food Protection*, 58, 1249.
152. Gourama, H. and Bullerman, L. B. (1995b) *Journal of Food Protection*, **58**, 1275.
153. Grab, W. (1983) In *Sensory Quality in Foods and Beverages, Ed. by* Williams, A. A. and Atkin, R. K. Ellis Horwood, Chichester, pp. 412–422.
154. Graciela Briceno, A. and Martinez, R. (1996) *Dairy Science Abstracts*, **58**, 639.
155. Greenwood, M. H., Roberts, D. and Burden, P. (1991) *International Journal of Food Microbiology*, **12**, 197.
156. Gregory, P. H. (1961) In *The Microbiology of the Atmosphere*, Leonard Hill, London.
157. Greig, R. J. W. and Van Kan, J. (1984) *Dairy Industries International*, 49(10), 28.
158. De Groote, J., Vroegop, L. and Brailsford, M. (1995) *Microbiology Europe*, 3(5), 24.
159. Guirguis, N., Hickey, M. W. and Freeman, R. (1987) *Australian Journal of Dairy Technology*, 42,45.
160. Hamann, W. T. and Marth, E. H. (1984a) *Journal of Food Protection*, 47, 781.
161. Hamann, W. T. and Marth, E. H. (1984b) *Milchwissenschaft*, **39**, 147.
162. Hampson, B. C. and Kaiser, D. (1995) *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, **15**, 371.
163. Hands, A. H. (1989) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 42, 92.
164. Harper, R. (1962) *New Scientist*, **11**, 396.
165. Harper, R. (1972) In *Human Senses in Action*, Churchill-Livingstone, London.
166. Harper, R. (1977) In *Sensory Properties of Foods*, Ed. by Birch, G. G., Brennan, J. G. and Parker, K. J. Applied Science Publishers, London, pp. 167–187.
167. Harper, S. I., Barnes, D. L., Bodyfelt, F. W. and McDaniel, M. R. (1991) *Journal of Dairy Science*, **74**, 2927.
168. Harrigan, W. F. and McCance, M. E. (1976) In *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*, 2nd Edition, Academic Press, London.
169. Harrison, J., Rose, H. and Robe, K. (1970) *Food Processing*, **31**, 68.
170. Hartman, C. H. (1976) *Cultured Dairy Products Journal*, **11**(4), 20.
171. Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. (1996a) *Journal of Dairy Science*, **79**, 2091.
172. Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. (1996b) *Journal of Dairy Science*, **79**, 2098.
173. Hassanin, N. I. (1994) *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **65**, 31.
174. Hawronskyj, J. M., Adams, M. R. and Kyriakides, A. L. (1993) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **46**, 31.
175. Heertje, I., Visser, J. and Smits, P. (1985) *Food Microstructure*, **4**, 267.
176. Hellinga, C., Somsen, D. J. and Koenraads, J. P. J. M. (1986) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **40**, 217.
177. Hess, S. I., Roberts, R. F. and Ziegler, G. R. (1997) *Journal of Dairy Science*, **80**, 252.
178. Hilker, V. (1947) *Journal of Dairy Science*, **30**, 161.
179. Hobbs, B. C. (1972) *Journal of the Society of Dairy Technology*, 25, 47.
180. Hosoda, M., Hashimoto, H., Morita, H., Chiba, M. and Hosono, A. (1992) *Journal of Dairy Research*, **59**, 543.
181. Hruskar, M., Vahcic, N. and Ritz, M. (1995) *Mljkarstvo*, **45**, 175.
182. Ibrahim, M. K. E., El-Batawy, M. A. and Girgis, E. S. (1989) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **17**, 125.
183. IDF (1970) In *Detection of Penicillin in Milk by a Disk Assay Technique*, Standard 57. International Dairy Federation, Brussels.
184. IDF (198la) In *Determination of Fat Content*, Standard 105, International Dairy Federation, Brussels.
185. IDF (1981b) In *Determination of Titratable Acidity*, Standard 81, International Dairy Federation, Brussels.
186. IDF (1982) In *Assessment of Heat Class*, Standard 114, International Dairy Federation, Brussels.
187. IDF (1984) In *Fermented Milks*, Doc. No. 179, International Dairy Federation, Brussels.
188. IDF (1985) In *Determination of Protein Content*, Standard 98A, International Dairy Federation, Brussels.
189. IDF (1986) In *Antimicrobial Systems in Milk*, Not Referenced Publication, International Dairy Federation, Brussels.
190. IDF (1988a) In *Determination of Insolubility Index*, Standard 129A, International Dairy Federation, Brussels.
191. IDF (1988b) In *Enumeration of Characteristic Micro-Organisms Standard* 117A, International Dairy Federation, Belgium.
192. IDF (1988c) In *Determination of Fat Content*, Standard 123A, International Dairy Federation, Brussels.
193. IDF (1989) In *Modem Microbiological Methods for Dairy Products*, Special Issue No. 8901, International Dairy Federation, Brussels.
194. IDF (1990a) In *Sampling — Inspection by Attributes*, Standard 113A, International Dairy Federation, Brussels.
195. IDF (1990b) In *Determination of Organophosphorus Compounds*, Standard 144, International Dairy Federation, Brussels.

196. IDF (1990c) In *Determination of Milk fat, Protein and Lactose Content*, Standard 141 A, International Dairy Federation, Brussels.
197. IDF (1990d) In *Enumeration of Yeasts and Moulds*, Standard 94B, International Dairy Federation, Brussels.
198. IDF (1991a) In *Determination of Total Solids Content*, Standard 151, International Dairy Federation, Brussels.
199. IDF (1991b) In *Detection and Confirmation of Inhibitors in Milk and Milk Products*, Doc. No. 258, International Dairy Federation, Brussels.
200. IDF (1991c) In *Recommended Methods for Determination of Organochlorine Compounds (Pesticides)*, Standard 75C, International Dairy Federation, Brussels.
201. IDF (1991d) In *Determination of Freezing Point*, Standard 108B, International Dairy Federation, Brussels.
202. IDF (1991e) In *Monograph on Residues and Contaminants in Milk and Milk Products*, Special Issue No. 9101, International Dairy Federation, Brussels.
203. IDF (1991f) In *Identification of Characteristic Micro-Organisms* (Lactobacillus delbrueckii *subsp.* bulgaricus *and* Streptococcus salivarius *subsp.* thermophilus). Standard 146, International Dairy Federation, Brussels.
204. IDF (199lg) In *Enumeration of Contaminating Micro-Organisms*, Standard 153, International Dairy Federation, Brussels.
205. IDF (1991h) In *Determination of Titratable Acidity*, Standard 150, International Dairy Federation, Brussels.
206. IDF (1992a) In *Sampling - Inspection by Variables*, Standard 136A, International Diary Federation, Brussels.
207. IDF (1992b) In *Assessment of Heat Treatment Intensity*, Standard 162, International Dairy Federation, Brussels.
208. IDF (1992c) In *General Standard of Identity for Fermented Milks*, Standard 163, International Dairy Federation, Brussels.
209. IDF (1992d) In *General Standard of Identity for Milk Products Obtained from Fermented Milks Heat-Treated After Fermentation*, Standard 164, International Dairy Federation, Brussels.
210. IDF (1992e) In *Hygiene Management in Dairy Plants*, Doc. No. 276, International Dairy Federation, Brussels.
211. IDF (1993a) In *Analytical Quality Assurance and Good Laboratory Practice in Dairy Laboratory*, Special Issue No. 9302, International Dairy Federation, Brussels.
212. IDF (1993b) In *Determination of Nitrogen Content*, Standard 20B, International Dairy Federation, Brussels.
213. IDF (1993c) In *Determination of Water Content*, Standard 26A, International Dairy Federation, Brussels.
214. IDF (1994a) In *Recommendations for the Hygienic Manufacture of Milk and Milk Based Products*, Doc. No. 292, International Dairy Federation, Brussels, pp. 5-9.
215. IDF (1994b) In *Enumeration of Presumptive* Escherichia coli *Content*, Standard 170, International Dairy Federation, Brussels.
216. IDF (1995a) In *Residues of Antimicrobial Drugs and Other Inhibitors in Milk*, Special Issue No. 9505, International Dairy Federation, Brussels.
217. IDF (1995b) In *Methods of Sampling*, Standard 50C, International Dairy Federation, Brussels.
218. IDF (1995c) In *Enumeration of Somatic Cells*, Standard 148A, International Dairy Federation, Brussels.
219. IDF (1995d) In *Detection of* Listeria monocytogenes, Standard 143A, International Dairy Federation, Brussels.
220. IDF (1996a) In *Inventory if IDF/ISO/AOAC International Adopted Methods of Analysis and Sampling of Milk and Milk Products*, Doc. No. 312, International Dairy Federation, Brussels.
221. IDF (1996b) In *Bacteriological Quality of Raw Milk*, Special Issue No 9601, International Dairy Federation, Brussels.
222. IDF (1996c) In *Determination of Fat, Protein & Lactose Content - Guide for Operation of Mid-Infra-Red Instruments*, Standard 141 B, International Dairy Federation, Brussels.
223. IDF (1996d) In *Preparation of Samples and Dilutions for Microbiological Examinations*, Standard 122C, International Dairy Federation, Brussels.
224. IDF (1996e) In *Determination of Fat Content*, Standard ID, International Dairy Federation, Brussels.
225. IDF (1997a) In *Determination of Fat Content*, Standard 152A, International Dairy Federation, Brussels.
226. IDF (1997b) In *Monograph on Residues and Contaminants in Milk and Milk Products*, Special Issue No. 9701, International Dairy Federation, Brussels.
227. IDF (1997c) In *Dairy Starter Cultures of Lactic Acid Bacteria (LAB) - Standard of Identity*, Standard 149A, International Dairy Federation, Brussels.
228. IDF (1997d) In *Sensory Evaluation of Dairy Products by Scoring*, Standard 99C, International Dairy Federation, Brussels.
229. IDF (1998) In *Yeasts in the Dairy Industry: Positive and Negative Aspects*, Special Issue No. 9801, International Dairy Federation, Brussels.
230. Ionkova, G. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 901.
231. Jacobs, M. E., Tynkkynen, S. and Sibakov, M. (1995) *Applied Microbiology and Biotechnology*, **44**(3/4), 405.
232. Jervis, D. I. (1992) In *The Technology of Dairy Products*, Ed. by Early, R. VCH Publishers, New York, pp. 272–299.
233. Johns, E. E., Gordon, J. F. and Shapton, N. (1978) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **31**, 209.

