

Мудрецова-Висс К.А.

Дедюхина В.П.

Масленникова Е.В.

Основы микробиологии

Учебник

Москва
2014

УДК 579.67(075.8)
ББК 36-1я73 + 51.23я73
М89

Мудрецова-Висс К.А., Дедюхина В.П., Масленникова Е.В.

Основы микробиологии: учебник / К.А. Мудрецова-Висс, В.П. Дедюхина, Е.В. Масленникова; Владивостокский университет экономики и сервиса. – 5-е изд., исправленное, пересмотренное и дополненное. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 354 с.

Учебник состоит из двух взаимосвязанных частей: основы общей микробиологии (гл. 1-3); микробиология и санитария пищевых продуктов (гл. 4-7).

Приведены современные данные о морфологии и физиологии микроорганизмов, биохимических процессах, вызываемых ими, а также рассмотрено влияние экологических факторов на микрофлору, развивающуюся в продуктах питания при транспортировании, хранении, реализации и переработке сырья. Показана роль микроорганизмов в процессе формирования и изменения качества пищевых продуктов и возникновения ряда заболеваний, вызываемых патогенными и условно-патогенными видами. Изложены микробиологические процессы, приводящие к понижению качества и потерям ценности пищевых продуктов. Рекомендованы пути, способы и мероприятия, позволяющие предотвратить эти процессы или значительно уменьшить их.

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 100800 «Товароведение», а также для аспирантов, преподавателей и практических работников.

© К.А. Мудрецова-Висс, В.П. Дедюхина «Микробиология, санитария и гигиена», 2008
© К.А. Мудрецова-Висс, В.П. Дедюхина, Е.В. Масленникова, 2014
© ИНФРА-М, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
Предмет и задачи микробиологии.....	
Краткая история развития микробиологии.....	
Глава 1. МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ	
Положение микроорганизмов в живом мире.....	
Бактерии.....	
Общая характеристика.....	
Вирусы и фаги.....	
Грибы.....	
Общая характеристика.....	
Основы систематики грибов.....	
Дрожжи.....	
Общая характеристика.....	
Основы систематики дрожжей.....	
Глава 2. ФИЗИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ	
Понятие об обмене веществ.....	
Химический состав микроорганизмов.....	
Ферменты микроорганизмов.....	
Общая характеристика.....	
Классификация ферментов.....	
Использование микробных ферментов.....	
Конструктивный обмен – питание микроорганизмов.....	
Поступление питательных веществ в клетку.....	
Типы питания микроорганизмов.....	
Энергетический обмен у микроорганизмов.....	
Аэробные микроорганизмы.....	
Анаэробные микроорганизмы.....	
Использование энергии микроорганизмами.....	
Глава 3. ВАЖНЕЙШИЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ МИКРООРГАНИЗМАМИ, И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	
Превращение безазотистых органических веществ.....	
Анаэробные процессы.....	
Аэробные процессы.....	
Превращение азотсодержащих веществ.....	
Гнилостные процессы.....	
Глава 4. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ	
Абиотические факторы.....	
Влажность среды.....	
Химический состав среды (субстрата)	
Реакция среды.....	
Окислительно-восстановительные условия среды.....	
Концентрация растворенных веществ в среде.....	
Температура среды.....	
Лучистая энергия.....	
Ультразвуковые колебания.....	
Биотические факторы	
Антибиотики, фитонциды	
Возможные пути регулирования жизнедеятельности микроорганизмов при хранении пищевых продуктов.....	
Основы генетики микроорганизмов.....	

Глава 5. ПАТОГЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ И ПИЩЕВЫЕ (АЛИМЕНТАРНЫЕ) ЗАБОЛЕВАНИЯ ВЫЗЫВАЕМЫЕ ИМИ.....	
Патогенные микроорганизмы.....	
Инфекция, источники и механизмы передачи возбудителей.....	
Заболевания, передающиеся через пищевые продукты.....	
Пищевые инфекции.....	
Пищевые отравления.....	
Профилактика пищевых заболеваний.....	
Микробиологический контроль качества пищевых продуктов.....	
Глава 6. ИСТОЧНИКИ ИНФИЦИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ МИКРООРГАНИЗМАМИ.....	
Антропогенные факторы и природная окружающая среда.....	
Роль микроорганизмов в охране окружающей среды от загрязнения.....	
Микрофлора	
почвы.....	
Микрофлора воды.....	
Микрофлора воздуха.....	
Микрофлора тары и упаковочных материалов.....	
Микрофлора тела человека.....	
Глава 7. МИКРОБИОЛОГИЯ И САНИТАРИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	
Микробиология молока и молочных продуктов.....	
Микробиология мяса и колбасных изделий.....	
Микробиология яиц и яичных продуктов.....	
Микробиология рыбы, рыбопродуктов и промысловых беспозвоночных.....	
Микробиология крупы, муки, макаронных изделий и хлеба.....	
Производство пекарских дрожжей.....	
Микробиология плодов и овощей.....	
Микрофлора свежих плодов и овощей.....	
Микрофлора квашеных и соленых плодов и овощей.....	
Микробиология кондитерских товаров.....	
Микробиология вкусовых товаров.....	
Алкогольные напитки.....	
Безалкогольные напитки.....	
Пряности (специи).....	
Поваренная соль.....	
Микробиология кулинарных изделий.....	
Микробиология консервов.....	
Гигиена пищевых продуктов.....	
Санитарные требования к транспортировке пищевых продуктов.....	
Санитарные требования к приемке и хранению пищевых продуктов.....	
Санитарные требования к реализации продовольственных товаров покупателю.....	
ЛИТЕРАТУРА.....	

ВВЕДЕНИЕ

Предмет и задачи микробиологии

Микробиология (от греч. *mikros* – малый, *bios* – жизнь, *logos* – учение) – это наука, изучающая строение, функции, химическую деятельность, распространение, условия развития, роль и значение в жизни человека весьма малых организмов (микрорганов), большинство которых невидимо невооруженным глазом.

Мир микроорганизмов многочислен и разнообразен. Они повсеместно распространены в природе: в почве, водоемах, воздухе, находятся на продуктах питания и всех предметах, окружающих человека, а так же в нем самом, животных и растениях.

Микроорганизмы выполняют колоссальную по значимости биохимическую работу: они разлагают растительные и животные остатки на поверхности планеты, используются в технологии производства многих пищевых продуктов, различных биологически активных соединений (например, витаминов, антибиотиков), в генной инженерии, а также различных отраслях народного хозяйства.

Однако многие микроорганизмы наносят большой ущерб народному хозяйству, вызывая порчу продуктов сельскохозяйственного и промышленного производства. Ежегодно из-за поражений микробами погибает более 30% продукции растениеводства, велики потери и ряда других продуктов.

Среди микроорганизмов есть особая группа – патогенные (болезнетворные) микробы, которые вызывают заболевания человека, животных и растений. Многие патогенные микроорганизмы размножаются или довольно долго сохраняются в живом состоянии на пищевых продуктах. Попадая в организм человека, они вызывают пищевые инфекционные заболевания и отравления.

На современном этапе развития народного хозяйства страны, в условиях ускорения научно-технического прогресса, еще в большей степени возрастает роль микробиологической науки. В настоящее время микробиология дифференцирована на ряд самостоятельных дисциплин: общую, медицинскую, сельскохозяйственную, ветеринарную, техническую (промышленную) и др. Одним из разделов технической микробиологии является пищевая микробиология, вопросы которой преимущественно и рассматриваются в настоящем учебнике.

Без знания микрофлоры пищевых продуктов, специфических свойств микроорганизмов, их биохимической деятельности, зависимости развития от окружающей среды нельзя успешно выполнять задачи, поставленные перед наукой и практикой в

области контроля качества, производства, хранения, реализации пищевых продуктов и максимального сокращения их потерь.

Краткая история развития микробиологии

Микробиология принадлежит к числу тех наук, которые сильно изменили жизнь человечества.

К использованию микробиологических процессов при изготовлении теста, вина, кисломолочных продуктов человечество прибегало с незапамятных времен.

Открытие микроорганизмов относится к концу XVII в. Открыл их голландский натуралист Антони ван Левенгук (1632-1723 гг.), который сконструировал простейший микроскоп, увеличивающий рассматриваемый объект в десятки и сотни раз.

В книге «Тайны природы» он впервые описал представителей основных групп микроорганизмов: одноклеточных организмов (протистов), водорослей, бактерий. Труды Антони ван Левенгука получили широкую известность при его жизни. В 1698 г. Петр I, находясь в Голландии, посетил Левенгука и привез микроскоп в Россию.

Долгое время наука о микробах носила в основном описательный характер – шел так называемый *морфологический* период ее развития.

Начало нового направления – *физиологического* периода в развитии микробиологии – приходится на XIX в., который называют «Золотым веком» и связывают с деятельностью выдающегося французского ученого Луи Пастера (1822-1895 гг.). Пастер установил, что микроорганизмы различаются не только по внешнему виду, но и по характеру жизнедеятельности: они вызывают разнообразные химические превращения в субстратах. Он доказал, что происходящее в виноградном соке спиртовое брожение обусловлено жизнедеятельностью микроорганизмов – дрожжей. Это открытие опровергло господствующую в то время теорию Ю. Либиха о химической природе брожения. Большой цикл работ Пастера был посвящен изучению причин «болезней» вина и пива. Пастер показал, что их возбудителями являются микроорганизмы, и чтобы предотвратить порчу, предложил прогревать напитки. Этот прием применяют и в настоящее время и называют пастеризацией. Пастер впервые обнаружил бактерии, не способные развиваться в присутствии воздуха, т.е. показал, что жизнь возможна и без кислорода.

Пастер открыл природу инфекционных болезней человека и животных, установил, что эти болезни возникают вследствие заражения особыми микробами и что каждое заболевание вызывается определенным микроорганизмом. Он разработал и научно обосновал метод предупреждения заразных болезней (предохраняющие прививки),

изготовил вакцины против бешенства и сибирской язвы.

Значительным вкладом в микробиологию стали исследования немецкого ученого Роберта Коха (1843-1910 гг.). Им были введены в микробиологическую практику плотные питательные среды для выращивания микроорганизмов, что привело к разработке метода выделения микроорганизмов в так называемые *чистые культуры*, т.е. к выращиванию массы клеток каждого вида в отдельности. Этот метод открыл совершенно новые подходы для более углубленного изучения свойств микроорганизмов и вызвал бурное развитие микробиологии. Р. Кох открыл (1882 г.) возбудителя туберкулеза, названного его именем – «палочкой Коха».

Развитие микробиологии неразрывно связано с работами русских ученых. Родоначальником русской микробиологии считается И.И. Мечников (1845-1916 гг.), классические работы которого положили начало новому этапу в развитии науки. Центральной проблемой его исследований было изучение взаимоотношений паразита и хозяина – человека. Он создал фагоцитарную теорию иммунитета, в основе которой лежит способность макроорганизма противостоять инородным телам, в том числе и болезнетворным микробам. И.И. Мечников и Л. Пастер положили начало изучению антагонизма микробов, что явилось основой науки об антибиотиках. И.И. Мечниковым в Одессе была организована первая в России бактериологическая лаборатория.

Ближайшим сотрудником И.И. Мечникова был известный русский микробиолог и эпидемиолог Н.Ф. Гамалея (1859-1949 гг.), изучавший многие вопросы медицинской микробиологии. Н.Ф. Гамалея организовал в 1886 г. в Одессе первую в России станцию по прививкам против бешенства (вторую в мире после Пастеровской станции в Париже). Вся его деятельность была направлена на решение важнейших вопросов здравоохранения в нашей стране.

Большой вклад в развитие микробиологии как науки сделал Л.С. Ценковский (1822-1887 гг.). Он открыл возбудителя превращения сахарной патоки в студень (лейконосток), впервые в России приготовил вакцину против сибирской язвы.

Общая микробиология, изучающая микроорганизмы почвы, воды, и особенно сельскохозяйственная получила развитие в трудах С.Н. Виноградского (1856-1953 гг.). Он открыл процесс хемосинтеза – установил существование особых бактерий (хемоавтотрофов), способных ассимилировать углекислый газ из воздуха, используя в процессе синтеза органических веществ химическую энергию, освобождающуюся в результате реакции окисления неорганических соединений. Открыл явление фиксации атмосферного азота анаэробными бактериями. С.Н. Виноградским разработан оригинальный метод выращивания микроорганизмов с применением элективных

(избирательных) питательных сред и условий, приближенных к естественному обитанию микроорганизмов. Этот метод получил широкое применение во всех областях микробиологии.

Учеником и сотрудником С.Н. Виноградского был В.Л. Омелянский (1867-1928 гг.), создавший первый русский учебник по микробиологии «Основы микробиологии», изданный в 1909 г. Им же составлено первое «Практическое руководство по микробиологии».

Большой вклад в развитие микробиологии внесли А.А. Имшенецкий, Е.Н. Мишустин, С.И. Кузнецов, Н.Д. Иерусалимский, М.Н. Мейсель, Е.Н. Кондратьева и другие ученые.

В развитии технической микробиологии большую роль сыграли работы С.П. Костычева, С.Л. Иванова, А.И. Лебедева, изучавших процесс спиртового брожения. На основе исследований химизма образования органических кислот грибами, проведенных С.П. Костычевым и В.С. Буткевичем, в нашей стране в 1930 г. было организовано производство лимонной кислоты.

В.Н. Шапошников (1884-1968 гг.) и А.Я. Мантейфель (1882-1960 гг.) изучили и внедрили в практику способ производства молочной кислоты с помощью бактерий. Исследования В.Н. Шапошникова и Ф.М. Чистякова (1898-1959 гг.) дали возможность еще в начале 30-х годов XX в. организовать в промышленном масштабе производство ацетона и бутилового спирта с помощью бактерий. В 1947 г. В.Н. Шапошников написал первый в СССР учебник «Техническая микробиология».

Становление пищевой микробиологии связано с трудами Я.Я. Никитинского-младшего (1878-1941 гг.). Он впервые создал курс лекции пищевой микробиологии и много лет читал его в Институте народного хозяйства им. Г.В. Плеханова. Совместно с Б.С. Алеевым Я.Я. Никитинский написал специальный курс микробиологии скоропортящихся продуктов и руководство к практическим работам по микробиологии для студентов, изучающих товароведение продовольственных товаров. Труды Я.Я. Никитинского и его учеников положили начало широкому развитию микробиологии консервного производства и холодильного хранения скоропортящихся пищевых продуктов. В теорию и практику холодильного хранения продуктов питания большой вклад внес и Ф.М. Чистяков.

В микробиологию молока и молочных продуктов фундаментальный вклад внесли школы С.А. Королева (1876-1932 гг.) в Вологодском молочном институте и А.Ф. Войткевича (1875-1950 гг.) в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. В последующем это направление микробиологии развивалось в работах В.М. Богданова, Н.С. Королевой, А.М. Скородумовой, Л.А. Банниковой.

В настоящее время микробиология стала не только фундаментальной наукой – в стране плодотворно работают научно-исследовательские учреждения по многим разделам микробиологической науки. Заказы народного хозяйства выполняют многие промышленные производства, в технологии которых главенствуют микробиологические процессы.

Микробиологическая промышленность выпускает большое количество разнообразных, необходимых народному хозяйству страны препаратов: антибиотики, ферменты, аминокислоты, белки, органические кислоты и другие продукты.

Широкое развитие получила и пищевая микробиология. Во всех крупных отраслях пищевой промышленности есть научно-исследовательские институты, в которых имеются микробиологические лаборатории. На многих предприятиях пищевой промышленности функционируют микробиологические лаборатории, контролирующие производство, качество сырья и готовой продукции.

ГЛАВА 1. МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ

Морфология микроорганизмов изучает их внешний вид, форму и особенности строения, способность к движению, спорообразованию, способы размножения.

Морфологические признаки играют большую роль в распознавании и классификации микроорганизмов.

Положение микроорганизмов в живом мире

С древнейших времен живой мир делили на два царства: царство растений и царство животных. А. Левенгук, открывший мир микроскопических живых существ, считал, что они являются «маленькими живыми зверушками». До XIX в. микроорганизмы рассматривались как мельчайшие существа живой природы. Во второй половине XIX в. все микроорганизмы были выделены в царство «*Protista*» (от греч. *protos* – самый простой). В середине XX в. эту группу организмов разделили на высшие и низшие протисты. Такое деление было основано на особенностях клеточной организации, отражающей уровень эволюции.

Высшие протисты имеют эукариотное строение клетки, низшие – прокариотное. *Прокариоты* существенно отличаются от *эукариот* прежде всего тем, что у них в клетке нет обособленного ядра, отделенного от цитоплазмы собственной мембраной; второе отличие прокариот – отсутствие цитоплазматических органелл, окруженных мембраной, у эукариотных клеток имеется хорошо развитая система клеточных мембран (эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, митохондрии). Третья особенность прокариотной клетки состоит в том, что рибосомы имеют малые размеры и рассеяны в цитоплазме; в эукариотной клетке рибосомы крупнее и расположены преимущественно на поверхности мембран эндоплазматической сети.

В 1969 г. была предложена схема разделения живых организмов, имеющих клеточное строение, на пять царств: *Животные*, *Растения*, *Грибы*, *Протисты*, *Прокариоты*. Эта схема классификации живых организмов отражает три основных уровня их клеточной организации:

- *Monera* (*монера*) – прокариотные (доядерные) организмы;
- *Protista* (*протиста*) – микроскопические одноклеточные формы жизни, возникающие в результате качественного скачка в процессе эволюции, приведшего к появлению эукариотных клеток, имеющих дифференцированное ядро;

- *эукариоты* – многоклеточные, включающие три царства: растения, животные и грибы, различающиеся способом питания.