234. Jordano, R. and Salmeron, J. (1990) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, **8**, 81.
235. Jordano, R., Jodral, M., Martinez, P., Salmeron, J. and Pozo, R. (1989) *Journal of Food Protection*, **52**, 823.
236. Jordano, R., Barrios, M. J. and Medina, L. M. (1991a) *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, **9**, 353.
237. Jordano, R., Medina, L. M. and Salmeron, J. (199lb) *Journal of Food Protection*, **54**, 131.
238. Jordano, R., Cristina, E., Serrano, M. T. and Salmeron, J. (1992) *Journal of Food Protection*, **55**, 999.
239. Kahkonen, P., Tuorila, H. and Lawless, H. (1997) *Food Quality and Preference*, **8**, 125.
240. Karman, A. H. and Van Boekel, M. A. J. S. (1986) *Netherlands Milk and. Dairy Journals*, **40**, 315.
241. Karunaratne, A., Wezenberg, E. and Bullerman, L. B. (1990) *Journal of Food Protection*, **53**, 230.
242. Keceli, T. and Robinson, R. K. (1997) *Dairy Industries International*, **62**(4), 29.
243. Khattab, A. A., El-Leboudy, A. M. and Ahmad, H. M. (1993) *Egyptian Journal of Food Science*, **21**, 41.
244. Kirihara, O., Sakauchi, I. and Nakazawa, Y. (1987) *Dairy Science Abstracts*, **49**, 317.
245. Kirk, R. S. and Sawyer, R. (1991) In *Pearson's Composition and Analysis of Foods*, 9th Edition, Longman Scientific & Technical, London, pp. 530–608.
246. Kleiss, T., Albrecht, J., Putallaz, T. and Cordier, I. (1995) *Journal of Microbiological Methods*, **22**, 131.
247. Kornacki, J. L. and Marth, E. H. (1982) *Journal of Food Protection*, **45**, 1051.
248. Kreger-Van Rij, N. J. W. (1984) In *The Yeasts: A Taxonomic Study*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
249. Kroger, M. and Fram, S. R. (1975) *Journal of Food Technology*, **29**(11), 52.
250. Kss (1980) In *Kuwait Standard Specifications*, Ministry of Health, Kuwait.
251. Lacroix, C. and Lachance, O. (1988) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, **21**, 511.
252. Lamprecht, J. L. (1993) In *Implementing the ISO 9000 Series*, Marcel Dekker, New York.
253. Langton, M. (1991) In *The Microstructure of Yoghurt: A Literature Review*, SIK – Rapport No. 580, Swedish Institute for Food Research, Gothenberg.
254. Lankaputhra, W. E. V., Shah, N. P. and Britz, M. L. (1996) *Food Australia*, **48**, 113.
255. Lapierre, L., Undeland, P. and Cox, L. J. (1992) *Journal of Dairy Science*, **75**, 1192.
256. Lee, S. Y., Vedamuthu, E. R., Washam, C. J. and Reinbold, G. W. (1974) *Journal of Milk and Food Technology*, **37**, 272.
257. Lewis, M. and Dale, R. H. (1994) In *Shelf-Life Evaluation of Foods*, Ed. by Man, C. M. D. and Jones, A. A., Blackie Academic & Professional, London, pp. 127–155.
258. Leyer, G. J. and Johnson, E. A. (1992) *Applied and Environmental Microbiology*, **58**, 2075.
259. Lim, K. S., Huh, C. S., Baek, Y. J. and Kim, H. U. (1995) *Journal of Dairy Science*, **78**, 2108.
260. Loken, J. K. (1995) In *The HACCP Food Safety Manual*, John Wiley & Sons, London.
261. De Lorenzi, L., Pricl, S. and Torriano, G. (1995) *International Dairy Journal*, **5**, 661.
262. Luck, H. and Gavron, H. (1990) In *Dairy Microbiology*, Vol. 2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R.K., Elsevier Applied Science, London, pp. 345–392.
263. Luck, H., Kriel, J. B. and Mostert, J. F. (1973) *South African Journal of Dairy Technology*, **5**, 129.
264. Lunder, T. V. (1972) *Milchwissenschaft*, **27**, 227.
265. Lyon, D. H., Francombe, M. A., Hasdel, T. A. and Lawson, K. (Eds.) (1992) In *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*, Chapman & Hall, London.
266. Macfie, H. J., Bratchell, N., Greenhof, K. and Vallis, L. V. (1989) *Journal of Sensory Studies*, **4**, 129.
267. Maff (1975) In *Food Standards Committee Report on Yogurt* FSC/REP/64 Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London.
268. De Man, J. C., Rogosa, M. and Sharpe, M. E. (1960) *Journal of Applied Bacteriology*, **23**, 130.
269. Mantis, A., Koidis, P. and Karaioannoglou, P. (1982) *Milchwissenschaft*, **37**, 654.
270. Van Marle, M. E. and Zoon, P. (1995) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **49**, 47.
271. Marquez, M. F., Ruiz, B. G-V. and Opez, D. (1995) *International Journal of Food Science and Technology*, **30**, 307.
272. Marshall, V. M. and Tamime, A. Y. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 35.
273. Martin, J. H. and Marshall, D. L. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(3), 9.
274. Masolun, A., Mackintosh, R. and Van Beurden, R. (1992) In *Food Safety and Quality Assurance: Applications of Immunoassay Systems*, Ed. by Morgan, M. R. A., Smith, C. J. S. and Williams, P. A. Elsevier Applied Science, London, pp. 167–172.
275. Massa, S., Trovatelli, L. D. and Canganella, F. (1991) *Letters in Applied Microbiology*, **13**, 112.
276. Massa, S., Altieri, C., Quaranta, V. and de Pace, R. (1997) *Letters in Applied Microbiology*, **24**, 347.
277. Masud, T., Ali, A. M. and Shah, M. A. (1993) *Australian Journal of Dairy Technology*, **48**, 30.
278. Matalon, M. E. and Sandine, W. E. (1986) *Journal of Dairy Science*, **69**, 2569.
279. McCann, G., Moran, L. and Rowe, M. (1991) *Milk Industry*, **93**(2), 15.
280. McGregor, J. U. and White, C. H. (1986) *Journal of Dairy Science*, **69**, 698.
281. Micanel, N., Haynes, I. N. and Playne, M. J. (1997) *Australian Journal of Dairy Technology*, **52**, 24.
282. Millard, G. E., McKellar, R. C. and Holley, R. A. (1989) *Dairy Industries International*, **54**(7), 37.
283. Millard, G. E., McKellar, R. C. and Holley, R. A. (1990) *Journal of Food Protection*, **53**, 64.
284. Mistry, V. V., Hassan, H. N. and Baer, R. J. (1989) *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, **72**, 877.