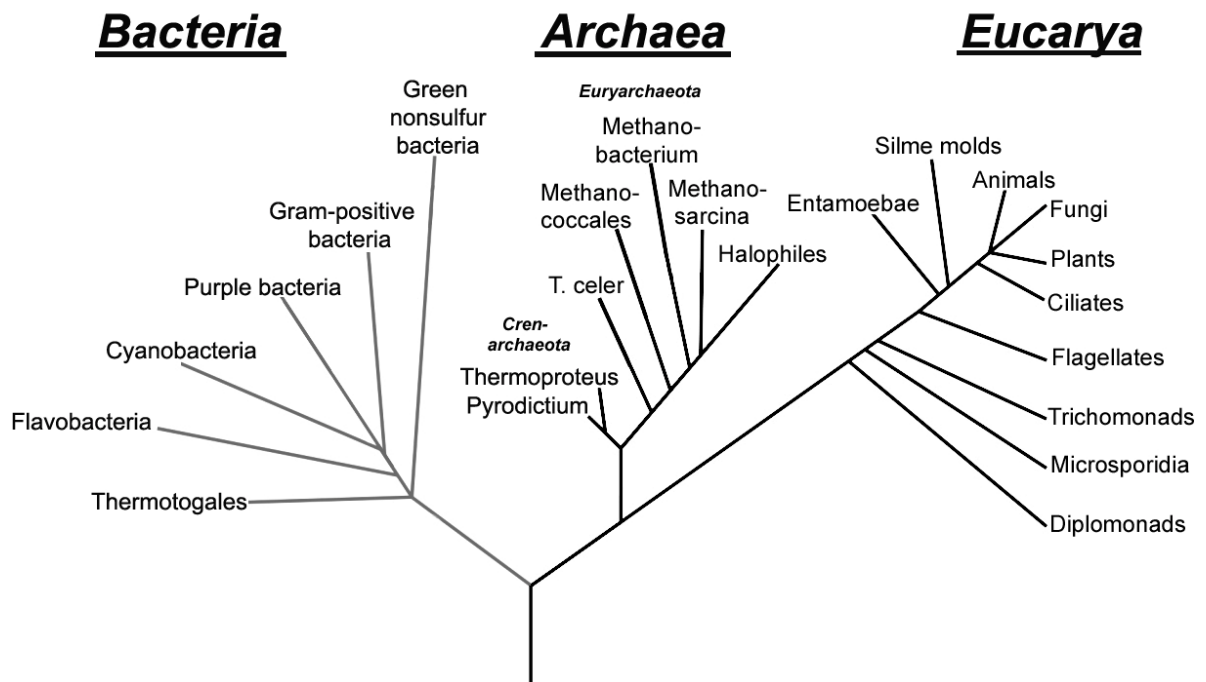


Рис. 1. Универсальное филогенетическое древо, состоящее из трех доменов (по К. Воузу)

В настоящее время большинство микробиологов придерживаются деления клеточных организмов на три домена (царства) – *Bacteria*, *Archaea*, *Eucarya*, введенного английским микробиологом К. Воузом с соавторами в 1977 г. (рис. 1). Он впервые предложил концепцию архебактерий, затем названных им археями. Основное отличие этой схемы от предыдущих и последующих систем состоит в том, что организмы всех трех линий эволюции появились от одного общего предка одновременно или почти одновременно. Эта система построена в результате молекулярно-биологических исследований. Бактерии и археи являются прокариотами, все остальные – эукариотами (эукариями).

Отдельно существует царство вирусов (*Vira*) – представителей неклеточной формы жизни.

Бактерии

Систематика бактерий – сложная проблема. Единой «естественной» (филогенетической) классификации их, отражающей родственные связи между отдельными группами бактерий, эволюционное развитие отдельных видов, не существует.

Системы классификации бактерий по существу являются искусственными, объединяют бактерии в определенные группы на основе сходства их по комплексу морфологических, физиологических, биохимических признаков (в частности, по составу ДНК).

По состоянию на 2000 год описано около 5000 видов бактерии и около 500 видов архей. Известно, что большинство бактерий и архей (более 99%) не растет на лабораторных питательных средах и, следовательно, не может быть изучено. Н. Пейс (N. Pace) и некоторые другие ученые предложили экстрактировать, клонировать, секвенировать и сравнивать рибосомные РНК прямо из окружающей среды, что позволило точно сосчитать и идентифицировать микроорганизмы без необходимости их выделения и культивирования. Это особенно важно для совершенно точной идентификации возбудителей инфекционных заболеваний и пищевых отравлений.

Систематика (таксономия) организмов заключается в распределении (классификации) их по определенным группам, каждая из которых имеет название: класс, порядок, семейство, род, вид. *Вид* – основная таксономическая единица.

В микробиологии часто употребляют термин «штамм». Это более узкое понятие, чем вид. *Штаммами* называют чистые культуры микроорганизмов одного и того же вида, выделенные из различных сред (субстратов).

В соответствии с принятыми в биологии правилами название бактерий, как и других организмов, дается на латинском языке и состоит из двух слов, первое обозначает род, к которому принадлежит данная бактерия, второе – вид. Родовое название пишется с прописной буквы, видовое – со строчной. Например, *Streptococcus lactis* относится к шаровидным бактериям, образующим цепочки (род *Streptococcus*), они вызывают скисание молока в результате сбраживания сахара в молочную кислоту, отсюда и видовое название (эпитет) *lactis*.

С 1 января 1980 г. введен новый кодекс номенклатуры бактерий¹. Названия бактерий в учебнике даются в соответствии с новой номенклатурой².

Широко используется признанный во всем мире и регулярно переиздаваемый международным коллективом авторов «Определитель бактерий Берджи» (перевод 9-го

¹ Международный кодекс номенклатуры бактерий. М.: Наука, 1978.

² Определитель бактерий Берджи. М.: Мир, 1997; Руководство по систематике бактерий Берджи (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology), 2001-2011 гг.

американского издания 1994 г.), который содержит обобщающие знания по разнообразию прокариот.

Определитель предназначен для идентификации бактерий по фенотипическим признакам и содержит концентрированные сведения о видах бактерий.

Справочник предназначен для идентификации видов бактерий, включающий все имеющиеся классификационные признаки.

В этом издании бактерии разделены по фенотипическим признакам на четыре категории.

1. Грамотрицательные эубактерии, имеющие клеточные стенки. В эту категорию входят фототрофы и нефототрофы.

2. Грамположительные эубактерии, имеющие клеточные стенки. К этой категории относятся простые неспорообразующие и спорообразующие бактерии, актиномицеты.

3. Эубактерии, лишенные клеточных стенок, окрашивающиеся по Граму отрицательно, способные к скользящему движению, называемые микоплазмами.

4. Архебактерии в которую включены метанообразующие бактерии и особая группа бактерий, имеющих несовершенную клеточную стенку: в ней нет характерного для прокариот муреина, а содержатся другие биополимеры. Исследования показали, что эти бактерии значительно отличаются от всех остальных по морфологическим, физиологическим, биохимическим и цитологическим признакам. Эту особую группу бактерий назвали *археи*.

Форма их клеток разнообразна: шар, цилиндр, луч, звезда, квадрат, коробочка и др. Как и у других прокариот, их генетическим аппаратом является нуклеоид, но в цитоплазме имеются характерные для эукариот мембранные органеллы (митохондрии, эндоплазматический ретикулум и др.). Большинство из них строгие анаэробы, но есть и аэробы, гетеротрофы и автотрофы. Они обитают в экстремальных условиях внешней среды. Многие из них крайне термофильны – температурный оптимум 85-105 °С, обнаружены в горячих источниках. Некоторые крайне галофильны: выделены из солевых, где добывается морская соль. Есть и крайне ацидофильные, способные развиваться при pH 1-2. По-видимому, архебактерии – одна из древнейших форм жизни.

Сейчас идентификация филогенетического положения прокариот развивается на основе нуклеотидных последовательностей 16S-рРНК. Это явилось основой второго издания постоянно пополняемого «Руководства по систематике бактерий Берджи» (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology). Руководство состоит из 5 томов, первый из которых вышел в 2001 г., последний – в 2011 г. Все прокариоты разделены на 26

филогенетические группы, 23 из которых представлены эубактериями, 3 – архебактериями.

Общая характеристика

Бактерии (прокариоты) – это большая группа микроорганизмов (около 4000 видов), большинство из которых одноклеточные.

Форма и размеры бактерий. Основные формы бактерий (рис. 2) – шаровидная, палочковидная и извитая.

Шаровидные бактерии (рис. 2, А) – кокки имеют обычную форму шара, встречаются также уплощенные, слабоовальной или бобовидной формы. Кокки могут быть в виде:

- ✓ одиночных клеток – монококки (микрококки);
- ✓ клеток, соединенных в различных сочетаниях:
 - попарно – диплококки;
 - соединенных по четыре клетки – тетракокки;
 - более или менее длинных цепочек – стрептококки;
 - скоплений кубической формы (в виде пакетов) из восьми клеток, расположенных в два яруса один над другим, – сарцины;
 - скоплений неправильной формы, напоминающих грозди винограда, – стафилококки.

Палочковидные бактерии (рис. 2, Б) могут быть:

- ✓ одиночными;
- ✓ соединенными попарно – диплобактерии;
- ✓ цепочками по три-четыре и более клеток – стрептобактерии.

Соотношения между длиной и толщиной палочек бывают самыми различными.

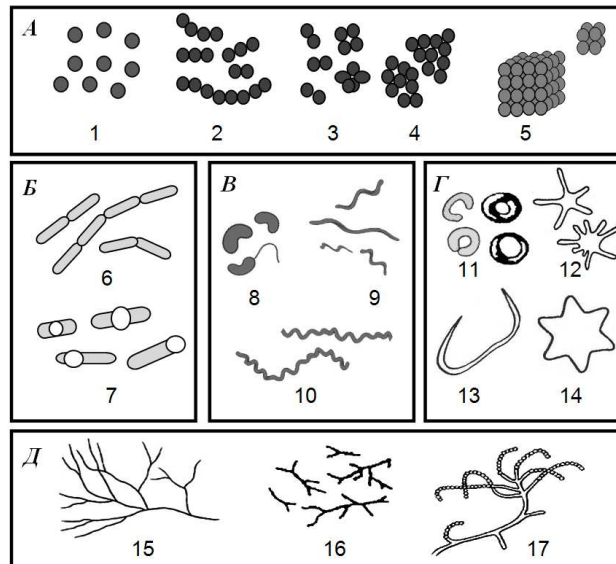


Рис. 2. Форма бактерий:

А – шаровидные: 1 – микрококки, 2 – стрептококки, 3 – диплококки и тетракокки, 4 – стафилококки, 5 – сарцины;

Б – палочковидные: 6 – палочки без спор, 7 – палочки со спорами;

В – извитые: 8 – вибрионы, 9 – спириллы, 10 – спирохеты;

Г – редкие формы: 11 – тороиды, 12 – бактерии, образующие простеки, 13 – бактерии червеобразной формы, 14 – бактерии в форме шестиугольной звезды;

Д – актиномицеты: 15 – мицелий, 16 – актиномицеты немиецелиальные, 17 – споры

Извитые, или *изогнутые*, бактерии (рис. 2, В) различаются длиной, толщиной и степенью изогнутости. Палочки, слегка изогнутые в виде запятой, называют вибрионами, палочки с одним или несколькими завитками в виде штопора – спириллами, а тонкие палочки с многочисленными завитками – спирохетами.

Благодаря использованию электронного микроскопа для изучения микроорганизмов в естественных природных субстратах, были обнаружены бактерии, имеющие особую форму клеток (рис. 2, Г) замкнутого или разомкнутого кольца (тороиды); с выростами (простеками); червеобразной формы – длинные с загнутыми очень тонкими концами; а также в виде шестиугольной звезды.

Актиномицеты (рис. 2, Д) – эта группа объединяет организмы с разной морфологией: от кокков и палочек до форм образующих ветвящиеся нити.

Строение бактериальной клетки. Размеры бактерий очень малы: от десятых долей микрометра¹ (мкм) до нескольких микрометров. В среднем размер тела большинства бактерий 0,5-1 мкм, а средняя длина палочковидных бактерий – 2-5 мкм. Встречаются бактерии, размеры которых значительно превышают среднюю величину, а некоторые находятся на грани видимости в обычных оптических микроскопах.

¹ 1 микрометр равен 10^{-6} м.

Форма тела бактерий, как и их размеры, может изменяться в зависимости от возраста и условий роста. Однако при определенных, относительно стабильных, условиях бактерии сохраняют присущие данному виду размеры и форму. Масса бактериальной клетки очень мала, приблизительно $4 \cdot 10^{-13}$ г.

Клетка прокариотных организмов, к которым относятся бактерии, обладает принципиальными особенностями ультраструктуры. На рис. 3 представлена схема строения бактериальной клетки.

Клеточная стенка (оболочка) – важный структурный элемент большинства бактерий (рис. 3, 2). На долю клеточной стенки приходится от 5 до 20% сухих веществ клетки. Она обладает эластичностью, служит механическим барьером между протопластом и окружающей средой, придает клетке определенную форму. В состав клеточной стенки входит специфическое для прокариотных клеток гетерополимерное соединение – пептидогликан (муреин), отсутствующий в клеточных стенках эукариотных организмов.

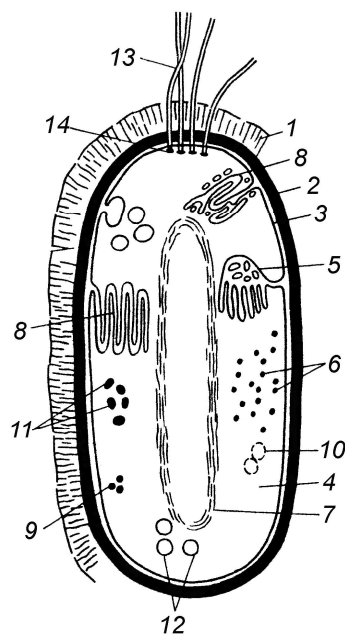


Рис. 3. Схема строения бактериальной клетки:

1 – капсула; 2 – клеточная стенка; 3 – цитоплазматическая мембрана; 4 – цитоплазма; 5 – мезосомы; 6 – рибосомы; 7 – нуклеоид; 8 – внутрицитоплазматические мембранные образования; 9 – жировые капли; 10 – полисахаридные гранулы; 11 – гранулы полифосфата; 12 – включения серы; 13 – жгутики; 14 – базальное тельце

По методу окраски, предложенному датским физиком Х. Грамом (1884 г.), бактерии делятся на две группы: *грамположительные* и *грамотрицательные* (рис. 4). Грамположительные клетки удерживают краску, а грамотрицательные не удерживают ее, что обусловлено различиями в химическом составе и ультраструктуре их клеточных

стенок. У грамположительных бактерий клеточные стенки более толстые, аморфные, в них содержится большое количество муреина (от 50 до 90% сухой массы клеточной стенки) и тейхоевые кислоты. Клеточные стенки грамотрицательных бактерий более тонкие, слоистые, в них содержится много липидов, мало муреина (5-10%) и отсутствуют тейхоевые кислоты.

В последнее время установлено, что разделение на «грамположительные» и «грамотрицательные» теряет свое значение в связи с тем, что некоторые грамположительные бактерии быстро теряют способность удерживать в клеточной стенке комплекс йода с красителем после прекращения активного роста, например, бактерии рода *Bacillus* (В.В. Михайлов). Поэтому для систематики бактерий более важное значение имеют особенности строения и химического состава клеточных стенок, а не только их окраска по Граму. Однако метод окраски по Граму имеет диагностическую ценность для прокариот, имеющих клеточную стенку и используется для их идентификации.

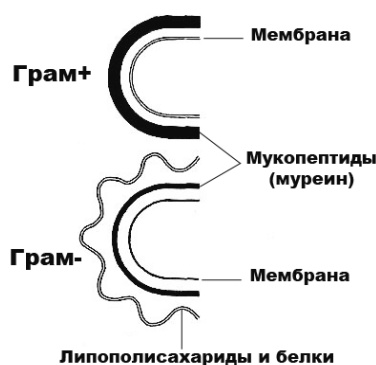


Рис. 4. Схема строения клеточных стенок грамположительных (Грамм+) и грамотрицательных (Грамм-) бактерий

Клеточная стенка бактерий часто бывает покрыта слизью. Слизистый слой может быть тонким, едва различимым, но может быть и значительным, может образовывать микро- и макрокапсулу (рис. 3, 1; рис. 5, 1 и рис. 5, 5). По размеру капсула нередко намного превышает бактериальную клетку. Ослизнение клеточных стенок иногда бывает настолько сильным, что капсулы отдельных клеток сливаются в слизистые массы (зооглеи), в которые вкраплены бактериальные клетки. Слизистые вещества, образуемые некоторыми бактериями, не удерживаются в виде компактной массы вокруг клеточной стенки, а диффундируют в окружающую среду. При быстром размножении в жидких субстратах слизиобразующие бактерии могут превратить их в сплошную слизистую массу. Такое явление наблюдается иногда в сахаристых экстрактах из свеклы при производстве сахара. За короткое время сахарный сироп может превратиться в тягучую слизистую массу. Ослизнению подвергаются мясо, колбасы, творог; наблюдается тягучесть молока,

рассолов, квашеных овощей, пива, вина. Интенсивность слизиобразования и химический состав слизи зависят от вида бактерий и условий культивирования.