285. Mohammed, F. O. and Younis, Y. A. (1990) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **18**, 369.
286. Mohran, M. R. and Said, M. R. (1990) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **18**, 61.
287. Morgan, D., Newman, C. P., Hutchinson, D. N., Walker, A. M., Rowe, B. and Majid, F. (1993) *Epidemology and Infection*, **111**, 181.
288. Mortimore, S. E. and Wallace, C. (1994) In *HACCP – A Practical Approach*, Chapman & Hall, London.
289. Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M. and Baert, J. (1989) *Journal of Dairy Science*, **72**, 2247.
290. Muir, D. D. and Hunter, E. A. (1992) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **45**, 73.
291. Muir, D. D., Hunter, E. A. and Dalaudier, C. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 28.
292. Mulchandani, A., Bassi, A. S. and Nguyen, A. (1995) *Journal of Food Science*, **60**, 74.
293. Nadathur, S. R., Could, S. J. and Bakalinsky, A. T. (1994) *Journal of Dairy Science*, **77**, 3287.
294. Netherlands standards (1967) *Digest of Health Legislation – WHO*, **18**, 755.
295. Neviani, E., Bossi, M. G., Brambilla, F. and Gatti, M. (1992) *Dairy Science Abstracts*, **54**, 1042.
296. Ocden, L. V. (1993) In *Dairy Science and Technology Handbook*, Vol. 1, Ed. by Hui, Y.H., VCH Publishers, New York, pp. 157–276.
297. Ogihara, H., Saito, K. and Haruta, M. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 324.
298. Olieman, C. and De Vries, E. S. (1988) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **42**, 111.
299. O'Mahony, M., Mitchell, E., Gilbert, R. J., Hutchison, D. N., Begg, N. T., Rodhouse, J. C. and Morris, J. E. (1990) *Epidemiology and Infection*, **104**, 389.
300. Onggo, I. and Fleet, G. H. (1993) *Australian Journal of Dairy Technology*, **48**, 89.
301. Ottaviani, F. and Franceschetti, E. (1983) *Dairy Science Abstracts*, **45**, 28.
302. Ozbac, Z. Y. and Aytac, S. A. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 626.
303. Ozbac, Z. Y. and Aytac, S. A. (1996) *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, **202**, 324.
304. Ozer, B. H. (1997) In *Rheological Properties of Labneh (Concentrated Yoghurt)*, PhD Thesis, University of Reading, Reading.
305. Ozer, B. H., Robinson, R. K., Grandison, A. S. and Bell, A. E. (1997) *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 129.
306. Ozer, B. H., Bell, A. E., Grandison, A. S. and Robinson, R. K. (1998) *Journal of Texture Studies*, **29**, 67.
307. Pappas, C. P. (1988) *British Food Journal*, **90**, 296.
308. Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y. and de Man, J. M. (1986a) *Journal of Food Science*, **51**, 1459.
309. Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y., Mullen, K., Arnott, D. R. and de Man, J. M. (1986b) *Journal of Dairy Science*, **69**, 2593.
310. Pearce, L. E. and Heap, H. A. (1974) *Town Milk-Journal of the New Zealand Milk Board*, **22**, 18.
311. Peral de Portillo, M. C., Amoroso, M. G. and Olivera, G. (1988) *Milchwissenschaft*, **43**, 490.
312. Pette, J. W. and Lolkema, H. (1951) *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **5**, 27.
313. Pettipher, G. L. (1993) In *Modern Dairy Technology*, Vol.2, 2nd Edition, Ed. by Robinson, R.K., Chapman & Hall, London, pp. 417–454.
314. Pfleger, R. (1985) *Dairy Science Abstracts*, **47**, 726.
315. Picque, D. and Corrieu, G. (1988) *Biotechnology and Bioengineering*, **31**, 221.
316. Pierson, M. D. and Corlett, D. A. (1992) In *HACCP – Principles and Applications*, Van Nostrand Reinhold, New York.
317. Piggott, J. R. (Ed.) (1988) In *Sensory Analysis of Foods*, 2nd Edition, Chapman & Hall, London.
318. Pirovano, F., Piazza, I., Brambilla, F. and Sozzi, T. (1995) *Lait*, **75**, 285.
319. Poste, L. M. and Patterson, C. F. (1988) *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, **21**, 271.
320. Posthumus, G. (1954) *Official Orgaan FNZ*, **46**, 55.
321. Powers, J. J. (1988) In *Sensory Analysis of Foods*, 2nd Edition, Ed. by Piggott, J.R., Chapman & Hall, London, pp. 179–242.
322. Prasad, M. M. and Ghodeker, D. R. (1991) *Cultured Dairy Products Journal*, **26**(2), 22.
323. Prentice, J. H. (1992) In *Dairy Rheology – A Concise Guide*, VCH Publishers, Cambridge.
324. Radke-Mitchell, L. and Sandine, W. E. (1984) *Journal of Food Protection*, **45**, 245.
325. Ramaswamy, H. S. and Basak, S. (1991a) *International Dairy Journal*, **1**, 17.
326. Ramaswamy, H. S. and Basak, S. (1991b) *Journal of Texture Studies*, **22**, 231.
327. Rasic, J. L. (1990) In *IDF Bulletin*, Doc. No. 252, International Dairy Federation, Brussels, pp. 24-34.
328. Rasic, J. L., Skrinjar, M. and Markov, S. (1991) *Mycopathologia*, **113**, 117.
329. Rawson, H. L. and Marshall, V. M. (1997) *International Journal of Food Science and Technology*, **32**, 213.
330. Reddy, M. S., Vedamuthu, E. R., Washam, C. J. and Reinbold, G. W. (1969) *Applied Microbiology*, **18**, 755.
331. Reinheimer, J. A., Demkow, M. R. and Candioti, M. C. (1990) *Australian Journal of Dairy Technology*, **45**, 5.
332. Reuter, G. (1985) *International Journal of Food Microbiology*, **2**, 55.
333. Ribeiro, S. H. S. and Carminati, D. (1996) *Sciences des Aliments*, **16**, 175.
334. Roberts, R. F. and Maust, J. M. (1995) *Cultured Dairy Products Journal*, **30**(4), 2.
335. Robinson, R. K. (1976) *Dairy Industries*, **41**, 449.