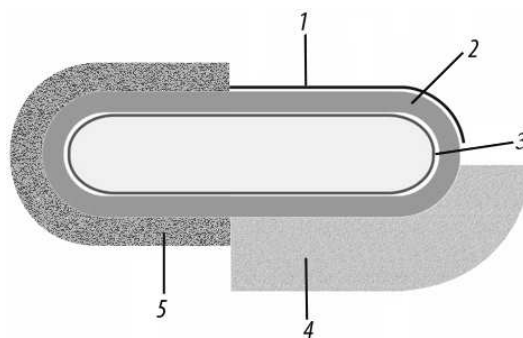


Рис. 5. Схема расположения внешних слоев бактериальной клетки:
1 – микрокапсула; 2 – клеточная стенка; 3 – цитоплазматическая мембрана; 4 – слизистый слой; 5 – макрокапсула

Капсула обладает полезными свойствами. Она защищает клетку от механических повреждений и высыхания, создает дополнительный осмотический барьер, служит препятствием для проникновения фагов, антител, иногда является источником запасных питательных веществ. Слизь предохраняет клетки от неблагоприятных условий – у многих бактерий в таких условиях усиливается слизиобразование.

Цитоплазматическая мембрана отделяет от клеточной стенки содержимое клетки (рис. 3, 3). Это обязательная структура любой клетки. При нарушении целостности цитоплазматической мембраны клетка теряет жизнеспособность. На долю цитоплазматической мембраны приходится 8-15% сухого вещества клетки. В мембране содержится до 70-90% липидов клетки, толщина ее 7-10 нм¹. На срезах клеток в электронном микроскопе она видна в виде трехслойной структуры – одного липидного слоя и двух примыкающих к нему с обеих сторон белковых слоев. Цитоплазматическая мембрана местами втягивается внутрь клетки, образуя всевозможные мембранные структуры. В ней находятся различные ферменты; она полупроницаема, играет важную роль в обмене веществ между клеткой и окружающей средой.

Цитоплазма бактериальной клетки представляет собой полужидкую, вязкую, коллоидную систему (рис. 3, 4). Местами она пронизана мембранными структурами – мезосомами, которые произошли от цитоплазматической мембраны и сохранили с ней связь.

Мезосомы (рис. 3, 5) выполняют различные функции; в них и в связанной с ними цитоплазматической мембране имеются ферменты, участвующие в энергетических

¹ Нанометр (нм) равен 0,001 микрометра или 10⁻⁹ м.

процессах — в снабжении клетки энергией. Хорошо развитые мезосомы обнаружены только у грамположительных бактерий; у грамотрицательных они развиты слабо и имеют более простое строение.

В цитоплазме содержатся рибосомы, ядерный аппарат и различные включения.

Рибосомы (рис. 3, б) рассеяны в цитоплазме в виде гранул размером 20-30 нм; состоят примерно на 60% из рибонуклеиновой кислоты (РНК) и на 40% из белка. Рибосомы ответственны за синтез белка клетки. В бактериальной клетке в зависимости от ее возраста и условий жизни может быть 5-50 тыс. рибосом.

Ядерный аппарат (рис. 3, 7) представляет собой нить дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая имеет форму двойной спирали, замкнутой в кольцо; ее еще называют «бактериальная хромосома». Она расположена в определенном участке цитоплазмы, но не отделена от нее собственной мембраной. Этот ядерный аппарат бактериальных клеток называется нуклеоидом.

Цитоплазматические включения бактериальной клетки разнообразны, в основном это запасные питательные вещества, которые откладываются в клетках, когда они развиваются в условиях избытка питательных веществ в среде, и потребляются, когда клетки попадают в условия голодания. В клетках бактерий откладываются полисахариды: гликоген, крахмалоподобное вещество гранулеза, которые используются в качестве источника углерода и энергии; липиды обнаруживаются в клетках в виде гранул и капелек. Жир служит хорошим источником углерода и энергии. У многих бактерий накапливаются полифосфаты; они содержатся в волютиновых гранулах и используются клетками как источник фосфора и энергии. В клетках серных бактерий откладывается молекулярная сера.

Подвижность бактерий. Шаровидные бактерии, как правило, неподвижны. Палочковидные бактерии бывают как подвижными, так и неподвижными. Изогнутые и спиралевидные бактерии подвижны. Движение большинства бактерий осуществляется с помощью жгутиков. Некоторые бактерии перемещаются путем скольжения.

Жгутики – это тонкие, спирально закрученные нити белковой природы, которые могут осуществлять вращательные движения. Длина жгутиков различна, а толщина так мала (10-20 нм), что в световой микроскоп их можно увидеть только после специальной обработки клетки. Наличие, число и расположение жгутиков – постоянные для вида признаки и имеют диагностическое значение, однако эти признаки не постоянны и зависят от условий культивирования и возраста бактерий.

Бактерии с одним жгутиком на конце клетки называются монотрихами; с пучком жгутиков – лопотрихами; с пучком жгутиков на обоих концах клетки – амфитрихами;

бактерии, у которых жгутики находятся на всей поверхности клетки, называются перитрихами (рис. 6).

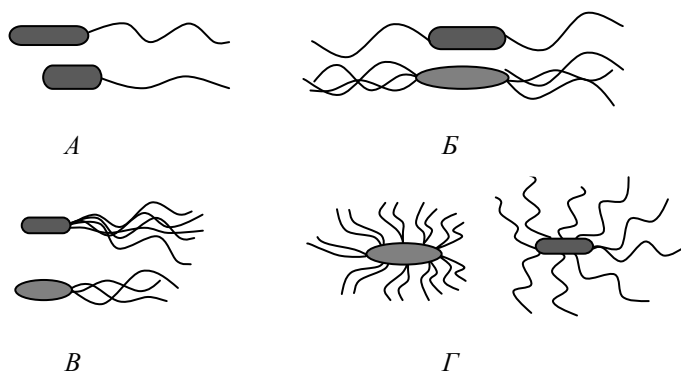


рис. 6. Жгутики бактерий.

А – монотрихи; Б – амфитрихи; В – лофотрихи; Г – перитрихи

Скорость передвижения велика: за секунду клетка со жгутиками может пройти расстояние в 20-50 раз больше, чем длина ее тела. При неблагоприятных условиях жизни, старении клетки или механическом воздействии подвижность может быть утрачена. Кроме жгутиков, на поверхности некоторых бактерий в большом количестве имеются нитевидные образования, значительно тоньше и короче, чем жгутики, так называемые *фимбрии* (или пили).

Размножение бактерий. Для прокариотных клеток характерно простое деление клетки надвое. Деление клетки начинается, как правило, спустя некоторое время после деления нуклеоида. Палочковидные бактерии делятся поперек, шаровидные формы – в разных плоскостях. В зависимости от ориентации плоскости деления и их числа возникают различные формы: одиночные и парные кокки, цепочки, пакеты, гроздья.

Особенностью размножения бактерий является быстрота протекания процесса. Скорость деления зависит от вида бактерий, условий культивирования: некоторые виды делятся через каждые 15-20 мин, другие – через 5-10 ч. При таком делении число клеток бактерий за сутки достигает огромного количества. Это часто наблюдается на пищевых продуктах, например быстрое скисание молока вследствие развития молочнокислых бактерий, быстрая порча мяса и рыбы вследствие развития гнилостных бактерий и т.д.

Спорообразование. Споры у бактерий образуются обычно при неблагоприятных условиях развития:

- ✓ при недостатке питательных веществ,
- ✓ изменении температуры,
- ✓ значениях рН, выше и ниже оптимальных значений;
- ✓ при накоплении продуктов обмена выше определенного уровня.

Способностью образовывать споры обладают в основном палочковидные бактерии. В каждой клетке образуется только одна спора (эндоспора).

Спорообразование – сложный процесс, в котором различают несколько стадий (рис. 7). Сначала наблюдается перестройка генетического аппарата клетки, изменяется морфология нуклеоида; в клетке прекращается синтез ДНК. Ядерная ДНК вытягивается в виде нити, которая затем разделяется; часть ее концентрируется у одного из полюсов клетки. Эта часть клетки называется *спорогенной зоной*; в ней сначала происходит уплотнение цитоплазмы, а затем этот участок обособляется от остального клеточного содержимого перегородкой (септой) (рис. 7, I-IV). Отсеченный участок покрывается мембраной материнской клетки, образуется так называемая *проспора*. Проспора – это структура, располагающаяся внутри материнской клетки, от которой она отделена двумя мембранами: наружной и внутренней (рис. 7, III-V). Между мембранами формируется кортикальный слой (кортекс), сходный по химическому составу с клеточной стенкой вегетативной клетки (рис. 7, VI). В кортексе содержится пептидогликан и дипиколиновая кислота ($C_7H_5NO_4$), которая отсутствует в вегетативных клетках. В дальнейшем поверх проспоры образуется оболочка споры, состоящая из нескольких слоев (рис. 7, VII). Число, толщина и строение слоев различны у разных видов бактерий. Поверхность наружной оболочки может быть гладкой либо с выростами разной длины и формы. Поверх оболочки споры нередко образуется еще тонкий покров, окружающий спору в виде чехла (рис. 8).

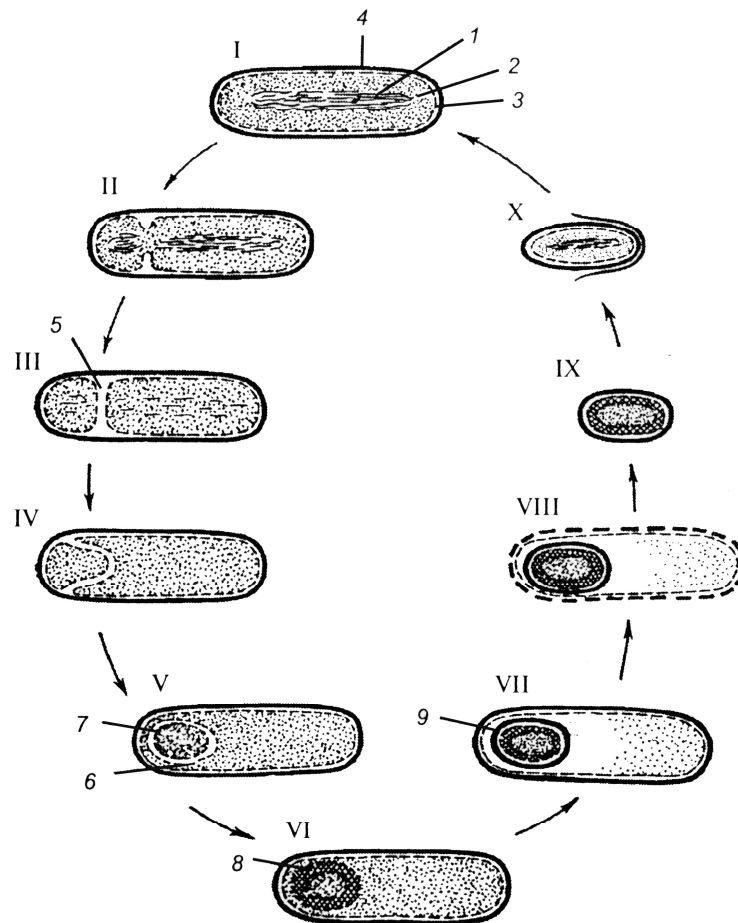


Рис. 7. Цикл развития эндоспоры у спорообразующих бактерий:

I – вегетативная клетка; II – инвагинация цитоплазматической мембраны; III – образование споровой перегородки (септы); IV – формирование двойной мембранной системы образующейся проспоры; V – сформированная проспора; VI – формирование кортекса; VII – формирование оболочки споры; VIII – лизис материнской клетки; IX – свободная зрелая спора; X – прорастание споры; 1 – нуклеоид; 2 – цитоплазма; 3 – цитоплазматическая мембрана; 4 – клеточная стенка; 5 – споровая септа; 6 – наружная мембрана споры; 7 – внутренняя мембрана споры; 8 – кортекс; 9 – оболочка споры

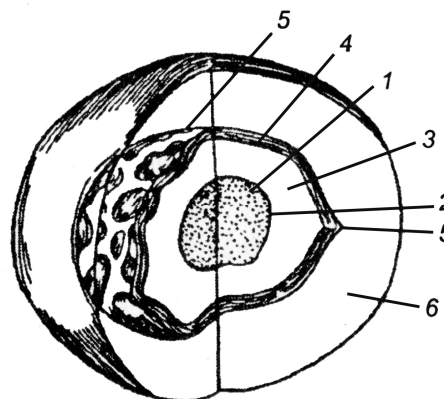


Рис. 8. Строение эндоспоры у спорообразующих бактерий:

1 – сердцевина споры; 2 – внутренняя мембрана споры; 3 – кортекс; 4 – наружная мембрана споры; 5 – оболочка споры, состоящая из нескольких слоев; 6 – экзоспориум

Споры имеют обычно круглую или овальную форму. Диаметр спор некоторых бактерий превышает ширину клетки, вследствие чего форма спороносящих клеток изменяется. Если спора расположена в ее центре, клетка приобретает форму веретена (*кlostридиум*) или форму барабанной палочки (*плектридиум*), когда спора приближена к концу клетки (рис. 9).

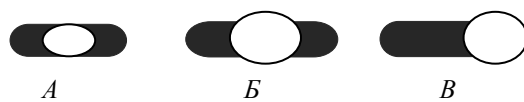


Рис. 9. Схематическое изображение типичных форм спорообразующих клеток: *A* – центрально расположенная спора; *B* – клостридиальная форма; *C* – плектридиальная форма

После созревания споры материнская клетка отмирает, оболочка ее разрушается и спора освобождается. Процесс образования споры протекает в течение нескольких часов.

Наличие у бактериальных спор плотной, труднопроницаемой оболочки, малое содержание в ней воды, большое количество липидов, а также наличие кальция и дипиколиновой кислоты обуславливают высокую устойчивость спор к факторам внешней среды. Споры могут находиться в жизнеспособном состоянии сотни и даже тысячи лет. Например, жизнеспособные споры были выделены из трупов мамонтов и египетских мумий, возраст которых исчисляется тысячелетиями. Споры устойчивы к высокой температуре: в сухом состоянии они погибают после прогревания при 165-170 °С в течение 1,5-2 ч, а при перегретом паре (в автоклаве) – при 121 °С в течение 15-30 мин.

В благоприятных условиях спора прорастает в вегетативную клетку; этот процесс обычно длится несколько часов (рис. 10).

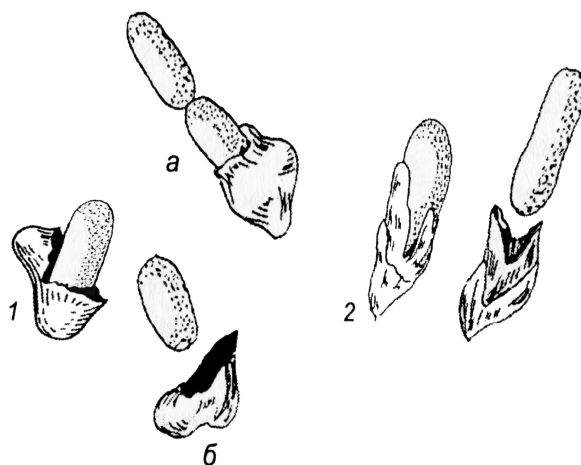


Рис. 10. Прорастание спор:

1 – латеральное прорастание спор *Bacillus subtilis* (а) и *Bacillus cereus* (б); 2 – полярное прорастание спор *Clostridium sprogenes*

Прорастающая спора начинает активно поглощать воду, в ней активизируются ферменты, усиливаются биохимические процессы, приводящие к росту. Кортекс при прорастании споры превращается в клеточную стенку молодой вегетативной клетки; во внешнюю среду высвобождаются дипиколиновая кислота и кальций. Внешняя оболочка споры разрывается, через разрывы выходит наружу «росток» новой клетки, из которого затем формируется вегетативная бактериальная клетка.

Порчу пищевых продуктов вызывают лишь вегетативные клетки. Знание факторов, способствующих образованию спор у бактерий, и факторов, вызывающих их прорастание в вегетативные клетки, имеет значение в выборе способа обработки продуктов с целью предотвращения их микробной порчи.

Изложенные выше сведения характеризуют в основном так называемые истинные бактерии. Существуют и другие, более или менее отличающиеся от них, к которым относятся следующие.

Нитчатые (нитевидные) бактерии – многоклеточные организмы в виде нитей различной длины, диаметром от 1 до 7 мкм, подвижных или прикрепленных к субстрату. В основном нити со слизистым чехлом. Они могут содержать окись магния или окислы железа. Живут в водоемах, встречаются в почве.

Миксобактерии – палочковидные бактерии, передвигаются путем скольжения; живут в почве и на различных растительных остатках. Образуют плодовые тела, представляющие собой скопления клеток, заключенных в слизь. Клетки в плодовых телах переходят в покоящееся состояние – микоспоры.

Почкующиеся и стебельковые бактерии. Живут в почве и водоемах. Размножаются почкованием, образуют стебельки или то и другое вместе. Есть виды с выростами – простеками (рис. 2, 12).

Актиномицеты («лучистые грибки») имеют ветвистую форму. Одни – палочки слегка разветвленные (рис. 2, Д), другие – имеют вид тонких ветвящихся нитей, образующих одноклеточный мицелий. Мицелиальные актиномицеты размножаются спорами, развивающимися на воздушных ветвях мицелия. Актиномицеты бывают окрашены; они широко распространены в природе. Встречаются на пищевых продуктах и могут вызвать их порчу. Продукты приобретают характерный землистый запах. Многие актиномицеты продуцируют антибиотики. Есть виды, патогенные для человека и животных.