336. Robinson, R. K. (1981) *Dairy Industries International*, **46**(3), 31.
337. Robinson, R. K. (1988) *Dairy Industries International*, **53**(7), 15.
338. Robinson, R. K. (1989) *Dairy Industries International*, **54**(7), 23.
339. Robinson, R. K. and Tamime, A. Y. (1976) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **29**, 148.
340. Roefs, S. P. F. M. (1986) In *Structure of Acid Casein Gels*, Ph. D. Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
341. Roefs, S. P. F. M. and van Vliet, T. (1990) *Colloids and Surfaces*, **50**, 161.
342. Rohm, H. (1992) *Lebensmittel-Wissenschaft & Technology*, **25**, 297.
343. Rohm, H. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 614.
344. Rohm, H. and Kovac, A. (1994) *Journal of Texture Studies*, **25**, 311.
345. Rohm, H. and Schmid, W. (1993) *Milchwissenschaft*, **48**, 556.
346. Rohm, H., Kovac, A. and Kneifel, W. (1994) *Journal of Sensory Studies*, **9**, 171.
347. Ronnegerd, E. and Dejmek, P. (1993) *Lait*, **73**, 371.
348. Rowe, M. T. and McCann, G. J. (1990) *Letters in Applied Microbiology*, **11**, 282.
349. Rybka, S. and Kailasapathy, K. (1996) *International Dairy Journal*, **6**, 839.
350. Salih, M. A., Sandine, W. E. and Ayres, J. W. (1990) *Journal of Dairy Science*, **73**, 887.
351. Samona, A. and Robinson, R. K. (1991) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **44**, 64.
352. Sanches-Banuelos, J. M., Montano-Ortega, A., Aguilera-Valencia, G. and Garcia-Garibay, M. (1992) *Cultured Dairy Products Journal*, **27**(1), 14.
353. Sato, J., Omata, Y., Kodama, Y., Kamei, T. and Noda, K. (1986) *Dairy Science Abstracts*, **48**, 859.
354. Scannella, D., Neaves, P., Keedy, K. and Bell, C. (1997) *International Dairy Journal*, **7**, 93.
355. Scardovi, V. (1986) In *Bergy's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2, Ed. by Smeath, P. H. A., Mair, M. S., Sharp, M. E. and Hold, J. G., Williams and Wilkins, Baltimore, pp. 1418–1434.
356. Schaack, M. M. and Marth, E. H. (1988a) *Cultured Dairy Products Journal*, **23**(4), 14.
357. Schaack, M. M. and Marth, E. H. (1988b) *Journal of Food Protection*, **51**, 607.
358. Schaack, M. M. and Marth, E. H. (1988c) *Journal of Food Protection*, **51**, 848.
359. Schicht, H. H. (1989) *Swiss Pharma*, **11**(11), 15.
360. Schicht, H. H. (1991) *European Food & Drink Review*, Summer, 5.
361. Schmidt, R. H., Vargas, M. M., Smith, K. L. and Jezeski, J. J. (1985) *Journal of Food Processing and Preservation*, **9**, 235.
362. Van Schothorst, M. and Kleiss, T. (1994) *Food Control*, **5**, 162.
363. Shankar, P. A. and Davies, F. L. (1977) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **30**, 28.
364. Shapton, N. and Cooper, P. J. (1984) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **37**, 60.
365. Sharaf, O. M., Badawey, A., Tawfek, N. F. and El-Sayed, A. M. A. A. (1988) *Egyptian Journal of Food Science*, **16**, 159.
366. Sherbon, J. W. (1988) In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 3rd Edition, Ed. by Wong, N. P., Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 409–460.
367. Sherman, P. (1970) In *Industrial Rheology*, Academic Press, London.
368. Shimada, K., Mada, N., Mutai, M., Suzuki, A. and Kondma, H. (1977) *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, **18**, 537.
369. SI (1987) In *Weights and Measures, Quantity Marking and Abbreviation of Units Regulations*, Statutory Instruments No. 1538, HMSO, London.
370. SI (1995a) In *The Dairy Products (Hygiene) Regulations 1995*, Statutory Instruments No. 1086, HMSO, London.
371. SI (1995b) In *The Dairy Products (Hygiene) (Scotland) Regulations 1995*, Statutory Instruments No. 1372 (S.101), HMSO, London.
372. SI (1995c) In *The Miscellaneous Food Additives Regulations 1995*, Statutory Instruments No. 3187, HMSO, London.
373. SI (1995d) In *The Sweeteners in Food Regulations 1995*, Statutory Instruments No. 3123, HMSO, London.
374. SI (1995e) In *The Colours in Food Regulations 1995*, Statutory Instruments No. 3124, HMSO, London.
375. SI (1996) In *The Food Labelling Regulations 1996*, Statutory Instruments No. 1499, HMSO, London.
376. Sinha, R. P. (1991) *Journal of Food Protection*, **54**, 537.
377. Sinha, R. P., Modler, H. W. and Emmons, D. B. (1989) *Cultured Dairy Products Journal*, **24**(2), 12.
378. Siragusa, G. R. and Johnson, M. G. (1988) *International Journal of Food Microbiology*, **7**, 147.
379. Skriver, A. (1995) In *Characterisation of Stirred Yoghurt by Rheology, Microscopy and Sensory Analysis*, PhD Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg.
380. Skriver, A., Roemer, H. and Qvist, K. B. (1993) *Journal of Texture Studies*, **24**, 185.
381. Skriver, A., Buchheim, W. and Qvist, K. B. (1995) *Milchwissenschaft*, **50**, 683.
382. Stadhouders, J. and Driessen, F. M. (1992) In Bacillus cereus *in Milk and Milk Products*, Doc. No. 275, International Dairy Federation, Brussels, pp. 40–45.

383. Stannard, C. (1997) *Food Science and Technology Today*, **11**, 137.
384. Steventon, A. J., Parkinson, C. J., Fryer, P. F. and Bottomley, R. C. (1990) In *Rheology of Food, Pharmaceutical and Biological Materials with General Rheology*, Ed. by Carter, R. E. Elsevier Publishers, London, pp. 196–210.
385. Stoer, N. L. and Lawless, H. T. (1993) *Journal of Sensory Studies*, **8**, 257.
386. Stone, H. and Sidel, J. L. (1985) In *Sensory Evaluation Practices, Academic* Press, London.
387. Storgards, T. (1964) In *Fermented Milks*, Part III, International Dairy Federation Brussels, pp. 65–75.
388. Sultan, N. I., Magdoub, M. N. L., Rodshday, I. M. and Khalafalla, S. M. (1988) *Egyptian Journal of Dairy Science*, **16**, 9.
389. Suriyarachchi, V. R. and Fleet, G. H. (1981) *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, **42**, 574.
390. Tamime, A. Y. (1977) In *Some Aspects of the Production of Yoghurt and Condensed Yoghurt*, PhD Thesis, Reading University, Reading, U. K.
391. Tamime, A. Y., Davies, G. and Hamilton, M. P. (1987) *Dairy Industries International*, 52(6), 19.
392. Tamime, A. Y., Davies, G., Chehade, A. S. and Mahdi, H. A. (1989) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **42**, 35.
393. Tamime, A. Y., Davies, G., Chehade, A. S. and Mahdi, H. A. (1991) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **44**, 99.
394. Tamime, A. Y., Marshall, V. M. E. and Robinson, R. K. (1995) *Journal of Dairy Research*, **62**, 151.
395. Teggatz, J. A. and Morris, H. A. (1990) *Food Structure*, **9**, 133.
396. Teraguchi, S., Uehara, M., Ogasa, K. and Mitsuoka, T. (1978) *Japanese Journal of Bacteriology*, **33**, 753–761.
397. Terzaghi, B. E. and Sandine, W. E. (1975) *Journal of Applied Microbiology*, **29**, 807.
398. Thompson, J. K. and Collins, M. A. (1989) *Food Microbiology*, **6**, 211.
399. Tilbury, R. H., Davis, J. G., French, S. and Emrie, F. K. E. (1974) In *Proceedings of the 4th International Symposium on Yeasts*, Part 1, 8–12 July in Vienna, pp. 265–266.
400. Tuorila, H., Sommardahl, C., Hyvonen, L., Leporanta, K. and Merimaa, P. (1993) *International Journal of Food Science and Technology*, **28**, 359.
401. Uradzinski, J. (1990) *Dairy Science Abstracts*, **52**, 115.
402. Usphs (1959) In *Public Health Monograph No. 60*, U.S. Public Health Service, Washington DC.
403. Vanox, V. and Cox, L. (1986) *Food Microbiology*, **3**, 223.
404. Vazquez, H. J. (1988) In *Biotechnology and Food Industry*, Ed. by Hollo, J. and Torley, D., Akademiai Kiado, Budapest, pp. 43–50.
405. Velez-Ruiz, J. F. and Barbosa Canovas, G. V. (1997) *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **37**, 311.
406. Vickers, Z. M. (1993) *Journal of Sensory Studies*, **8**, 341.
407. Vlaemynck, G. M. (1994) *Journal of Food Protection*, **57**, 913.
408. Vlahopoulou, I. and Bell, A. E. (1990) In *Rheology of Food, Pharmaceutical and Biological Materials with General Rheology*, Ed. by Carter, R. E., Elsevier Applied Science, London, pp. 331–334.
409. Walstra, P. (1997) Relation between structure and texture of cultured/fermented dairy products. In *Proceedings of IDF Symposium on Texture of Fermented Milk Products and Dairy Desserts*, 5–6 May in Vicenza, Italy.
410. Walstra, P., van Vliet, T. and Bremer, C. G. B. (1990) In *Food Polymers, Gels and Colloids*, Ed. by Dickinson, E. The Royal Society of Chemistry, Norwich, pp. 369–382.
411. Wang, S. H. (1941) *Journal of Bacteriology*, **42**, 297.
412. Weeks, M. G., Gosling, E. J. and Munro, P. A. (1997) *Journal of Dairy Research*, **64**, 69.
413. Who (1993) In *Training Considerations for the Application of Hazard Analysis Critical Control Point System to Food Processing and Manufacturing*, WHO/FNU/FOS/93.3, World Health Organisation, Geneva.
414. Wilson, G. S. (1935) In *Bacteriological Grading of Milk*, Series No. 206, HMSO, London.
415. Wiseman, D. W. and Marth, E. H. (1983) *Journal of Food Protection*, **46**, 115.
416. Wong, H. C. and Chen, Y. L. (1988) *Applied and Environmental Microbiology*, **54**, 2179.
417. Xiong, Y. L. and Kinsella, J. E. (1991) *Milchwissenschaft*, **46**, 207.
418. Yamani, M. I. (1993) *International Journal of Food Science and Technology*, **28**, 111.
419. Yamani, M. I. and Ibrahim, S. A. (1996) *Journal of the Society of Dairy Technology*, **49**, 103.
420. Yang, Z., Suomalainen, T., Mayra-Makinen, A. and Huttunen, E. (1997) *Journal of Food Protection*, **60**, 786.
421. Yoshida, K., Haruta, M., Kitada, T., Suzuki, I. and Morichi, T. (1987) *Japanese Journal of Zootechnical Science*, **58**, 13.
422. Zeng, S. S., Hart, S., Escobar, E. N. and Tesfai, K. (1998) *Journal of Food Protection*, **61**, 344.
423. Zuniga Estrada, A., Lopez Merino, A. and Monta de la Garza, L. (1995) *Revista Latinoamericana de Microbiologia*, **37**, 257

Приложение 1
Способы выражения титруемой кислотности и ее значения, соотнесенные с процентным содержанием молочной кислоты

% молочной кислоты	по Сокслету-Хенкелю (°SH)	по Торнеру (°T)	по Дорну (°D)
0,0000	0	0,0	0,00
0,0225	1	2,5	2,25
0,0450	2	5,0	4,50
0,0675	3	7,5	6,75
0,0900	4	10,0	9,00
0,1125	5	12,5	11,25
0,1350	6	15,0	13,50
0,1575	7	17,5	15,75
0,1800	8	20,0	18,00
0,2025	9	22,5	20,25
0,2250	10	25,0	22,50
0,2475	11	27,5	24,75
0,2700	12	30,0	27,00
0,2925	13	32,5	29,25
0,3150	14	35,0	31,50
0,3375	15	37,5	33,75
0,3600	16	40,0	36,00
0,3825	17	42,5	38,25
0,4050	18	45,0	40,50
0,4275	19	47,5	42,75
0,4500	20	50,0	45,00

% молочной кислоты	по Сокслету-Хенкелю (°SH)	по Торнеру (°T)	по Дорну (°D)
0,4725	21	52,5	47,25
0,4950	22	55,0	49,50
0,5175	23	57,5	51,75
0,5400	24	60,0	54,00
0,5625	25	62,5	56,25
0,5850	26	65,0	58,50
0,6075	27	67,5	60,75
0,6300	28	70,0	63,00
0,6525	29	72,5	65,25
0,6750	30	75,0	67,50
0,6975	31	77,5	69,75
0,7200	32	80,0	72,00
0,7425	33	82,5	74,25
0,7650	34	85,0	76,50
0,7875	35	87,5	78,75
0,8100	36	90,0	81,00
0,8325	37	92,5	83,25
0,8550	38	95,0	85,50
0,9000	39	97,5	87,75
0,9225	40	100,0	90,00
0,9450	41	102,5	92,25
0,9675	42	105,0	94,50
0,9900	43	107,5	96,75
1,0125	44	110,0	99,00
1,0125	45	112,5	101,25
1,0350	46	115,0	103,50
1,0575	47	117,5	105,75
1,0800	48	120,0	108,00
1,1025	49	122,5	110,25
1,1250	50	125,0	112,50
1,1475	51	127,5	114,75
1,1700	52	130,0	117,00
1,1925	53	132,5	119,25
1,2150	54	135,0	121,50
1,2375	55	137,5	123,75
1,2600	56	140,0	126,00
1,2825	57	142,5	128,50
1,3050	58	145,0	130,50
1,3275	59	147,5	132,75
1,3500	60	150,0	135,00
1,3725	61	152,5	137,25

% молочной кислоты	по Сокслету-Хенкелю (°SH)	по Торнеру (°T)	по Дорну (°D)
1,3950	62	155,0	139,50
1,4175	63	157,5	141,75
1,4400	64	160,0	144,00
1,4625	65	162,5	146,25
1,4850	66	165,0	148,50
1,5075	67	167,5	150,75
1,5300	68	170,0	153,00
1,5525	69	172,5	155,25
1,5750	70	175,0	157,50
1,5975	71	177,5	159,75
1,6200	72	180,00	162,00
1,6425	73	182,5	14,25
1,6650	74	185,0	166,50
1,6875	75	187,5	168,75
1,7100	76	190,0	171,00
1,7325	77	192,5	173,25
1,7550	78	195,0	175,50
1,7775	79	197,5	177,75
1,8000	80	200,0	180,00
1,8225	81	202,5	182,25
1,8450	82	205,0	184,50
1,8675	83	207,5	186,75
1,8900	84	210,0	189,00
1,9125	85	212,5	191,25
1,9350	86	215,0	193,50
1,9575	87	217,5	195,75
1,9800	88	220,0	198,00
2,0025	89	222,5	200,25
2,0250	90	225,0	202,50
2,0475	91	227,5	204,75
2,0700	92	230,0	207,00
2,0925	93	232,5	209,25
2,1150	94	235,0	211,50
2,1375	95	237,5	213,75
2,1600	96	240,0	216,00
2,1825	97	242,5	218,25

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизация 262, 273
Азот небелковый 26
Айран 66
Активность воды 58
Актилайт 63
Альбумин 26
Аминокислоты 42
  свободные, образование 513
Аммония четвертичные соединения см. QAC
Анализатор структуры 619
Антибиотики 456–459
  классификация 459
Ароматизаторы 202
Аспартам 62–63
Афлатоксин 472
Ацесульфам калия 63
Ацетальдегид 498, 502

Б

Бактерии молочнокислые 438
  ассоциативный рост 449
  генетические модификации 446–447
  классификация 439
  углеводный обмен 485
  характеристики 440
    роста 447
Бактериофаги 462–468
  микроструктура 466
  морфология 465
Бактериоцины 469
  ингибирование культур закваски 471
  характеристики 470
Бактофугирование 28
Бактопеназа 64
Банки жестяные 229
Белковые добавки 45
Белок 35, 43
  коагуляция 85
  метаболизм 503
молока
  гидратация 85
  пищевая ценность 577
  состав 83
  строение молекулы 503–504
  немолочный 44
  сыворотки 36, 409
    денатурация 86, 92
    состав 83
    хлопьеобразование 94
Бензоат натрия 66
Бензойная кислота 66
Бержа система 374
Бифидобактерии 40
Бифигурт 16
Биогард 16
Био-йогурт 95, 404
контроль качества 630
  лечебные свойства 582–583
Биокультуры 392
Биосинтез
  витамина B_6 526–527
  ниацина 525, 527
  фолиевой кислоты 524
Бифидобактерии 442–445
БПК 342
Брожение молочнокислое
  гетероферментативное 487
  гомоферментативное 485–486
Бургол 400

В

Ванна длительной пастеризации 157
Вискозиметр 228
ротационный 620
Витамины 26, 69, 88
  метаболизм 521
  пищевая ценность 579
Вкусовые вещества
  образование 495
Вкусовые добавки 106, 108–109

Вкусовые ингредиенты
фруктовые 103
Вода 43
жесткость 294, 296
единицы измерения 297
стандарты 296
Выживание микроорганизмов 336–338
Выпаривание под вакуумом 40

Г

Гель йогуртовый 89, 97
кислотный 97
молочный 98
ферментный 97
структура 89
Гидроколлоиды 49–51
Гидролиз 59
Глюкоза 60
Гомогенизатор
высокого давления 188–189
Гомогенизация 70, 186–187
давление 76
одноступенчатая 73, 189
двухступенчатая 67, 183
теоретические основы 187
Госсипол 45
Гумулон 107