Риккетсии. Палочковидные и кокковидные микроорганизмы, неподвижны, спор не образуют. Внутриклеточные паразиты; некоторые вызывают заболевания животных и человека. Переносчиками риккетсий являются в основном насекомые (вши, блохи, клещи).

Микоплазмы – организмы без клеточной стенки, покрытые лишь трехслойной мембраной. Клетки очень мелкие, иногда ультрамикроскопических размеров (ок. 200 нм), плеоморфные (разнообразной формы) – от кокковидных до нитевидных. Некоторые вызывают заболевания человека, животных, растений.

Вирусы и фаги

Вирусы (от лат. *virus* – яд) – это особая группа микроорганизмов меньших размеров и более простой организации, чем бактерии. Вирусы не имеют клеточной структуры, величина их измеряется нанометрами. Открыты русским ботаником Д.И. Ивановским в 1892 г. при изучении мозаичной болезни листьев табака, которая причиняла большой ущерб табачным плантациям Крыма. Открытие Д.И. Ивановского заложило основу новой науки — вирусологии.

Вирусы – внутриклеточные паразиты, вызывающие многие болезни человека (оспу, грипп, бешенство, корь, полиомиелит и др.), животных (ящур, чуму крупного рогатого скота) и растений («мозаики» и другого вида заболевания полевых и огородных культур).

Вирусы разнообразны по форме, размерам и химическому составу. Большинство из них имеет палочковидную или сферическую форму (рис. 11, а). Некоторые вирусы состоят только из белка и одной нуклеиновой кислоты – ДНК или РНК, другие содержат еще и липиды, полисахариды. Вирусная частица называется *вирионом*. Нуклеиновая кислота (в виде спирали) находится внутри вириона, снаружи он покрыт белковой оболочкой (капсидом), состоящей из отдельных морфологических субъединиц (капсомеров) (рис. 11, б). Вирусы выращивают на живых клетках или культуре тканей, так как на искусственных питательных средах они, как правило, не развиваются. Они обладают разной устойчивостью к внешним воздействиям. Многие инактивируются при нагревании до 60 °С в течение 10 мин, другие выдерживают температуру 90 °С в течение 10 мин. Вирусы довольно легко переносят высушивание и низкие температуры, но мало устойчивы ко многим антисептикам, ультрафиолетовым лучам, радиоактивному излучению.

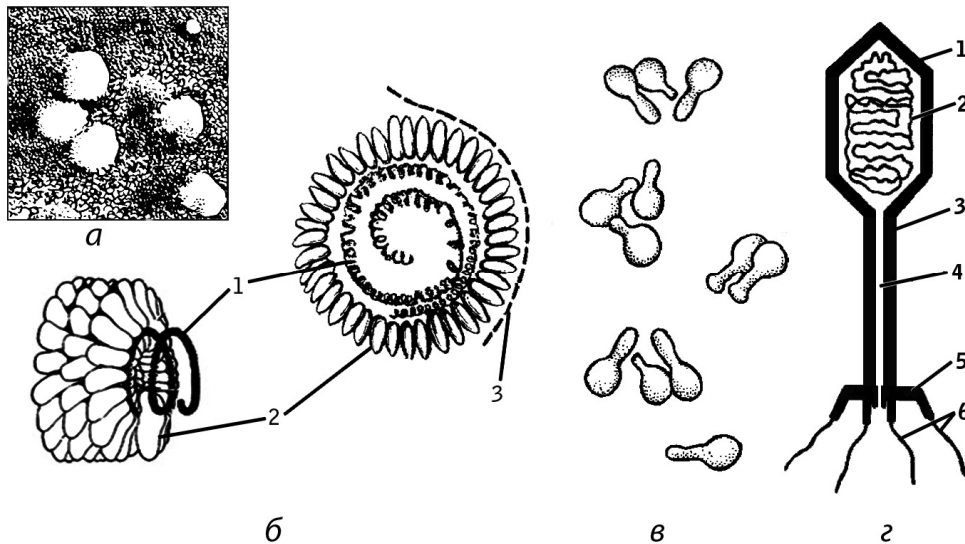


Рис. 11. Электронная микроскопия вируса и бактериофага:
а – вирус оспенной вакцины; *б* – схематическое изображение простого вириона: 1 – нуклеиновая кислота, 2 – капсомеры, 3 – капсид; *в* – бактериофаг; *г* – схема строения фага: 1 – головка, 2 – ДНК, 3 – отросток, 4 – стержень, 5 – пластинка отростка, 6 – нити

Фаги (пожиратели) – это вирусы микроорганизмов, вызывающие гибель – распад (лизис) их клеток. Вирусы бактерий называются *бактериофагами*, или просто фагами, актиномицетов – *актинофагами*, вирусы грибов – *микофагами*, синезеленых водорослей (цианобактерий) – *цианофагами*.

Впервые распад сибиреязвенных бактерий наблюдал Н.Ф. Гамалея в 1898 г. Американский бактериолог Д'Эррель в 1917 г. установил явление лизиса у бактерий дизентерии, им впервые был выделен и описан бактериофаг («пожиратель») бактерий.

Фаги широко распространены в природе. Многие из них обладают специфичностью – способны воздействовать на определенный вид или группу родственных видов микроорганизмов

Морфология фага (рис. 11, в) изучена с применением электронного микроскопа. Большинство фагов состоит из головки и отростка. Головка фага имеет разную форму, чаще всего это многогранник, покрытый белковой оболочкой (капсидом). Внутри капсида содержится нуклеиновая кислота, чаще всего одна – ДНК или РНК. Отросток фага имеет внутренний полый стержень, по каналу которого ДНК фага переходит в клетку хозяина. Стержень снаружи покрыт чехлом, способным к сокращению. Стержень и чехол отростка состоят из белковых субъединиц. У некоторых фагов отросток заканчивается базальной пластинкой, которая имеет выступы (зубцы) и нити.

Фаги имеют и нитевидную форму, могут состоять из одной головки, а могут быть с аналогами отростка (очень коротким отростком). Некоторые фаги имеют длинные отростки с несокращающимся или сокращающимся чехлом.

Взаимодействие фага с микробной клеткой происходит в несколько фаз. Сначала фаг адсорбируется восприимчивой клеткой, затем под действием фермента фага (сходного с лизоцимом) в стенке микробной клетки образуется отверстие, через которое в клетку проникает только нуклеиновая кислота; пустая белковая оболочка головки и отростка остается снаружи клетки, а затем разрушается.

Под влиянием попавшей в клетку нуклеиновой кислоты фага перестраиваются все обменные процессы микробной клетки на синтез фаговых частиц: синтезируются фаговая нуклеиновая кислота и белковые субъединицы оболочек. Вначале формируются отдельно головки и отростки, которые затем объединяются в зрелые фаговые частицы. Через определенное время клетка хозяина погибает, разрушается и фаги выходят наружу.

Явление фаголизиса (растворение культур микроорганизмов) наблюдается на производствах, связанных с использованием микроорганизмов. Развитие фагов в культурах промышленных микроорганизмов приводит к тому, что клетки культуры лизируются, не успев синтезировать необходимые вещества. Это наносит предприятиям большой экономический ущерб. Так нередко лизируются молочно-кислые бактерии, входящие в состав заквасок для кисломолочных продуктов. Такие закваски не пригодны для употребления.

Бактериофаги, лизирующие зараженные ими бактерии, называют *вирулентными*. Некоторые фаги, однако, инфицируют бактерии, но не вызывают их лизиса; такие фаги называются *умеренными*. В клетке бактерии-хозяина они не размножаются, но при делении бактерии передаются дочерним клеткам.

Фаги применяются в медицине для лечения и профилактики некоторых заболеваний, например дизентерии, холеры. Фаги исключительно удобны как модели для решения вопросов общебиологических, молекулярной биологии, генетики, медицины.

Грибы

Общая характеристика

Грибы (Mycota) – обширная и разнообразная группа организмов. Они не содержат хлорофилла и не способны к синтезу органических веществ из углекислого газа; грибы – хемоорганотрофы. В природе грибы обитают на разнообразных субстратах, в почве и воде, играют важную роль в круговороте веществ в природе.

Многие грибы употребляют в пищу, используют в промышленных условиях для получения органических кислот, витаминов, ферментов, антибиотиков.

Многочисленные грибы, развивающиеся на пищевых продуктах, промышленных материалах и изделиях, вызывают их порчу и разрушение. Некоторые из них способны вырабатывать токсические для человека и животных вещества – микотоксины. Многие грибы поражают культурные растения в процессе их вегетации, нанося большой урон сельскому хозяйству. Существуют виды грибов, вызывающие заболевания человека и животных.

Строение тела гриба. Вегетативное тело большинства грибов представляет собой грибницу, или *мицелий*, состоящий из ветвящихся нитей – гиф. Такие грибы называют мицелиальными (еще их называют плесенями).

С помощью сканирующего электронного микроскопа установлено, что гифы грибов различаются внешним видом, строением стенки, длиной, толщиной и рельефом поверхности. Они могут быть прямыми, изогнутыми, спиралевидными, со вздутиями или утолщениями, с углублениями и короткими отростками «корешками», служащими для прикрепления к субстрату. Поверхность гиф бывает с шипами, гладкой, сетчатой, волокнистой, местами складчатой (рис. 12). Диаметр гиф колеблется от 2 до 25 мкм и более.

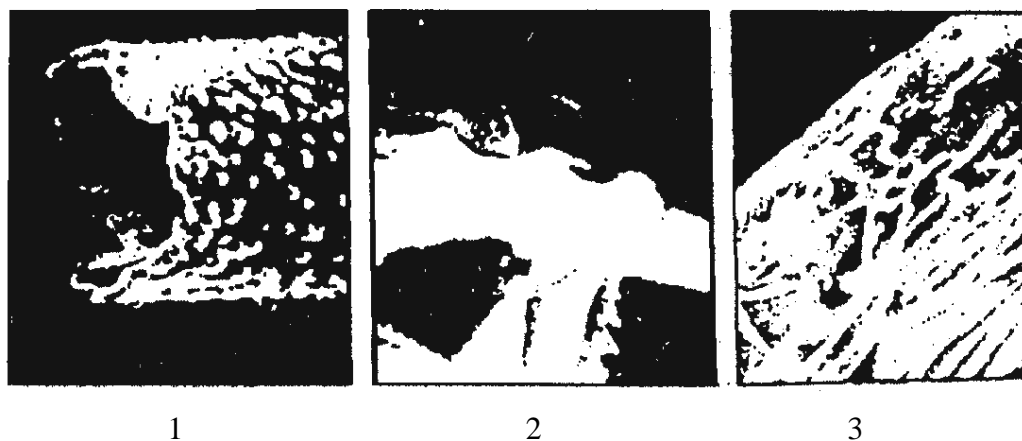


Рис. 12. Электронная микрофотография рельефа поверхности гиф:
1 – *Rhizopus nigricans*; 2 – *Oidium lactis*; 3 – *Penicillium expansum*

Гифы растут вершиной или концами разветвлений, поэтому их клетки неоднородны по длине. Мицелий развивается частично в субстрате (субстратный мицелий), пронизывая его и высасывая из него воду и питательные вещества, а частично – на поверхности субстрата (воздушный мицелий) в виде пушистых, паутинообразных или тонких налетов, пленок. Гифы отдельных грибов могут плотно переплетаться и даже срастаться между собой. У некоторых грибов гифы соединяются параллельно в тяжи, достигающие иногда нескольких метров в длину, по ним притекают питательные вещества.

Некоторые представители низших грибов, а также дрожжи, которые представляют собой одиночные округлые или удлинённые клетки, не имеют мицелия.

Мицелий одних грибов клеточный – гифы разделены перегородками (септами) на клетки, часто многоядерные; мицелий других – неклеточный, гифы не имеют перегородок, и весь мицелий представляет собой как бы одну гигантскую клетку с большим числом ядер (рис. 13).

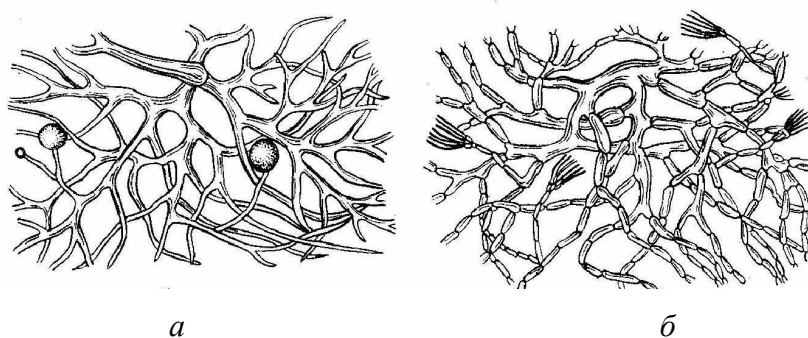


Рис. 13. Мицелий грибов: *а* – неклеточный; *б* – клеточный

Из плотного сплетения гиф состоят так называемые плодовые тела грибов, в которых находятся органы размножения.

Видоизменённым мицелием являются *склероции* – обычно тёмные, различной формы образования из плотно переплетённых гиф (рис. 14, б). Они устойчивы к неблагоприятным условиям внешней среды и богаты запасными питательными веществами.

В вегетативном размножении принимают участие клетки – хламидоспоры (рис. 14, а).

Хламидоспоры (от греч. *хламида* – плащ, защитное покрывало) представляют собой уплотнённые (за счёт обезвоживания) отдельные участки гиф, покрытые толстой оболочкой.

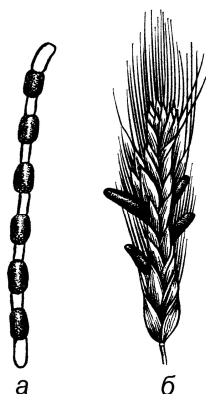


Рис. 14 . Хламидоспоры и склероции грибов: а – хламидоспоры; б – склероции спорыньи

Строение клетки. Грибы имеют эукариотный тип клетки, строение которой сходно с клетками растительных организмов, но у грибов отсутствуют пластиды (рис. 15).

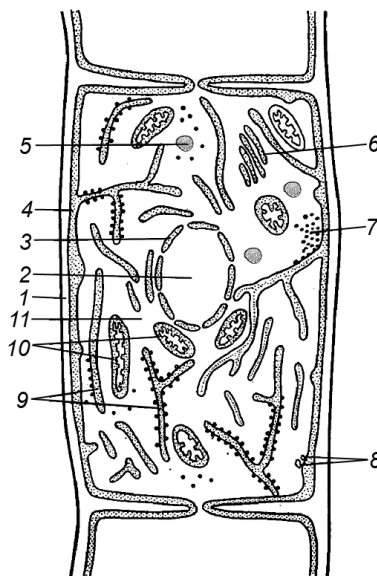


Рис. 15. Схема строения грибной клетки:

1 – клеточная стенка; 2 – ядро; 3 – ядерная оболочка; 4 – цитоплазматическая мембрана; 5 – вакуоль; 6 – аппарат Гольджи; 7 – рибосомы; 8 – лизосомы; 9 – эндоплазматическая сеть; 10 – митохондрии; 11 – цитоплазма

Клетки большинства грибов имеют многослойную *клеточную стенку*, состоящую на 80-90% из полисахаридов; в небольшом количестве имеются белки, липиды, полифосфаты. Основным полисахаридом клеточной стенки большинства грибов является хитин, у некоторых – целлюлоза. Под клеточной стенкой расположена трехслойная цитоплазматическая мембрана.

В *цитоплазме* грибной клетки (рис. 15, 11) находятся многочисленные органоиды – структуры различного строения и функций.

Митохондрии (рис. 15, 10) – образования из липопротеиновых мембран, в которых осуществляются энергетические процессы и синтезируется аденозинтрифосфат (АТФ) – вещество, богатое энергией.

Эндоплазматическая сеть или эндоплазматический ретикулум (рис. 15, 9) – мембранная система из взаимосвязанных канальцев (местами суживающихся или расширяющихся), которая пронизывает цитоплазму и связана с цитоплазматической мембраной и мембраной ядра. В этом органоиде происходит синтез многих веществ (липидов, углеводов и др.).

Аппарат Гольджи (рис. 15, 6) – мембранная система, связанная с ядерной мембраной и эндоплазматической сетью. К его многообразным функциям относятся транспортирование к ядру веществ, синтезируемых в эндоплазматической сети, а также удаление из клетки продуктов обмена.

Рибосомы (рис. 15, 7) – очень мелкие, округлые, многочисленные образования. Часть их находится в свободном состоянии, часть прикреплена к мембранам. В рибосомах происходит синтез белка.

Лизосомы (рис. 15, 8) – мелкие округлые тельца, покрытые мембраной. В них содержатся ферменты, переваривающие (расщепляющие) поступающие извне белки, углеводы, липиды.

Ядро (или несколько ядер) окружено двойной мембраной (рис. 15, 2-3). В нуклеоплазме имеются ядрышко и хромосомы, содержащие ДНК. В ядерной оболочке расположены поры, обеспечивающие транспорт веществ между ядром и цитоплазмой.

Вакуоли (рис. 15, 5) – полости, окруженные мембраной, заполненные клеточным соком и включениями запасных питательных веществ (волютина, гликогена, жира).

Размножение грибов. Особенностью грибов является большое разнообразие способов и органов размножения. Один и тот же гриб часто имеет несколько форм размножения. При этом внешний вид гриба может настолько изменяться, что в каждом из них гриб рассматривают как самостоятельный вид.

Грибы размножаются вегетативным, бесполом и половым путями.

Вегетативное размножение происходит без образования каких-либо специализированных органов: частями мицелия или отдельными клетками оидиями (артроспорами), образующимися в результате расчленения гиф (рис. 16, а), которые на питательном субстрате разрастаются в грибницу. Как говорилось выше, размножение происходит и образующимися на гифах *хламидоспорами* (рис. 14, а), устойчивыми к неблагоприятным условиям.

При бесполом и половом размножении образуются специализированные клетки – споры, с помощью которых и осуществляется размножение.

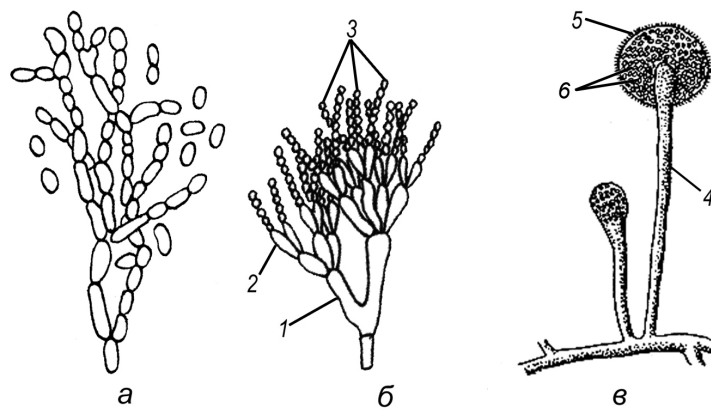


Рис. 16. Органы бесполого размножения грибов
а – оидии; *б* – конидиеносец (1) со стеригмами (2) и конидиями (3);
в – спорангиеносец (4) со спорангием (5) и спорангиоспорами (6)

Бесполой способ размножения грибов происходит с участием спор, которые образуются на особых гифах воздушного мицелия, внешне отличающихся от других гиф.

У одних грибов споры образуются экзогенно (открыто) – на вершине гиф снаружи их. Такие споры называются *конидиями*, а гифы, несущие их, – *конидиеносцами* (рис. 16, б). Конидии образуются непосредственно на конидиеносце или на специальных клетках, расположенных на его вершине. Эти клетки обычно имеют форму бутылочек и называются *стеригмами*, или *фиалидами*. Конидии располагаются на конидиеносцах (или на стеригмах) поодиночке, группами, цепочками и т.д.

У других грибов споры образуются эндогенно – внутри особых клеток, развивающихся на концах гиф. Эти клетки – вместилища спор – называются *спорангиями*, находящиеся в них споры – *спорангиоспорами*, а гифы, несущие спорангии со спорами, – *спорангиеносцами* (рис. 16, в). От несущей гифы спорангий отделен перегородкой (колонкой), растающей внутрь спорангия.

У некоторых грибов в спорангиях образуются подвижные споры, снабженные жгутиками, – *зооспоры*.

Спорангиоспоры и конидии бывают различной формы, размера и окраски, благодаря чему грибы в стадии спороношения имеют вид окрашенных налетов. Созревшие конидии осыпаются. При созревании спорангиоспор спорангии лопаются и из них высыпается споры. Конидии и спорангиоспоры пассивно разносятся потоками воздуха на большие расстояния. Попав в благоприятные условия, споры прорастают в гифы.

Спорангиеносцы, и особенно конидиеносцы грибов, имеют разнообразное строение и внешний вид, типичные для отдельных представителей.

Конидиеносцы развиваются на мицелии поодиночке или группами. При групповом развитии конидиеносцы одних грибов объединяются в пучки (*коремии*), у других они

располагаются тесным слоем в особых кувшиновидных (*пикниды*) или блюдцеобразных (*ложе*) образованиях из плотного сплетения гиф (рис. 17).

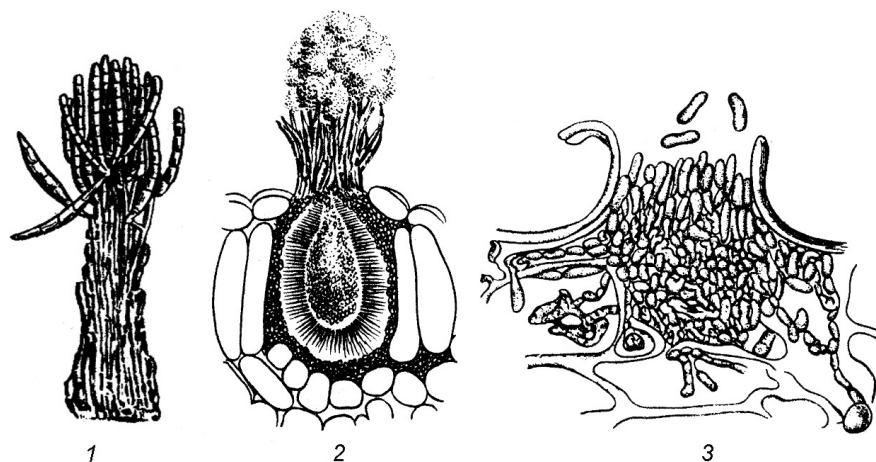


Рис. 17. Типы конидиального спороношения: 1 – коремия; 2 – пикнида; 3 – ложе

Половое размножение грибов. В этом случае спорообразованию предшествует половой процесс – слияние половых клеток с последующим объединением их ядер. В результате образуются специализированные органы размножения. Развитие этих органов и формы полового процесса у грибов многообразны.

У грибов с клеточным мицелием в качестве органа полового размножения образуются базидии со спорами или сумками со спорами.

Базидия представляет собой мешковидно-вытянутую клетку, на которой имеются выросты – стеригмы (обычно четыре), на каждом из которых находится по одной споре. Эти споры называются *базидиоспорами* (рис. 18, а-1). Базидии бывают и многоклеточными (рис. 18, а-2).

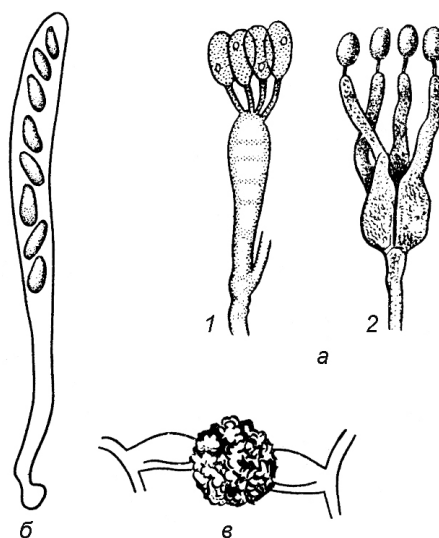


Рис. 18. Органы полового спороношения:
а – базидии с базидиоспорами, 1 – одноклеточная базидия,
2 – многоклеточная базидия; б – сумка (аскус) с аскоспорами; в – зигоспора

Сумка (аскус) имеет вид цилиндрической клетки, внутри которой находятся споры (чаще восемь), называемые *аскоспорами* (рис. 18, б). Аскоспоры бывают различной формы, бесцветными или окрашенными.

Базидии и сумки иногда располагаются на мицелии поодиночке, но большей частью они развиваются группами или слоями в особых образованиях из плотно переплетенных гиф – плодовых телах. По форме, строению и окраске плодовые тела очень разнообразны. Такими плодовыми телами являются, например, шляпка с ножкой белого гриба, сыроежки, опенка и др.

У грибов с неклеточным мицелием в результате полового процесса образуется одна спора – *зигоспора*, или *ооспора* (рис. 18, в). При развитии зигоспоры происходит слияние двух внешне неразличимых клеток мицелия, а при развитии ооспоры – слияние двух внешне различных половых клеток.

Ооспоры и зигоспоры имеют толстую оболочку, содержат много запасных питательных веществ и способны долго сохраняться в неблагоприятных условиях.

Большинство грибов может размножаться как бесполом, так и половым путем; такие грибы называют *совершенными*. Некоторые грибы не способны к половому размножению, их называют *несовершенными*. Особенности способов размножения и строения органов размножения используют при распознавании грибов. Эти особенности лежат в основе их классификации.

Основы систематики грибов

Все грибы, объединены в царство *Mycota*, подразделяются на два отдела: *Мухомycota* (*слизевые грибы*) и *Еumycota* (*собственно грибы, или истинные грибы*).

Слизевые грибы, или *миксомицеты*, – своеобразная группа грибов. Вегетативное тело их представляет собой слизистую массу – голую цитоплазму с большим числом ядер. В цикле развития наблюдается образование плодовых тел со спорами. Развиваются они на отмерших растениях, но имеются и паразитические формы.

Истинные грибы (*эумицеты*) распределены на шесть классов:

- 1-й – хитридиомицеты;
- 2-й – оомицеты;
- 3-й – зигомицеты;
- 4-й – аскомицеты;
- 5-й – базидиомицеты;

6-й – дейтеромицеты (несовершенные грибы).

Грибы трех первых классов рассматривают как низшие формы, а остальные – как высшие. В основу подразделения грибов на классы положен комплекс признаков, ведущими из которых являются строение мицелия, типы полового и бесполого размножения.

Ниже дается краткая характеристика основных классов грибов. Для каждого из них приведены в качестве примеров грибы, являющиеся распространенными возбудителями порчи продуктов или используемые в промышленных производствах.

Chytridiomycetes (Хитридиомицеты). Мицелий у них развит слабо или отсутствует, а тело представляет собой голый протопласт; клеточная оболочка отсутствует. Размножаются хитридиомицеты главным образом бесполом путем посредством подвижных спор с одним жгутиком – зооспор, развивающихся внутри зооспорангиев.

Половой процесс разнообразен; у одних в результате полового процесса образуется ооспора, у других – зигоспора.

Хитридиомицеты в большинстве своем водные грибы; многие – внутриклеточные паразиты низших и высших растений. В пораженных органах и клетках растений паразит превращается в покоящуюся клетку – цисту с толстой оболочкой. Одним из представителей этого класса является гриб синхитриум.

Synchitrium endobioticum (Синхитриум) – возбудитель рака клубней картофеля (рис. 19). На пораженных клубнях около глазков образуются различных размеров темные бугристые наросты (опухоли), напоминающие губку. В наростах содержится масса зооспор гриба, которые освобождаются из разрушающихся тканей клубня и заражают другие клубни. В течение лета это может повторяться много раз. Осенью в клубнях образуются покоящиеся цисты, которые могут сохраняться в почве много лет. Весной при благоприятных условиях они прорастают, образуя зооспоры, которые заражают молодые растения. Потери урожая могут быть до 40-60%. Основные меры борьбы – выведение устойчивых сортов и обеззараживание почвы.

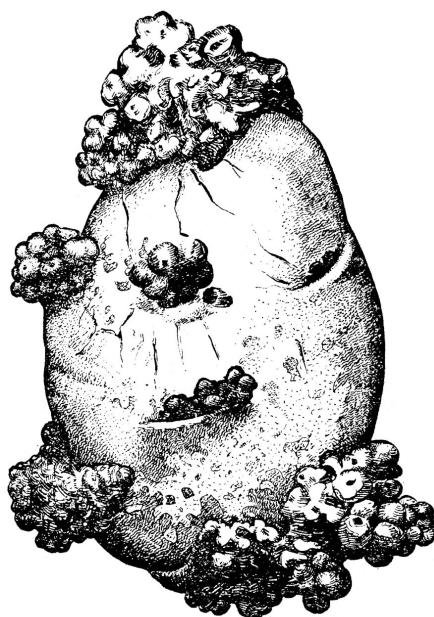


Рис. 19. Рак картофеля

Oomycetes (*Оомицеты*). Мицелий у них хорошо развит, неклеточный, многоядерный. Бесполое размножение происходит с помощью развивающихся в зооспорангиях зооспор с двумя жгутиками. При половом процессе образуются ооспоры.

Многие оомицеты паразитируют на высших растениях. Такими вредоносными являются фитофтора и плазмопара.

Phytophthora infestans (*фитофтора*), или *картофельный гриб*, поражает клубни и ботву картофеля. На коротких разветвленных спорангиеносцах развиваются яйцевидные или лимоновидные спорангии. Во влажной среде в них образуется несколько подвижных зооспор, которые затем прорастают в гифы. В сухой среде зооспоры не образуются, спорангий непосредственно прорастает в гифу. Фитофтора поражает также помидоры и баклажаны.

Plasmopara viticola (*плазмопара*) – гриб, который вызывает болезнь винограда, называемую *милдью*, или ложномучнистой росой. Гриб поражает листья и ягоды. Пораженные ягоды буреют, покрываются паутинистым налетом, состоящим из спороносцев гриба, сморщиваются и опадают. Развитию болезни благоприятствует повышенная влажность воздуха. Ооспоры плазмопары перезимовывают в почве и могут сохраняться жизнеспособными в течение нескольких лет.

Zygomycetes (*Зигомицеты*). Мицелий у них хорошо развит, неклеточный. Бесполое размножение происходит с помощью неподвижных спорангиоспор; половое – зигоспорами (зиготой). К этому классу относят мукоровые (*Mucoraceae*) грибы, широко распространенные в природе. Мукоровые грибы характеризуются разнообразным строе-

нием органов бесполого размножения (рис. 20). Многие из них являются возбудителями порчи различных пищевых продуктов. Они развиваются на продуктах в виде пушистой белой или серой массы. Наибольшее значение из мукоровых грибов имеют мукор и ризопус.

Грибы рода *Mucor* (мукор) имеют крупные спорангии, образующиеся на одиночных, простых или ветвящихся спорангиеносцах (рис. 20, а). Виды этого рода отличаются один от другого по форме и окраске спорангиоспор, по форме зигоспор и т.д.

Грибы рода *Rhizopus* (ризопус) образуют неветвящиеся, окрашенные в темно-бурый цвет спорангиеносцы, растущие пучками (кустиком). У основания последних имеются корневидные образования – ризоиды (рис. 20, б), с помощью которых гриб прикрепляется к субстрату. Спорангии крупные, с темноокрашенными спорами имеют вид черных «головок» на спорангиеносцах, поэтому ризопус получил название «головчатая плесень». Споры имеют чехлики, которые спадают после созревания (рис. 20, в). Ризопус распространяется по субстрату очень быстро с помощью длинных стелющихся гиф (столонов), напоминающих усы земляники. Поражая плоды, ягоды, овощи, гриб вызывает «мягкую гниль» их – полное разрушение тканей.

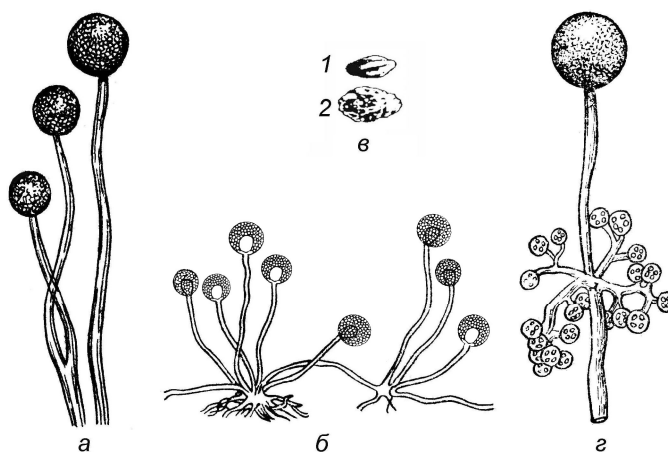


Рис. 20. Спорангиеносцы зигомицетов:

а – *Mucor*; б – *Rhizopus*; в – споры *Rhizopus*: 1 – без чехлика; 2 – с чехликом (электронная микрофотография); г – *Thamnidium*

У грибов *Thamnidium* (рис. 20, г) наряду с крупными многоспоровыми спорангиями имеются еще маленькие спорангии с небольшим числом спор – спорангиоли.

Некоторые мукоровые грибы имеют и положительное значение благодаря способности продуцировать органические кислоты, ферменты, сбраживать сахар в этиловый спирт. В странах Востока их применяют наряду с дрожжами в производстве алкогольных напитков и при изготовлении специфических продуктов питания, сброженных из бобов сои.

Среди мукоровых грибов существуют возбудители заболеваний человека и животных. Некоторые – паразиты насекомых, их используют для уничтожения вредителей сельскохозяйственных культур.

Ascomycetes (Аскомицеты). Аскомицеты, или сумчатые грибы, различны по строению и свойствам.

Мицелий у большинства хорошо развитый, клеточный, у других – представлен одиночными почкующимися клетками. Все они имеют общее происхождение и ряд общих черт в строении. Бесполое размножение мицелиальных аскомицетов происходит с помощью конидий. Конидиальное спороношение разнообразно – конидиеносцы образуются на мицелии одиночно или группами, создавая коремии, пикниды, ложе (рис. 17). При половом процессе образуются аскоспоры в сумках (асках). Сумки развиваются у многих грибов в плодовых телах разнообразной формы и строения, характерных для отдельных представителей аскомицетов. Некоторые сумчатые грибы не имеют плодовых тел, и сумки у них развиваются непосредственно на мицелии. Грибы, образующие плодовые тела, называют *плодосумчатыми*, не образующие – *голосумчатыми*.

У некоторых сумчатых грибов конидиальное спороношение неизвестно, у других оно преобладает в цикле развития. В природе (на пищевых продуктах) эти сумчатые грибы встречаются обычно в конидиальной стадии; они имеют самостоятельное название и рассматриваются в классе несовершенных грибов.