Д

Дахи 67, 95, 395
Дезинфекция 298, 312–313, 326–327
ультрафиолетом 333
Декстроза 60
Дельвоцид 67
Диафильтрация 34
Диспетчеризация партий 269
программное обеспечение 270
ДНК 446, 452, 458, 464
Дрожжи 16

Е

Емкости технологические 156

Ж

Желатин 39
Женьшень 471
Жир 35, 43
Жирные кислоты 518
летучие 519
содержание в молоке 519

З

Забади 16, 94 358, 414
Загрязнения 288
из окружающей среды 461
типы 294, 306
Закваска 21
активизация 540
активность 69, 82 448, 518, 544
влияние подсластителей 61
выбор штаммов 559
высокоактивная 25
для питьевого йогурта 367
дозирование 94
жидкая 541, 543
замедленный рост 452
замороженная 541, 550
в жидком азоте 552
среда культивирования 551
размораживание 551
ингибирование развития
микрофлоры 79
консервирование 540
контроль качества 606
активности закваски 610
закваски для биойогурта 611
микробиологический 606
чистоты закваски 610
культивирование 555
микроорганизмы 95
пересадка 24
приготовление 542
производство 540
система Джонса 563
система Льюиса 561–562
система со стерильным воздухом 563
система Tetra Pak 564
среды 549
традиционные методы 560
управление кислотностью 566

прямого внесения 25, 202
(см. также DVS)
развитие микрофлоры 65, 79
способы сохранения 541
стартерные культуры 445
сублимированная 546
сухая 541, 544
сушка 544
устойчивость к сахару 58
чистота 24
чувствительность к моющим
и дезинфицирующим средствам 461
Заменители жира 406
Здания и сооружения 275
водостоки 278
коммуникации 280
крыши 278
окна и двери 279
полы 279
потолки 279
проектирование 277
расположение 275
строительство 277
этажность 278

И

Излучение 190
Имер 372
Иммуноглобулины 26
Инвертный сахар 59

Й

Йогурт
азотистые фракции 513
ароматизированный 56, 352
ассортимент 267
вкус 27
вязкость 27, 39, 46, 76, 222–225, 253, 384
измерение 76, 228
газированный 366–369
густой 77, 94, 362
длительного хранения 361
домашнего приготовления 150–152
замороженный 17, 389, 391
йогурт-мусс 389, 391
мягкий 389
родственные продукты 393
твердый 389
технология 390
химический состав 390, 392
из молока различных животных 353
буйволиц 358
верблюдиц 360
коз 13, 354, 413
овец 356
из соевого молока 413
кислотность 27
классификация 20–21
консистенция 27, 32
контроль качества 594
анализ физических свойств 615
анализ химического состава 612
пороки качества 636
микробиологический 625–633
мониторинг оборудования 600
органолептический 633–639
рабочая тетрадь 597
концентрированный 16, 371
копченый 17
лечебные свойства 581
микроструктура 89, 411
минеральный состав 69
названия 15, 371
наполнители 617
непрерывное производство 255
охлаждение 126–127
в резервуаре 210
пастеризованный 21, 362
технология 362–363
перекачивание 222
перемешанный 77, 94, 350, 362
технологическая линия 207
питьевой 17, 365
схема производства 366
технология 365
пищевая ценность 572
правила потребления 129
производственные линии 256
происхождение 13
процеженный 17

растягивание 227–228
рекомбинированный 378
реологические свойства 47
розлив
оборудование 237–244
с гидролизованной лактозой 369–371
с добавлением крахмала 51
с искусственными подсластителями, характеристики 62
с нарушенным сгустком см. *Йогурт перемешанный*
с растительным маслом 410
сладость 27
содержание
аминокислот 514–515
белка 39
витаминов 522, 580
жира 394, 517
летучих жирных кислот 519–520
молочной кислоты 514
соленый 16
стадии приготовления 152
стандартный промышленный 351
способы производства 24
стойкость 189
сухой 17, 394
возможности применения 398
способы производства 395
упаковка 397
торговля 129
транспортировка 251
фильтрованный 371
микроструктура 380–383
свойства 379–380
схема производства 376
химический состав 373, 384
фруктовый 56
химический состав 573, 613
хранение 127
Йогуртница 152
Йогуртовое масло (масло ги) 17
Йогуртовые напитки 368
Йогуртовый соус 353
Йогуртовый сыр 17
Йод 339
радиоактивный 472
Йодофоры 331

К

Кадмий 472
Казеин 26, 38, 46, 54, 83–84, 93, 409
α_s-казеин 83, 353
β-казеин 83, 353
к-казеин 73, 353
Казеинат кальция 39
Казеинат натрия 39, 47
Камеди 49
Камера термостатная 193
Капроновая кислота 69
Карбонильные соединения 497
Каррагинан 50, 52
Катык 395
КБС 37, 39, 92, 415
УФ-КБС 92
Кефир 16
Кишк 17, 395, 398
микробиологическое качество 403
содержание минеральных веществ 402
традиционный метод 401
химический состав 397, 399
Клапан
гомогенизирующий 188
двухседельный 321
отсекающий 322
предохранительный 321
Клеточная биомасса
концентрация 555
технология производства 554
Конвекция 190
Консерванты 65, 473
Консистометр 621
Красители 107, 109
Ксилитол 62
Криопротекторы 546–547
Кумыс 16

Л

Лабан 367

Лабне 16, 372
анбарис 385–387
Лактамаза 64
Лактазная активность 488
Лактоза 34–35, 43
непереносимость 575
Лактопероксидаза 29
Левулоза 60
Лизоцим 68, 471
Липиды
метаболизм 516
пищевая ценность 578

М

Мадир 395
химический состав 397
Майяра реакция 88
Матричная панель 266
Мацун (армянский йогурт) 16
Мембранная фильтрация 41
Мешалка
высокоскоростная 179
переносная 180
Микрогард 68
Микроорганизмы
термофильные 16
мезофильные 16
Микрофильтрация 28, 41, 186
Минеральные вещества 43
Мини-молокозаводы 159
Мицелла 91–93, 98
дезагрегация 98
Мнемосхема 256
Мойка 288
моющие средства 290–293, 295, 460–461
концентрация 306
химический состав 309–310
промывка кислым раствором 309
резервуаров 309
скорость потока 309
способы 297, 305, 312
безразборная см. CIP-мойка
ручная 298–299
температура 307
установок обратного осмоса 319
установок ультрафильтрации 319
централизованная 324
эффективность 306
Молоко
азотистые фракции 84, 513
ацидофильно-дрожжевое 16
белок 83
восстановленное сухое обезжиренное 543
выпаривание 101, 183
гомогенизация 71
добавление подсластителей 472
для йогурта 70
жирность 166, 168
жировые шарики 70
кипячение 172
кокосовое 45
контроль качества 602
концентрирование 40–43, 101
выпариванием 256
мембранное 185
коровье 413
химический состав 413
маститное 454
нормализация 27, 29, 168–169
обезжиренное 42, 44
обогащение 27, 46
охлаждение 166
pH 66
первичная обработка 28
подсквашивание 258–260
предварительная обработка 166
предварительная подготовка 351–352
приемка 167
сквашивание 266
содержание
аминокислот 515
витаминов 521, 580
жира 29
СВ 171
соевое 44, 413, 415
химический состав 413
схема предварительной обработки 165
тепловая обработка 77–80, 85

влияние на взаимодействие «белок–жир» 87
влияние на витаминный состав 88
влияние на привкусы молока 88
влияние на свойства йогурта 80
влияние на соли молока 87
режимы 78
технологическая линия 201
титруемая кислотность 616
ферментирование 94
ферментированное 16, 18
органолептические показатели 98
потребление 19
физико-химические свойства 83
фильтрование 166
фторирование 68
химический состав 25, 27, 42, 47, 573
цельное 42
Молочная кислота
образование 489
Молочная основа
гомогенизация 517
тепловая обработка 190
Молочное производство
зоны риска 277
размещение 276
Молочнокислые микроорганизмы 16
Молочные десерты 412

Н

Нанофильтрация 36, 41, 186
Насосы
винтовой 233
диафрагменный 220–221
коловратный 216
мембранный 220
пневматический 221
объемный 215
винтовой 219
кулачковый 217
лопастный 218
перистальтический 221
поршневой 215
роторный 218, 220
с гибким колесом 219
центробежный 214–215
Натамицин 67
Натрен 63
Неогесперидин 63
Низин 67
Нитрат 472
Нитрит 472
калия 68
Нутрасвит 63