Аскомицеты широко распространены в природе. Среди них много паразитов культурных растений, возбудителей порчи пищевых продуктов, имеются патогенные для животных и человека виды. Некоторые используются в промышленности как продуценты биологически активных веществ (ферментов, витаминов, антибиотиков, алкалоидов).

Многие *голосумчатые грибы* имеют настоящий мицелий, таковым является, например, *Ermothecium ashbyi* (*эремотециум Эшби*), используемый для промышленного получения витамина В₂ (рибофлавина). У других голоеумчатых грибов (сем. *Endomycetaceae*) мицелий частично распадается на артрспоры. Существуют и такие грибы, которые представляют собой одиночные почкующиеся клетки. Важнейшими представителями немиецелиальных голосумчатых грибов являются дрожжи.

В группу *плодосумчатых грибов* включены некоторые виды широко распространенных грибов родов аспергиллус и пенициллиум, способных к сумчатому спороношению. Плодовые тела у них имеют вид мелких шариков, образованных из плотно переплетенных гиф.

Грибы рода *Aspergillus* (аспергилус) имеют одноклеточные, неразветвленные конидиеносцы. Верхушки конидиеносцев в большей или меньшей степени вздуты и несут

на своей поверхности располагающиеся в один или два яруса стеригмы с цепочкой конидий (рис. 21, а). Конидии различной окраски (зеленоватые, желтые, коричневые), чаще округлые. Конидиеносец по внешнему виду сходен с созревшим одуванчиком. Внутри этих шаровидных тел находятся сумки со спорами (рис. 21, б, в). Большинство видов аспергиллов и пенициллов встречается только в конидиальной стадии и относится к классу несовершенных грибов.

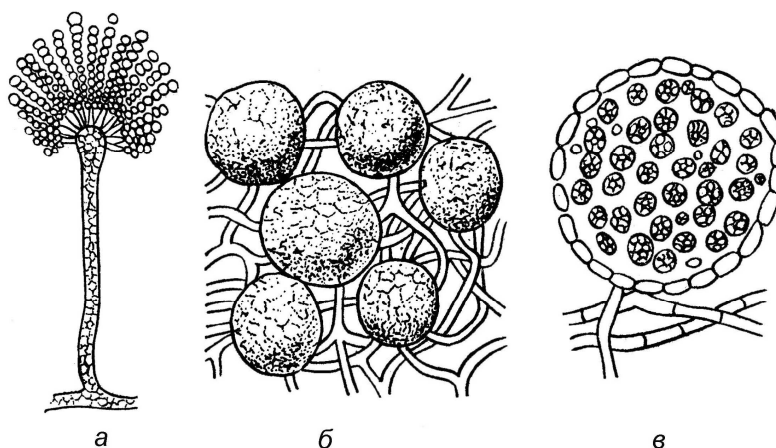


Рис. 21. Конидиеносец и плодовые тела (клеистотеции) *Aspergillus*: а – конидиеносец; б, в – плодовые тела (общий вид и разрез)

У грибов рода *Penicillium* (*пенициллиум*) конидиеносцы многоклеточные, ветвящиеся. На концах разветвлений конидиеносца располагаются стеригмы с цепочками конидий. Конидии бывают неокрашенными или имеют зеленую, голубую, серо-зеленую окраску. Верхняя часть конидиеносца (рис. 16, б) имеют вид кисточки разной степени сложности, отсюда и название гриба – пенициллиум (кистевик).

Аспергилловые и пеницилловые грибы – распространенные возбудители порчи (плесневения) пищевых продуктов, промышленных изделий и материалов. Некоторые представители их используются в промышленности. Так, *Aspergillus niger* применяется в производстве лимонной кислоты; *Asp. oryzae* и *Asp. awamori* – для получения ферментных препаратов.

Отдельные виды *Penicillium* применяют в производстве лечебного препарата пенициллина. *Pen. roqueforti* играет важную роль в созревании сыра рокфор, *Pen. camemberti* – в производстве сыра камамбер.

Некоторые аспергиллы вызывают заболевания (аспергиллезы) дыхательных путей, кожи, слизистой полости рта человека и животных. Имеются виды, выделяющие ядовитые для животных и человека вещества, – афлатоксины (производные кумаринов), одним из биологических действий которых является образование опухолей.

Sclerotinia (склеротиния) – распространенный и опасный возбудитель белой гнили плодов и овощей при хранении. *Sclerotinia sclerotiorum* как показывает название, для этих грибов характерно в цикле развития образование склероциев на мицелии; конидиальное спороношение отсутствует.

Claviceps purpurea (спорынья) – паразит хлебных и кормовых злаков. Твердые, похожие на рожок тела темно-фиолетового цвета, образующиеся в соцветиях злаков на месте обыкновенных зерен, представляют собой склероции. Склероции содержат алкалоиды – вещества, токсичные для человека и животных.

К плодосумчатым грибам относятся также грибы *трюфели* и *сморчки*, плодовые тела которых употребляют в пищу, а также *строчки*, считающиеся условно съедобными, потому что некоторые виды их ядовиты. Трюфели образуют подземные, клубнеобразные плодовые тела мясистой или хрящевой консистенции, темного цвета, достигающие размера клубней картофеля. Плодовые тела сморчков крупные, мясистые, состоят из ножки и шляпки со складчатой бурой поверхностью, где слоями располагаются сумки со спорами.

***Basidiomycetes* (Базидиомицеты).** Это наиболее высокоразвитые грибы с клеточным мицелием; у некоторых грибов мицелий многолетний. Бесполое размножение (конидиями) наблюдается редко. Органами полового размножения служат базидии с базидиоспорами. У одних грибов базидии одноклеточные, у других – многоклеточные (рис. 18). Одноклеточные базидии цилиндрической или булавовидной формы несут на четырех коротких выростах (стеригмах) по одной базидиоспоре. Многоклеточные базидии состоят из четырех клеток, на которых находится по одной базидиоспоре на стеригме. Базидии с базидиоспорами могут развиваться непосредственно на мицелии, но у многих базидиомицетов имеются плодовые тела.

Базидиальные грибы с одноклеточными базидиями живут в почве, на растительных остатках, некоторые – на деревьях. Базидии с базидиоспорами у большинства располагаются слоем (гимением) на плодовых телах или внутри них. Строение, форма и консистенция плодовых тел разнообразны и характерны для разных видов грибов. В состав этой группы базидиомицетов входят шляпочные и трутовые грибы.

Шляпочные грибы имеют однолетнее мясистое плодовое тело, состоящее из шляпки и ножки. Нижняя поверхность шляпки состоит из радиально расходящихся пластинок (например, у сыроежки, опенка) или из многочисленных трубочек (у белого гриба, подберезовика и др.). На боковых поверхностях пластинок и на внутренних стенках трубочек находятся базидии со спорами. Многие шляпочные грибы съедобны. То что обычно

называют грибами и употребляют в пищу, и есть плодовые тела; грибница живет в почве. Некоторые шляпочные грибы ядовиты.

В нашей стране и в других занимаются промышленным культивированием съедобных грибов шампиньонов. В некоторых странах (Китай, Япония) выращивают и другие пластинчатые грибы. В настоящее время все большее распространение получает способ выращивания грибного мицелия в ферментерах. Этот способ позволяет быстро накапливать значительное количество мицелия, который по химическому составу и вкусовым качествам мало отличается от плодовых тел соответствующего гриба.

Трутовые грибы – разрушители древесины. Мицелий живет в древесине живой (в стволах, корнях деревьев) или мертвой (заготовительной, обработанной в постройках), разрушая ее. Плодовые тела образуются на поверхности пораженной древесины. У большинства грибов они многолетние, разнообразны по форме, величине, консистенции и окраске. Плодовые тела бывают рыхлыми, плотными, деревянистыми, в виде корочек, копытообразные.

Многие трутовые грибы известны под названием «домовые». Они поражают деревянные части зданий, складских помещений, обнаруживаются в винных подвалах на деревянных полках, бочках и других предметах. Наиболее вредоносным из них является настоящий домовый гриб (*Serpula lacrymans*), который в природе не обнаруживается и встречается только в постройках. На пораженных предметах образуется ватообразное скопление мицелия с желтоватыми (или розоватыми) пленками. Плодовое тело мясисто-пленчатое. Древесина размягчается – сгнивает. При повышенной влажности воздуха гриб распространяется очень быстро, чему способствует развитие тяжелей из сросшихся гиф длиною до нескольких метров. Домовые грибы наносят большой экономический ущерб народному хозяйству.

К *базидиальным грибам с многоклеточными базидиями* относят многие паразитические грибы, из которых некоторые поражают полевые, огородные и садовые растения. Большинство этих грибов не имеет плодовых тел. Важнейшими представителями их являются головневые и ржавчинные грибы.

Головневые грибы – паразиты цветковых растений. Наиболее вредоносны грибы, поражающие зерновые культуры, вызывающие болезнь, называемую головней. Мицелий разрастается в тканях цветочных органов (метелки, колос), при этом мицелий превращается в пылящую массу темных спор – хламидоспор, называемых телиоспорами. Пораженные грибом органы растений кажутся обуглившимися, обгорелыми, отсюда и название грибов и болезни растений. Хламидоспоры имеют плотную оболочку и

устойчивы к неблагоприятным воздействиям. В почве они могут сохраняться жизнеспособными в течение нескольких лет и служить источником инфекции.

Ржавчинные грибы – широко распространенные паразиты многих высших растений, в том числе и злаков. Эти грибы отличаются сложным циклом развития – разнообразием форм спороношения, чередующихся в определенной последовательности. Некоторые грибы весь цикл развития проходят на одном растении (например, ржавчина подсолнечника), другие – на двух растениях (хлебная ржавчина). Свое название ржавчинные грибы получили в связи с появлением ржавых пятен или полос на пораженных ими частях растений. Цвет пятен обусловлен наличием в мицелии и спорах этих грибов капель масла оранжевой окраски. Поражение злаковых растений ржавчиной приводит к их недоразвитию, задержке образования колосьев и, таким образом, к гибели урожая.

Головневые и ржавчинные грибы наносят большой урон сельскому хозяйству.

Deuteromycetes или Fungi imperfecti (Дейтеромицеты или несовершенные грибы).

Это грибы с клеточным мицелием, у которых полового спороношения нет или оно еще не обнаружено. Большинство из них размножается конидиями. Конидиеносцы у разных видов грибов отличаются по внешнему виду, располагаются одиночно или группами. Некоторые грибы образуют оидии (артроспоры), имеют формы и без специальных органов размножения. Конидии разнообразны по форме, строению, окраске; они могут быть одноклеточными и многоклеточными.

Многие представители несовершенных грибов являются аскомицетами, а возможно, и базидиомицетами, утратившими способность к половому спороношению, например виды родов *Aspergillus* и *Penicillium*, не имеющие сумчатой стадии развития. Некоторые грибы, рассматриваемые в этом классе, являются конидиальными стадиями развития определенных известных аскомицетов. Так, описанные ниже виды грибов родов *Botrytis* и *Monilia* представляют собой конидиальные стадии сумчатых грибов семейства склеротиниевых.

Несовершенные грибы широко распространены в природе; многие являются активными возбудителями порчи различных пищевых продуктов. Некоторые паразитируют на культурных растениях; имеются виды, вызывающие кожные заболевания (дерматомикозы) у людей.

Наиболее распространенными и опасными возбудителями порчи продуктов следующие.

Botrytis (ботритис) имеет древовидно-разветвленные конидиеносцы, несущие на концах ветвей собранные в головки одноклеточные дымчатого цвета конидии (рис. 22, а). Этот гриб поражает яблоки, груши, многие овощи и особенно ягоды. При этом

поверхность их покрывается пушистым серым налетом, ткани становятся водянистыми, буреют, размягчаются. Ботритис вместе с другими грибами вызывает так называемую *кагатную гниль* сахарной свеклы.

Fusarium (*фузариум*) имеет два типа конидий, макроконидии – серповидно-изогнутые многоклеточные, развивающиеся на коротких разветвленных конидиеносцах (рис. 22, б), и микроконидии – более мелкие эллиптические или округлые одноклеточные (или с одной-двумя перегородками). Мицелий этих грибов белый, бело-розовый, желтоватый. Фузариумы вызывают заболевания различных овощей и плодов, известные под общим названием «фузариоз». Имеются виды, образующие ядовитые для человека вещества.

Alternaria (*альтернария*) характеризуется наличием многоклеточных темноокрашенных конидий булавовидно-вытянутой формы, сидящих цепочками или одиночно на слабо развитых конидиеносцах (рис. 22, в). Различные виды *Alternaria* широко распространены в почве и на растительных остатках. Гриб вызывает заболевание многих сельскохозяйственных растений, называемое *альтернариозом*. Развиваясь на пищевых продуктах, альтенария образует на них черные вдавленные пятна.

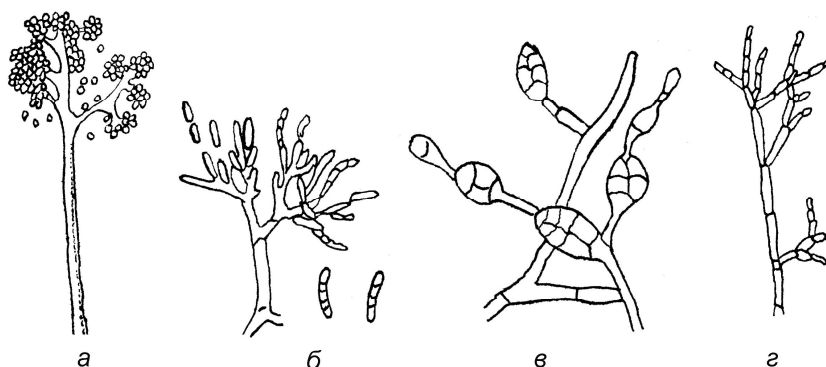


Рис. 22. Конидиеносцы несовершенных грибов:
а – *Botrytis*; б – *Fusarium*; в – *Alternaria*; г – *Cladosporium*

Oidium (*оидиум*) образует разветвленный белый мицелий, гифы которого легко распадаются на оидии – артроспоры (рис. 16, а). Один из видов этого рода – *Oidium lactis* (*Geotrichum candidum*) – молочная плесень, часто развивается в виде бархатистой пленки на поверхности квашеных овощей и кисломолочных продуктов при их хранении. Гриб использует находящуюся в этих продуктах молочную кислоту, что приводит к их порче, в молочных продуктах оидиум разлагает белок, жиры. Эта плесень встречается также на прессованных дрожжах, сливочном масле, сыре и других продуктах.

Monilia (монилия) – гриб, не имеющий настоящих конидиеносцев. Конидии, соединенные в простые или ветвящиеся цепочки, располагаются на коротких отростках мицелия. Эти грибы являются активными возбудителями порчи плодов.

Phoma (фома) имеет короткие конидиеносцы в пикнидах с бесцветными одноклеточными конидиями разнообразной формы. Среди грибов много паразитов растений, а также возбудителей порчи – фомоза овощей при хранении.

Cladosporium (кладоспориум) имеет слабоветвящиеся конидиеносцы, несущие на концах цепочки конидий (рис. 22, г). Конидии бывают разнообразной формы (округлой, овальной, цилиндрической и др.) и размеров, нередко двуклеточными. Мицелий, конидиеносцы и конидии окрашены в оливково-зеленый цвет. Эти грибы характерны тем, что выделяют в среду темный пигмент. Кладоспориум нередко обнаруживается при холодильном хранении на различных пищевых продуктах в виде бархатистых темно-оливковых (до черного цвета) пятен.

Дрожжи

Общая характеристика

Дрожжи – одноклеточные неподвижные грибы; широко распространены в природе: встречаются в почве, на листьях, стеблях и плодах растений, в разнообразных пищевых субстратах растительного и животного происхождения.

Широкое использование дрожжей в промышленности основано на их способности вызывать спиртовое брожение.

Форма и строение дрожжевой клетки. Форма клеток дрожжей чаще округлая, овально-яйцевидная или эллиптическая, реже цилиндрическая и лимоновидная (рис. 23). Встречаются дрожжи особой формы – серповидные, игловидные, стреловидные, треугольные. Размеры дрожжевых клеток обычно не превышают 10-15 мкм. Форма и размеры дрожжей могут заметно изменяться в зависимости от условий развития, а также возраста клеток.

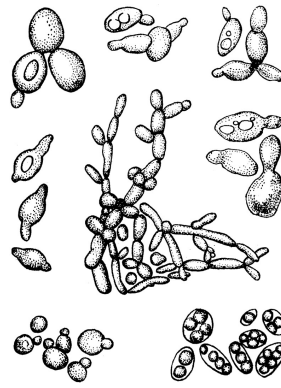


Рис. 23. Форма и размеры дрожжей

Строение клетки дрожжей (рис. 24) сходно со строением клетки грибов. Дрожжи обладают всеми основными структурами, характерными для эукариотного типа клетки (ядро, отграниченное от цитоплазмы, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии, рибосомы, вакуоли). В качестве запасных питательных веществ в клетках обнаруживаются капельки жира, гранулы гликогена, волютина.

Клеточная стенка (оболочка) дрожжей слоиста, в ее состав у большинства дрожжей входят в основном (до 60-70% сухой массы) гемицеллюлозы, в небольших количествах – белки, липиды, хитин. У некоторых дрожжей оболочка может в той или иной степени ослизняться, вследствие чего клетки склеиваются друг с другом и при развитии в жидких средах образуют хлопья, оседающие на дно сосуда. Такие дрожжи называют *хлопьевидным*, в отличие от *пылевидных*, клеточные стенки которых не ослизняются; пылевидные дрожжи в жидкости находятся во взвешенном состоянии.

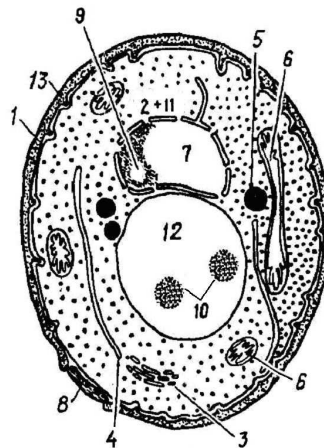


Рис. 24. Схематическое изображение поперечного разреза дрожжевой клетки:

1 – цитоплазматическая мембрана; 2 – цитоплазма; 3-4 – эндоплазматическая сеть; 5 – капли жира; 6 – митохондрия; 7 – ядро; 8 – рубец в том месте, где отпочковалась дочерняя клетка; 9 – ядрышко; 10 – гранулы метахромотина; 11 – рибосомы (2+11 – рибосомы в цитоплазме); 12 – вакуоль; 13 – клеточная стенка

Размножение дрожжей. Наиболее характерен для дрожжей вегетативный способ размножения, осуществляемый почкованием, реже делением. Известны четыре типа почкования: мультилатеральное, биополярное, униполярное и равномерное.

Процесс почкования заключается в том, что на клетке появляется бугорок, или почка (иногда их несколько), который постепенно увеличивается. Почкованию предшествует разделение ядра на две части, и одно вместе с частью цитоплазмы и другими клеточными элементами переходит в формирующуюся молодую клетку. По мере роста почки в месте соединения ее с материнской клеткой образуется перетяжка, ограничивающая молодую дочернюю клетку, которая затем либо отделяется (отшнуровывается) от материнской клетки, либо остается при ней. В месте отделения дочерней клетки остается рубец. При благоприятных условиях этот процесс длится около 2 ч.

Почкующиеся клетки обычно образуют не одну, а несколько почек. Вместе с этим может начаться почкование и молодых клеток. Так постепенно образуются скопления из многих объединенных между собой клеток, называемые *сростками почкования*.

В некоторых случаях, особенно на поверхности жидких сред, такие сростки почкования образуют тонкую пленку, легко разрушающуюся при взбалтывании жидкости. Существуют дрожжи, которые образуют более или менее толстые морщинистые пленки, прочно удерживающиеся при взбалтывании. Такие пленчатые дрожжи нередко вызывают порчу соленых и квашеных овощей, вина, пива.

Помимо почкования, многие дрожжи размножаются с помощью спор. Споры у дрожжей могут образовываться бесполом и половым путями. В первом случае ядро клетки делится на столько частей, сколько образуется спор у данного вида дрожжей, после чего постепенно в клетке (как в сумке) образуются аскоспоры (рис. 23 внизу справа). Образованию спор половым путем предшествует слияние (копуляция) клеток. У некоторых дрожжей копулируют прорастающие споры. Число спор в клетке разных видов дрожжей различно – их может быть две, четыре, а иногда восемь и даже двенадцать.

Споры большинства дрожжей округлые или овальные, но у некоторых – игловидные, шляповидные. На поверхности многих спор имеются различные образования типа выростов, бородавок, ободков.

Споры дрожжей более устойчивы к неблагоприятным воздействиям, чем вегетативные клетки, но менее стойки, чем бактериальные споры.

В благоприятных условиях споры прорастают в клетки.

У многих так называемых *культурных дрожжей*, т.е. культивируемых человеком для производственно-хозяйственных целей, способность к спорообразованию в значительной степени ослаблена, а иногда полностью утрачена.

Основы систематики дрожжей

Дрожжи, как указывалось выше, относятся к классу сумчатых грибов (*Ascomycetes*), к подклассу голосумчатых, не образующих мицелия. Разделение голосумчатых грибов на порядки, семейства, роды основано на особенностях их размножения, морфологических, физиологических и биохимических признаках. Однако есть представители, относящиеся к классу базидиомицетов.

Наибольший интерес представляет род *Saccharomyces* (*сахаромицес*), который объединяет как природные виды, так и культурные, применяемые в промышленности. Отдельные их виды различаются способностью сбраживать те или иные сахара, интенсивностью брожения, количеством образуемого спирта, оптимальными температурами почкования и образования спор и т.д.

В промышленности наиболее широко используют дрожжи сахаромицес cereвизия. В настоящее время в различных странах мира их вырабатывают более 2 блн. т. Коммерческими продуктами являются прессованные и высушенные различными способами дрожжи, а также пищевые дрожжи, характеризующиеся полностью инактивированными ферментными системами. Пищевые дрожжи используют как добавки к продуктам питания, а не как биологические катализаторы.

Sacch. cerevisiae (*сахаромицес cereвизия*) – дрожжи округлой или овальной формы. Применяют их в производстве этилового спирта, пивоварении, квасоварении и хлебопечении. Каждое производство применяет свои специфические расы (разновидности) данного вида дрожжей.

Saccharomyces. vini (*сахаромицес вина*) – дрожжи эллиптической формы. Их используют преимущественно в виноделии. Этот вид дрожжей также представлен многими расами.

Эти и некоторые другие виды рода *Saccharomyces* при спонтанном (самопроизвольном) развитии в содержащих сахар пищевых продуктах вызывают их порчу – забраживание, прокисание.

Помимо спорообразующих существуют дрожжи, не образующие спор, – *аспорогенные*. Нередко их называют дрожжеподобными или несовершенными дрожжевыми организмами и относят к несовершенным грибам.

Из аспорогенных дрожжей наибольшее значение имеют роды *Candida* (*кандида*) и *Torulopsis* (*торулонсис*). Многочисленные представители их широко распространены в

природе, большинство не способно к спиртовому брожению, многие вызывают порчу пищевых продуктов.

Торулопсис имеют клетки округлой или овальной формы. Многие из них способны вызывать лишь слабое спиртовое брожение. Отдельные виды используют в производстве кумыса и кефира.

Кандида – дрожжи, клетки которых имеют вытянутую форму, способны к образованию псевдомицелия. Многие из них не способны к спиртовому брожению. Некоторые виды (например, *Candida mycoderma*), окисляющие сахар и этиловый спирт в органические кислоты или в углекислый газ и воду, являются вредителями в производствах вин, пива, пекарских дрожжей, вызывая порчу квашеных овощей, безалкогольных напитков и многих других продуктов.

Некоторые виды вызывают заболевания у людей – *кандидозы*, при которых поражаются слизистые оболочки рта и других органов.

Среди аспорогенных дрожжей имеются окрашенные в желтый, розовый, красный цвета, что обусловлено наличием в клетках пигментов – каротиноидов. В настоящее время некоторые из этих дрожжей (виды рода *Rhodotorula* – *родоторула*) используют для получения кормовых белково-каротиноидных препаратов, которые служат источником витамина А для животных.

В последнее время дрожжи широко применяют для получения белка, аминокислот, витаминов и ферментов. Например, *Candida utilis* синтезирует белок при выращивании ее на отходах бумажной промышленности, а *Saccharomycopsis lipolitica* – на алканах нефти; *Saccharomyces cerevisiae* используют для получения фермента инвертазы.

В МИНХе им. Г.В. Плеханова (сейчас – РЭУ им. Г.В. Плеханова) академиком, профессором, доктором биологических и медицинских наук А.А. Кудряшевой совместно с группой сотрудников получены натуральные биокорректоры «Александрина» и «Элита», предназначенные для использования в лечебно-профилактических целях. Они представляют собой полностью растворяющуюся в воде смесь аминокислот, витаминов и минеральных элементов. В пищевой промышленности они могут применяться в качестве высокоэффективной и полифункциональной натуральной пищевой добавки, не оказывающей негативного влияния на органолептические свойства продуктов питания. Добавление этих биокорректоров к пищевым продуктам способствует повышению их физиологической и биологической ценности, появлению новых положительных признаков и свойств или усилению им присущих (повышение качества, усиление пеностойкости напитков и желеобразующей способности кондитерских изделий, замедление черствения хлебобулочных изделий, сохранение формы мучных изделий при варке, снижение

калорийности сахаристых изделий и др.). Отходы, образующиеся при производстве этих препаратов, могут использоваться как в пищевой промышленности, так и в области животноводства, растениеводства, при выращивании лабораторных и промышленных микроорганизмов, пушных зверей, рыбы, шляпочных грибов, цветов и др.

Новые натуральные биокорректоры позволяют получать экологически безопасные продукты питания, эффективные корма для животных и питательные среды для микроорганизмов, новые медицинские препараты и парфюмерно-косметические изделия высокой биологической активности.

Разрешение на промышленное производство и реализацию для населения натуральных биокорректоров «Александрина» и «Элита» получены в Минздраве России и Госстандарте, кроме того продукция защищена авторскими свидетельствами и зарубежными патентами

ГЛАВА 2. ФИЗИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Физиология микроорганизмов изучает процессы их роста, развития, питания, способы получения энергии для осуществления этих процессов, а также происходящие при этом превращения веществ в клетке.

Эти знания позволяют управлять жизнедеятельностью микроорганизмов, эффективно использовать их в практических целях – в сельском хозяйстве и промышленности, а также находить средства борьбы с ними, когда это необходимо.

Понятие об обмене веществ

Основу жизнедеятельности микроорганизмов, как и всех живых существ, составляет обмен веществ (метаболизм) с окружающей средой.

Обмен веществ представляет собой сложный комплекс разнообразных химических превращений веществ пищи, поступающей в организм из внешней среды (из субстрата) (рис. 25). Поступившие в клетку питательные вещества подвергаются «переработке», и из образующихся простых соединений синтезируются сложные клеточные вещества. Этот процесс называют *анаболизмом*¹ или *строительным (конструктивным) обменом*. Для осуществления его и других жизненных функций необходима энергия. Организм получает ее в результате окислительно-восстановительных превращений поступивших в него с

¹ Ранее применялся термин ассимиляция.

пищей органических и неорганических веществ. Этот процесс называют *катаболизмом*¹, или *энергетическим обменом*.

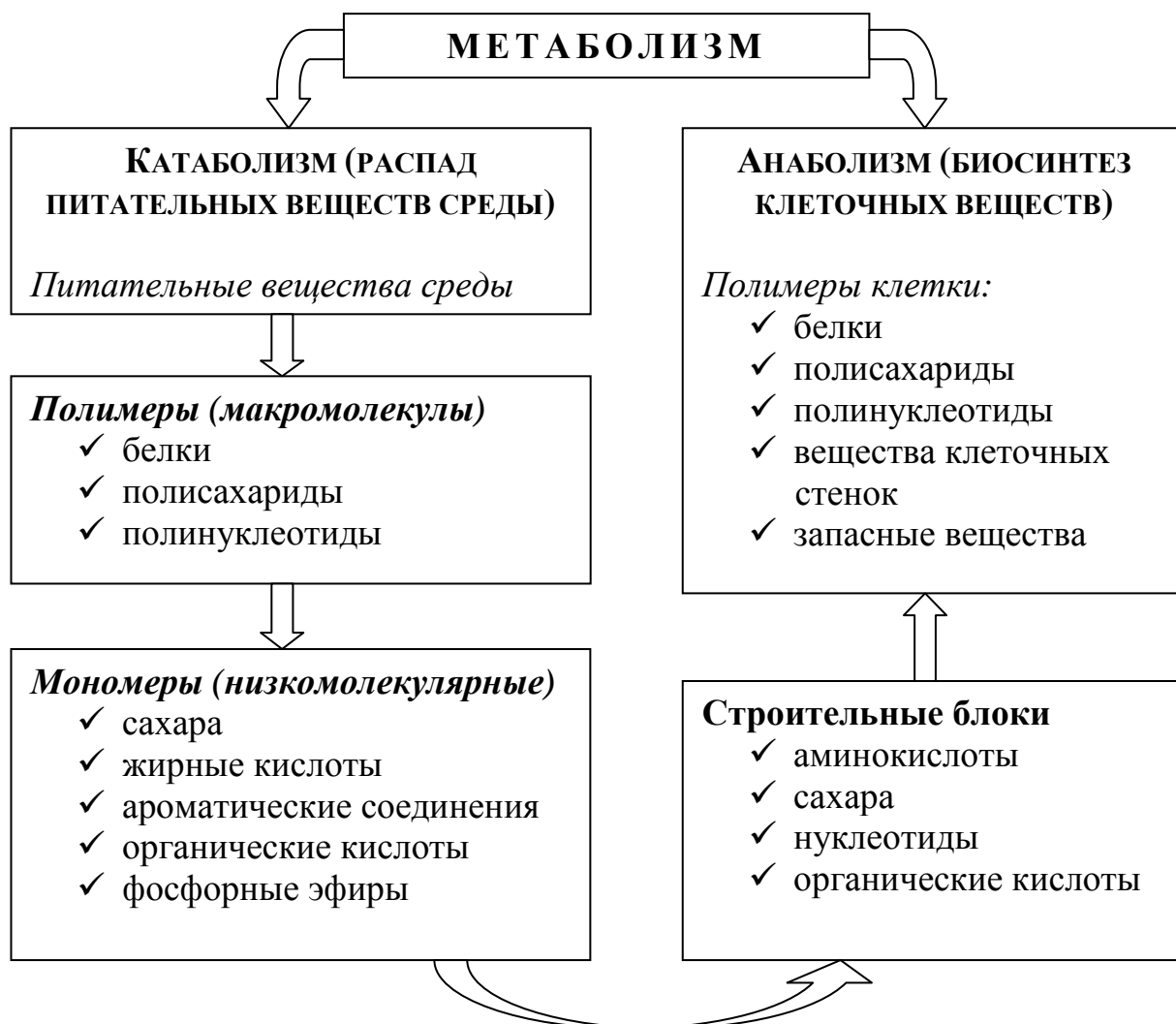


Рис. 25. Химические превращения веществ пищи, поступающей в организм из внешней среды

Оба эти процесса (анаболизм и катаболизм) в совокупности составляют обмен веществ организма в целом. Они находятся в тесном взаимодействии и взаимозависимости, неотделимы один от другого, обуславливают рост, развитие и размножение организма.

Многочисленные химические реакции обмена веществ, управляемые ферментами, протекают в определенной последовательности; они согласованы между собой и гармонично сочетаются. Многие промежуточные продукты процессов энергетического обмена участвуют в реакциях процессов строительного обмена. Одно и то же вещество может служить и источником энергии, и материалом для синтеза компонентов тела, но

¹ Ранее применялся термин диссимиляция.

нередко для этих целей используют разные вещества. Конечные продукты обмена веществ выделяются во внешнюю среду.

Особенностью микроорганизмов является большое разнообразие обменных процессов: различны потребности в питательных веществах для синтеза веществ тела, различны способы добывания энергии и, кроме того, у микробов необычайно интенсивный обмен веществ. У многих микроорганизмов, имеющих малые размеры (бактерии, дрожжи), велико соотношение между поверхностью и объемом тела, что и обуславливает интенсивное взаимодействие с внешней средой. За сутки при благоприятных условиях одна клетка потребляет пищу, масса которой в 30-40 раз превышает массу тела. Соответственно высока и скорость прироста биомассы микроорганизмов. Основная часть пищи расходуется микроорганизмами в энергетическом обмене, при котором в среду выделяется большое количество продуктов обмена: кислот, спиртов, CO_2 , H_2 и др. Эта особенность микроорганизмов широко используется в практике переработки растительного и животного пищевого и непищевого сырья; она же обуславливает быструю порчу пищевых продуктов.

Химический состав микроорганизмов

Состав веществ тела микроорганизмов в принципе мало отличается от химического состава тела животных и растений.

Важнейшими химическими элементами, преобладающими в клетках микроорганизмов, являются углерод, кислород, водород, азот, сера, фосфор, калий, натрий, магний, кальций, хлор и железо. Первые четыре из указанных элементов составляют основу органического вещества, поэтому называются *органогенными элементами*. Они составляют 90-97% сухого вещества. Другие элементы называются *зольными*, или *минеральными*, на долю их приходится 3-10%. Из них большую часть составляет фосфор, который входит в состав важных веществ клетки (нуклеиновых кислот, АТФ и др.).

В клетках микроорганизмов находятся, хотя и в крайне малых количествах, *микроэлементы*: медь, цинк, марганец, молибден и многие другие. Некоторые микроэлементы входят в состав ферментов, витаминов.

Соотношение отдельных химических элементов заметно колеблется в зависимости от вида микроорганизма и условий его роста. Содержание (среднее) органогенных элементов в клетках микроорганизмов (в % на сухое вещество) приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Среднее содержание органических элементов в клетках микроорганизмов, % на сухое вещество

Органогенные элементы	Бактерии	Дрожжи	Мицелиальные грибы
Углерод	50,4	49,8	47,9
Азот	12,3	12,4	5,3
Водород	6,8	6,7	6,5
Кислород	30,5	31,1	40,2

Все элементы связаны в клетках в различные соединения, среди которых преобладает вода.

Вода составляет 75-85% массы клеток. Она имеет важное значение в жизни микроорганизмов. Все вещества поступают в клетку только с водой, с ней же удаляются и продукты обмена.

Часть воды в клетке находится в связанном состоянии (с белками, углеводами и другими веществами) и входит в клеточные структуры. Остальная вода находится в свободном состоянии. Она служит дисперсной средой для коллоидов и растворителем различных органических и минеральных соединений, образующихся в клетке при обмене веществ. Вода – участник многих химических реакций, протекающих в клетке.