О

Обезвоженный молочный жир (ОМЖ) 34
Оборудование для работы с сухим молоком 172–183
Обратный осмос 41, 186
Огт 395
химический состав 397
Ополаскивание 298
Органолептический профиль 637
Отдушки 107
Охладители непрерывного действия 213
Очистка сточных вод 341
природа загрязнений 342
способы 343
тест на органический углерод 342
тест на СВ 342
этапы 345

П

ПАВ 332
Пальмитиновая кислота 69
Пастеризация 91
высокотемпературная 92
Пахта 16, 18–19
болгарская 95
Пенетрометр 32, 618
Пенициллин
структура 64
Пенициллиназа 61, 65
Пептидазы
аминопептидаза 509
номенклатура 506
экзопептидаза 510–511

Пептиды
образование 515
Перекись водорода 455
Перманганатный коэффициент 342
Пермеат 41
Пирсона метод (квадратов) 30
Плесени 16
Погрузочно-разгрузочные операции 251
механизация 252
Подсластители 56
методы добавления 58
относительная сладость 57
углеводные 59
Пресервы фруктовые 57
Примарицин см. *Натамицин*
Протеолиз 505
продукты 512
фракций казеинов 507

Р

Распылители 308
Реакции биохимические 484
Резервуары
для сквашивания 208
асептический 209
для сквашивания и охлаждения 208
для смешивания 179
промежуточного хранения 228
универсальные 156, 158, 191–192, 208
Реометр 622–623
Ретентат 41

С

Санитарная обработка
принципы 286
способы 335
Санитарно-гигиенические условия 285
контроль 338
бактериологический 340
органолептический 339
химический 340
Сахарин 60
Сахароза 59
Сгусток 46, 49
ненарушенный 201
оборудование 202
охлаждение 101, 209
двухстадийное 101–102
одностадийное 101
структура 90
Сетчатый фильтр 28
Синерезис 24, 36, 39, 48, 85, 258
Сироп глюкозы 60
Системы автоматического управления 261
Сита 225
Сквашивание молока 14, 24
Скир 372
Скорость кислотообразования 24
Сливки 31, 93, 169
Смеситель фруктов с йогуртом 231
Сода каустическая 332
COMO 26, 32–33, 392
Сорбиновая кислота 65–66
Сорбат
калия 65–66
натрия 65
Сорбит 60, 62
Стабилизаторы 49–55
гигиенические нормы 55
Стирол
пороговые концентрации 120
содержание в йогурте 119
Структуризатор 225–226
Сухие концентраты белков 34
Сухая пахта 36
Сухое молоко 34, 172
высокого нагрева 82
контроль качества 604–606
обезжиренное (СОМ) 34–36, 47, 256
Сушильная установка
трехступенчатая 396
Сушка
вакуумная 544
воздушно-дисперсионная 395
распылительная 398, 544
сублимационная 395–396, 544
Сыворотка 37, 42
Сывороточный белок 26
Сюзьма 372

Т

Тара 112–118
  групповая 118
  для концентрирования 375
  пакеты 116
  порционная 112–113, 115
    гибкая 116
    полужесткая 113
  транспортировочная 114, 125
    возвратная 125
Тауматин 62
Теплообменники 88
  пластинчатые 192–193
  скребковые 192, 194
  трубчатые 192, 194
Теплопроводность 190
Термообработка оборудования 328–329
Тест на органический углерод 342
Тканевые фильтры 28
Тканевый мешок 374
Транспортировка 128
  моделирование условий 128
Треонинальдолаза 501
Триглицериды 26
Трубопроводы 224
Туннель 204
  двухсекционный 204
  охлаждающий 206

У

Углеводы 573
  неусваиваемые 576
Ультрафильтрация 34, 41, 185, 377–378, 469
Упаковка 110
  для мелкого производства 153
  защитный эффект 111
  крышки 121
  маркировка 112
  подделка 120
  проницаемость 118
  растягиваемая 128
  функции 111
Упаковочное оборудование 160–164
Упаковочные материалы 114
  стерилизация 123
Управленческая информационная система (УИС) 271–274
УФ-облучение 124

Ф

Фасовка 116
  в пакеты 248
  фасовочные автоматы 236, 269
  формовочно-фасовочно-укупорочные машины 244, 248–250
Ферментация 13
  двухступенчатая 258
Ферменты
  схема классификации 505
Ферментер 259, 558
Фильтрация
  мембранная 185
Фитинги 224–225
Фолиева кислота 524
  биосинтез 525
  структура 524
Фольга алюминиевая 115, 122
Формальдегид 332
Формиат 29, 451
Фосфаты 473
Фосфолипиды 26
Фруктоза 60
Фруктовые продукты 105
  джем 105
  пюре 105
Фрукты 56, 103
  замороженные 104
  консервированные 104
  пресервы 104
  смешивание с йогуртом 230–231, 267
  способы переработки 106
  термообработка 106
  транспортировка 228
Фтор 339
Фумигация 334

Х

Хлор 330, 339
Холодильные камеры 127
ХПК 342

Ц

Цикламат 60
Циклодекстрин 45
Цистеин 82
Цистерны железнодорожные 166

Ч

Чакка 16
Чистка труб 287

Ш

Шанклиш 387
  химический состав 388
Шрикхэнд 372

Э

Экзополисахариды 93, 95–96, 413, 439, 491–494
Экстракт
  кофе 472
  чеснока 471
Эмдена–Мейергофа–Парнаса путь 500
Эмульгаторы 47
ЭПС см. *Экзополисахариды*
Этилкарбамат 68

A

ALACO 35

C

CIP-мойка 223, 270, 299–304, 308, 313–317, 319–320, 323
CIP-растворы 279
CIP-станция 303, 325

D

D-лактат 48
DVS 25, 547, 553

H

HACCP 127, 277, 593–600
  схема 596
HEPA-фильтр 564–565, 600

N

NIZO 258

Q

QAC 331

Y

Ytron-Z 227

Организации и компании, разместившие рекламу в книге

«АПВ сервис», ООО ..... глава 3
«Атлас Копко», ЗАО ..... глава 3
«Биопродукт», ООО ..... четвертая сторона обложки, главы 5, 6
«Биофуд», ООО ..... глава 2
«Глобар», ООО ..... глава 2
«Дёлер НФ и БИ», ООО ..... главы 2, 5
«Джей Элан», ООО ..... глава 2
«Евроресурс», ЗАО ..... глава 2
«Еко Ком», ООО ..... глава 2
«Молочна промисловість», журнал (Украина) ..... глава 1
«Молочная промышленность», журнал ..... глава 3
«Молочная река», журнал ..... глава 5
«Новгородский машиностроительный завод», ЗАО ..... глава 3
«Остров Индастри», ЗАО ..... второй форзац, главы 2, 3
«Переработка молока»: инф.-аналит. издание
издательского дома «Отраслевые ведомости» ..... глава 1
«Тетра Пак АО», ЗАО ..... первый форзац
«Штайреробст», ООО ..... глава 2
«Эко Лин», ООО ..... закладка

издательство ПРОФЕССИЯ

УЧЕБНИКИ И СПРАВОЧНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Румянцев Ю. Д., Калюнов В. С.

Холодильная техника: учебник. — СПб: Профессия, 2003. — 356 с., ил. — (Серия: Специалист)

В учебнике рассмотрены основы холодильной обработки и хранения пищевых продуктов, физические основы и технические средства получения низких температур. Учебник предназначен для студентов вузов, обучающихся по направлениям 655500 «Производство продуктов питания из животного сырья», 655600 «Производство продуктов питания из растительного сырья», 655700 «Технология продовольственных продуктов специального назначения и общественного питания», 655800 «Пищевая инженерия».

Солнцев Ю. П., Жавнер В. Л., Вологжанина С. А. и др.

Оборудование пищевых производств. Материаловедение: учеб. для вузов. — СПб: Профессия, 2003. — 528 с., ил. — (Серия: Специалист)

Представлен обзор пищевого оборудования и особенностей его эксплуатации. Рассмотрены условия работы материалов при различных видах нагружения и типах рабочих сред, приведены сведения о причинах разрушения материалов пищевого оборудования. Отдельные разделы посвящены хладостойким материалам для холодильного и криогенного оборудования, защитным покрытиям, материалам, применяемых или рекомендованных к применению в пищевой промышленности.

Шуман Г.

Безалкогольные напитки: сырье, технология, нормативы. — Пер. с нем. — СПб: Профессия, 2003. — 340 с., ил. — (Серия: Справочник)

(Выход в свет — IV квартал 2003 г.)

В новейшем немецком справочнике, ориентированном на специалистов-практиков, даны основные сведения по типам вод (минеральным, родниковым и столовым, лечебным и т. п.) и применяемому сырью, включая подсластители и другие добавки. Отдельные разделы посвящены собственно технологии производства безалкогольных напитков и обработке сточных вод и отходов производства. Большое внимание уделено описанию применяемых в настоящее время в ЕС норм и правил, включая тексты нормативных документов.

Информация о новых изданиях в серии «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ» приведена на форзаце

Книги можно заказать в издательстве «Профессия»
по почте: Санкт-Петербург, 191002, а/я 600
по тел./факсу: 140-12-60, 316-27-93
по e-mail: bookpost@professija.ru
www.professija.ru

А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон

ЙОГУРТ И ДРУГИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

Научные основы и технологии

Пер. с англ.

ISBN 5-93913-038-0

9 785939 130387

Научный редактор *Л. А. Забодалова*
Ответственный редактор *Д. К. Рапопорт*
Верстка и обработка иллюстраций *И. В. Артемьева*
Обработка фотографий *К. Н. Глотова*
Дизайн обложки и цветных вклеек *Р. В. Бабкина*
Корректор *О. Д. Камнева*

Лицензия № ИД 00469 от 25.11.1999 г.
Подписано к печати 08.08.2003.
Формат 70 × 100 $^{1}/_{16}$. Усл.-печ. л. 53,95. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз. Объем 41,5 печ. л.

Заказ № 292

Издательство «Профессия»
Санкт-Петербург, 191002, а/я 600
Тел./факс: (812) 316-27-93, 140-12-60. URL: www.professija.ru,
e-mail: bookpost@professija.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП ордена Трудового Красного Знамени «Техническая книга»
Министерства Российской Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
198005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

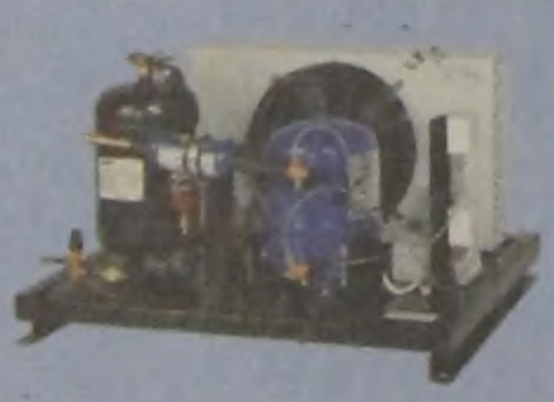
18000=

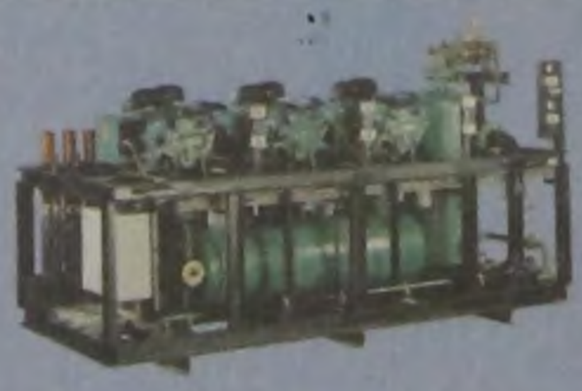
ВНИМАНИЮ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
МОЛОЧНЫХ
И КИСЛОМОЛОЧНЫХ
ПРОДУКТОВ

ПРОИЗВОДСТВО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ

ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ





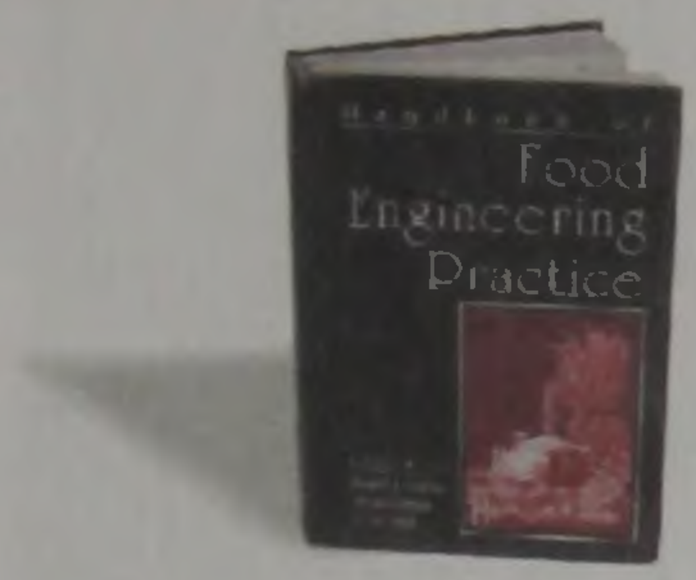
СИСТЕМЫ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ОСТРОВ

- КОНСУЛЬТАЦИИ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- ПОСТАВКА
- МОНТАЖ
- ГАРАНТИЯ
- СЕРВИС

141011, Московская область,
г. Мытищи, ул. Коммунистическая, 23
Тел.: (095) 726 5353, 582 6322,
582 6011; Факс: (095) 726 5366
E-mail: ostrov@ostrov.ru
www.ostrov.ru

переводы новейших зарубежных изданий



«Пищевая инженерия: практикум с примерами расчетов»
(«*Food Engineering Practice*»)
под общ. ред. К. Дж. Валентаса, Э. Ротштейна и Р. П. Сингха
Пер. с англ. под ред. Л. А. Ишевского.
Ок. 750 стр., ил., табл., схем.

Приведены основные принципы и примеры расчетов выпарных, стерилизационных, холодильных и сушильных установок, данные по реологическим свойствам пищевых продуктов, балансы массы и энергии, кинетика порчи пищевых продуктов и расчет сроков хранения, описаны системы тестоприготовления и многие другие аспекты, включая проектирование системы мойки CIP. Отдельная глава посвящена изложению основ пищевой химии для инженеров и технологов.

«Упаковка и тара: материалы, технологии, оборудование»
(«*Handbook of Package Engineering*»)
Пер. с англ. под общ. ред. проф. В. Л. Жавнера
Ок. 700 стр., ил., табл., схем.

Справочное пособие для специалистов по упаковке и упаковочному оборудованию. Представлен широчайший спектр упаковочных материалов и технологий, применяемых в пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности, даются рекомендации по дизайну упаковки и выбору оборудования.

«Безалкогольные напитки: сырье, технологии, нормативы»
(«*Alkoholfreie Getraenke*»)
Г. Шуманн
Пер. 9-го нем. изд.
Ок. 350 стр., ил. и табл.

В 1999 г. наше издательство выпустило пользовавшийся большой популярностью у производственников «Справочник по производству безалкогольных напитков» В. В. Рудольфа. И вот теперь — перевод современного немецкого справочного издания, ориентированного на потребности специалистов-практиков безалкогольных производств. В Германии справочник переиздавался регулярно в течение десятилетий. Его 9-е издание, перевод которого мы готовим для российских специалистов, вышло в ноябре 2002 г.

Книги можно заказать в издательстве «Профессия»
по почте: Санкт-Петербург, 191002, а/я 600
по тел./факсу: 140-12-60, 316-27-93
по e-mail: bookpost@professija.ru
www.professija.ru

В последне время наметилась устойчивая тенденция к росту потребления кисломолочных продуктов и йогуртов функционального назначения. Причин этому много, но вывод, который делают ученые всего мира один: "От систематического употребления подобных продуктов во многом зависит здоровье и будущее всего человечества".

Генеральный директор ООО "Биопродукт" Андрианов С.А.

ЛАКТИНАЛЬ™

первый в мире пробиотический молочный напиток, разработанный специально и только для женщин

BIOMATRIX™

пробиотические мультиштаммовые продукты с уникальным микробиологическим составом, максимально приближенным к физиологической норме здорового человека

БИФИЛЮКС™

ферментированные бифидопродукты с высоким содержанием живых клеток бифидобактерий