Содержание воды в клетке изменяется в зависимости от условий внешней среды, физиологического состояния клетки, ее возраста и т.п. В спорах бактерий и грибов значительно меньше воды, чем в вегетативных клетках, за счет низкого содержания в них свободной воды. Потеря свободной воды влечет за собой высыхание клетки и более или менее глубокие изменения обмена веществ. С потерей связанной воды нарушаются клеточные структуры и наступает гибель клетки.

Органические вещества. Сухое вещество клеток микроорганизмов не превышает 15-25% и состоит преимущественно (до 85-95%) из органических соединений – белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов и др.

Белковые вещества являются основными компонентами клетки. Содержание их в бактериях достигает 40-80% сухого вещества, в дрожжах 40-60, грибах – 15-40%. По аминокислотному составу белки микроорганизмов сходны с белками других организмов.

Некоторые белки выполняют каталитические функции: катализируют различные биохимические реакции, протекающие постоянно в микробной клетке. Такие белки называются *ферментами*.

Многие микроорганизмы накапливают большое количество белков в клетке. Считается, что такие микроорганизмы можно рассматривать в качестве возможных продуцентов пищевого и кормового белка. Рентабельность промышленного производства

таких «белковых продуктов» определяется быстротой накопления биомассы микроорганизмов и использованием для их выращивания дешевого недефицитного сырья.

Нуклеиновые кислоты в клетках микроорганизмов – рибонуклеиновая кислота (РНК) и дезоксирибонуклеиновая (ДНК).

ДНК сосредоточена главным образом в ядре клеток или в нуклеоидах бактериальных клеток. В молекуле ДНК закодирована вся наследственная информация клетки, «записаны» все особенности будущего организма, выработанные в процессе длительной эволюции и свойственные данному виду. РНК преимущественно сосредоточена в цитоплазме и в рибосомах.

Углеводы входят в состав различных мембран клеток микроорганизмов. Они используются для синтеза различных веществ в клетке и в качестве энергетического материала. Углеводы могут откладываться в клетке и в виде запасных питательных веществ. В клетках большинства бактерий углеводы составляют 10-30% сухого вещества, у грибов содержание углеводов выше – 40-60%. В теле микроорганизмов углеводы встречаются преимущественно в виде полисахаридов – гликогена, гранулезы (углевод, близкий к крахмалу), декстрина, клетчатки или близких ей соединений. Полисахариды находятся и в связанном состоянии с белками, липидами.

Липиды в клетках большинства микроорганизмов составляют 3-10% сухого вещества. Лишь у некоторых дрожжей и плесеней количество липидов может быть значительно выше – до 40-60%. Липиды входят в состав клеточной стенки, цитоплазматической мембраны и в состав других мембран, а также откладываются в виде запасных гранул. Часть липидов связана с другими веществами клетки, образуя сложные комплексы.

В клетках микроорганизмов обнаруживают пигменты, витамины и другие органические вещества.

Пигменты или красящие вещества. Они обуславливают окраску микроорганизмов, иногда они выделяются в окружающую среду. Фотосинтезирующие бактерии содержат особые пигменты типа хлорофилла растений – бактериохлорофилл. Фототрофные бактерии и некоторые дрожжи образуют, кроме того, пигменты – желто-розовые и оранжевые каротиноиды, которые являются провитамином витамина А. Каротиноиды, как и бактериохлорофилл, участвуют в ассимиляции углекислого газа.

Минеральные вещества. Эти соединения составляют не более 5-15% сухого вещества клетки и представлены сульфатами, фосфатами, карбонатами, хлоридами и др. Фосфаты могут быть в свободном виде или входить в состав различных соединений: нуклеиновых кислот, АТФ и АДФ.

Минеральные соединения играют большую роль в регулировании внутриклеточного осмотического давления и коллоидного состояния цитоплазмы. Они влияют на скорость и направление биохимических реакций, являются стимуляторами роста, активаторами ферментов.

Ферменты микроорганизмов

Общая характеристика

Все разнообразные и многочисленные биохимические реакции, протекающие в живом организме в связи с обменом веществ, совершаются при участии *ферментов* – биологических катализаторов, вырабатываемых клетками организма.

Ферменты «есть в полном смысле возбудители жизни», – писал русский физиолог академик И.П. Павлов (1849-1936 гг.).

Структура и свойства ферментов. Ферменты представляют собой простые белки (протеины) или сложные (протеиды), состоящие из белка и небелкового компонента – *активной группы*. Таким образом, существуют ферменты однокомпонентные и двухкомпонентные.

В состав активной группы двухкомпонентных ферментов входят витамины или их производные, различные металлы (Fe, Co, Cu), азотистые основания и др.

Активная группа ферментов обуславливает их каталитическую способность, а белковая часть – специфические свойства, избирательную способность действовать на определенный субстрат.

Прочность связи активной группы с белком у разных ферментов неодинакова. У некоторых она легко может отделяться от белковой части фермента и вступать во временную связь с другими белками. Такие активные группы называют *коферментами*.

Активные группы, прочно связанные с белковой частью фермента, называются *простетическими группами* этих ферментов.

В однокомпонентных ферментах роль активной группы выполняют определенные химические группировки в молекуле белка, составляя *активный* (каталитический) *центр* фермента.

Ферменты обладают очень высокой активностью. Ничтожно малого количества фермента достаточно, чтобы вовлечь в реакцию значительную массу реагирующего вещества (субстрата). Например, 1 г амилазы при благоприятных условиях может превратить в сахар 1 т крахмала.

Ферменты действуют чрезвычайно быстро, резко ускоряя реакцию. Молекула фермента за 1 мин может вызвать превращение десятков и сотен тысяч молекул соответствующего субстрата.

Особенностями ферментов являются их субстратная специфичность и специфичность действия – каждый фермент взаимодействует лишь с одним определенным веществом и катализирует лишь одно из тех превращений, которым может подвергаться данное вещество.

Специфичность ферментов обусловлена структурными особенностями их молекул и субстрата. Субстрат и фермент подходят друг к другу, как ключ к замку.

Реакция, катализируемая однокомпонентным ферментом, начинается со связывания субстрата с ферментом в определенном участке его – активном центре. Образуется комплекс *фермент-субстрат*. По окончании реакции образовавшийся комплекс фермента с продуктами реакции распадается, и при этом освобождаются исходный фермент и конечные продукты ферментативного процесса (рис. 26).

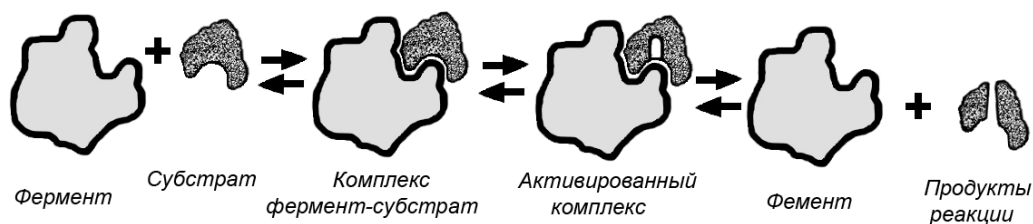


Рис. 26. Схема взаимодействия фермента с субстратом

У двухкомпонентных ферментов в связывании и переносе отдельных фрагментов субстрата участвуют коферменты и простетические группы.

Ферменты отличаются неустойчивостью (лабильностью) к воздействию ряда факторов внешней среды. Эта неустойчивость во многом объясняется белковой природой ферментов и выражается в том, что они теряют свою активность (инактивируются).

Условия действия ферментов. Важнейшим фактором, определяющим активность ферментов, является *температура*. По мере повышения температуры возрастает начальная скорость ферментативной реакции. Однако по достижении известного предела дальнейшее повышение температуры вызывает денатурацию ферментного белка.

Уровень температуры, вызывающий денатурацию различных ферментов, неодинаков. Для одних ферментов это 40-50 °С, для других (термоустойчивых) – только 70 °С, но при температуре около 100 °С почти все ферменты инактивируются.

Некоторые ферменты после тепловой инактивации способны восстанавливать каталитическую активность – в случае обратимого процесса денатурации белка.

Оптимальная температура, при которой данный фермент наиболее активен, для разных ферментов различна и в известной мере характеризует каждый фермент. У холодолюбивых микроорганизмов температурный оптимум ферментов значительно ниже, чем у теплолюбивых.

При температуре ниже оптимальных пределов скорость ферментативных процессов уменьшается. В условиях температур, близких к нулю и особенно ниже нуля, эти реакции значительно замедляются, а некоторые приостанавливаются, хотя при таких температурах сами ферменты заметно не разрушаются.

Большое влияние на ход ферментативных процессов оказывает *pH среды*. Для действия каждого фермента имеется свое оптимальное значение pH среды. При значении pH выше или ниже оптимальной величины активность ферментов снижается.

На активность ферментов влияет и присутствие в среде некоторых химических веществ. Одни из них ускоряют ферментативную реакцию (активаторы), другие – снижают ее или полностью приостанавливают (ингибиторы). Действие многих активаторов и ингибиторов специфично.

Активаторами ферментов являются, например, металлы (Cu, Mn, Mg, Co), витамины.

Ингибиторами ферментов служат соли тяжелых металлов, антибиотики, сероводород и др. Они соединяются с активными группами или активными центрами ферментов, парализуя тем самым связывание с ними субстрата.

Лучистая энергия (ультрафиолетовые лучи, радиоактивные излучения) инактивирует ферменты.

Концентрация субстрата, т.е. вещества, на которое действует фермент, и *концентрация фермента* также влияют в известной мере на скорость процессов.

Биохимические процессы, протекающие в микробных клетках, регулируются ферментами, поэтому любой фактор, действующий на активность фермента, действует и на микроорганизм.

Каждый микроорганизм обладает комплексом разнообразных ферментов, своеобразием и активностью которых определяются их биохимическая деятельность, избирательность в отношении питательных веществ, роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе, в процессах порчи пищевых продуктов.

Ферменты, присущие данному микроорганизму, входящие в число компонентов его клетки, называют *конститутивными*. Существуют ферменты *индуцируемые* (*адаптив-*

ные), которые вырабатываются клеткой только при наличии в среде вещества (индуктора), стимулирующего синтез данного фермента. Например, микроорганизм, не ассимилирующий мальтозу, можно приучить к использованию ее, культивируя в среде с этим сахаром как единственным источником углерода. В этих условиях микроорганизм синтезирует фермент, которым ранее он не обладал.

В живой клетке действие ферментов происходит упорядоченно, строго согласованно. Ферменты локализованы в различных клеточных структурах (в мезосомах, митохондриях, цитоплазматической мембране и др.).

Некоторые ферменты выделяются микроорганизмами наружу (в среду), их принято называть *экзоферментами*.

Они играют большую роль в подготовке пищи к ее поступлению в клетку. Происходит внеклеточное «переваривание» пищи – расщепление сложных веществ субстрата (крахмала, белков и др.) на более простые, способные проникать в клетку.

Ферменты, прочно связанные с цитоплазмой, не выделяющиеся при жизни клетки в окружающую среду, называют *эндоферментами* (внутриклеточными). Они участвуют во внутриклеточных процессах обмена веществ.

Хотя ферменты и вырабатываются клеткой, они после ее гибели временно остаются в активном состоянии, и может произойти *автолиз* (от греч. *autos* – сам, *lysis* – растворение) – саморастворение, или самопереваривание, клетки под влиянием ее внутриклеточных ферментов. При разрушении клеток ферменты поступают в среду – субстрат, в котором развивались микроорганизмы. При хранении пищевых продуктов, значительно обсемененных микроорганизмами, даже в условиях, исключающих их развитие, возможно снижение качества продуктов за счет ферментов автолизированных микробных клеток.

Классификация ферментов

Номенклатура ферментов складывалась постепенно, по мере их открытия и изучения. Названия ферментов вначале носили случайный характер. Например, фермент, расщепляющий крахмал, был назван диастазом, а фермент желудочного сока, расщепляющий белки, – пепсином. Позднее название фермента стали составлять из корня слова, обозначающего вещество, на которое действует фермент, добавляя к нему окончание «аза». Так, фермент, расщепляющий крахмал (амилум), стали называть амилазой, фермент, разлагающий мальтозу, – мальтазой и т.п. Наряду с этим ферменты называют и по химической реакции, которую они катализируют. Например, ферменты, катализирующие отщепление водорода от субстрата (дегидрогенирование), называют

дегидрогеназами, а расщепляющие сложные органические соединения путем гидролиза – гидролазами.

В настоящее время широкое распространение в мире получила номенклатура ферментов, рекомендованная Международным союзом биохимии и молекулярной биологии (International Union of Biochemistry and Molecular Biology). Эта номенклатура ежегодно пересматривается и дополняется, и сейчас она включает характеристику более 3000 ферментов.

Согласно номенклатуре все ферменты делятся на шесть классов:

- 1-й – оксидоредуктазы;
- 2-й – трансферазы;
- 3-й – гидролазы;
- 4-й – лиазы;
- 5-й – изомеразы;
- 6-й – лигазы (синтетазы).

Классы ферментов подразделяют на подклассы, которые делят на подподклассы. Каждый фермент имеет название и шифр из четырех цифр. Первая цифра обозначает класс, вторая – подкласс, третья – подподкласс, четвертая – порядковый номер данного фермента.

Ниже рассматриваются только некоторые наиболее распространенные ферменты микроорганизмов.

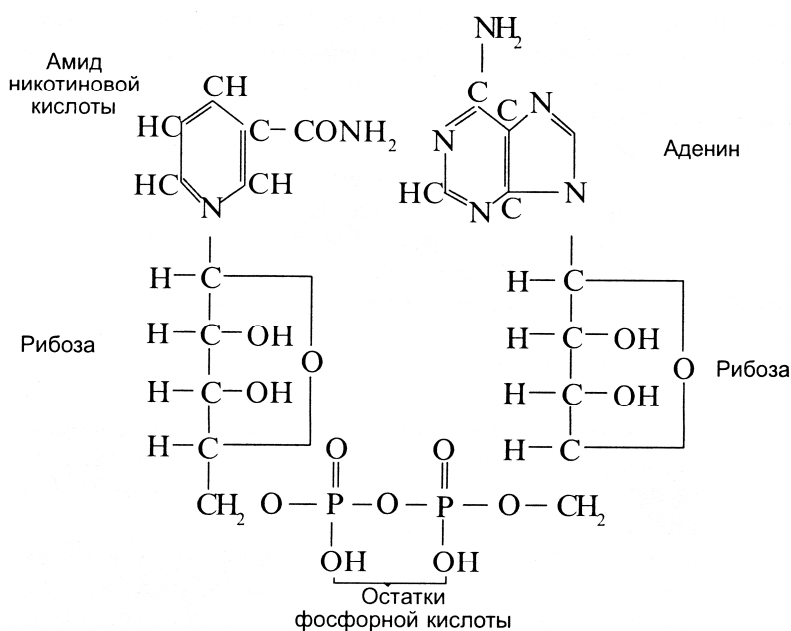
Оксидоредуктазы – окислительно-восстановительные ферменты. В этот класс входят многочисленные ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции процессов энергетического обмена (дыхания, брожения) микроорганизмов. К оксидоредуктазам относят ферменты приведенные ниже.

Дегидрогеназы – ферменты, катализирующие реакцию дегидрогенирования органических соединений: отщепление водорода. Отнятый водород передается дегидрогеназой какому-либо другому веществу (промежуточному – временному или конечному акцептору водорода). Одновременно одно вещество окисляется, а другое восстанавливается.

Дегидрогеназы специфичны по отношению к донору водорода и к его акцептору. Их делят на анаэробные и аэробные.

Анаэробные (первичные) дегидрогеназы передают отнятый от окисляемого субстрата водород другим дегидрогеназам или молекулам каких-либо органических веществ, но не кислороду воздуха. Эти дегидрогеназы являются двухкомпонентными

ферментами. Кофермент многих анаэробных дегидрогеназ – никотинамидадениндинуклеотид (сокращенно НАД).



Коферментом других анаэробных дегидрогеназ является никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ).

Анаэробные дегидрогеназы имеются как у анаэробов, так и у аэробов.

Аэробные (вторичные) дегидрогеназы передают активированный водород, отнятый у окисляемого вещества или от восстановленной анаэробной дегидрогеназы, кислороду воздуха непосредственно либо через промежуточных переносчиков.

Аэробные дегидрогеназы, передающие водород субстрата непосредственно кислороду, называют *оксидазами*. К оксидазам относится, например, полифенолоксидаза, катализирующая реакцию окисления полифенолов с образованием темноокрашенных соединений – меланинов. Этот фермент имеется у многих плесневых грибов. Действие полифенолоксидазы проявляется в потемнении тканей плодов и овощей, пораженных этими плесенями.

К аэробным дегидрогеназам относятся *флавиновые ферменты*, коферментом которых является флавинадениндинуклеотид (ФАД). В состав кофермента входит рибофлавин (витамин В₂). Одни флавиновые ферменты могут переносить водород непосредственно на кислород, т.е. являются оксидазами; другие передают водород от окисляющихся веществ кислороду через ряд промежуточных переносчиков. В таких случаях участвуют системы ферментов, а водород многократно переносится от одного вещества к другому, пока не достигнет своего конечного акцептора – кислорода. Последний подвергается восстановлению с образованием воды или пероксида водорода.

Особо важное значение в процессах аэробного дыхания имеет цитохромная ферментная система, состоящая из цитохромов и фермента цитохромоксидазы.

Цитохромы представляют собой гемопротеиды. В состав простетической группы (гема), функционирующей как переносчик электронов, входит двухвалентное железо. Роль цитохромов в процессе дыхания заключается в последовательном переносе электронов от водородного атома восстановленной дегидрогеназы на цитохромоксидазу.

Цитохромоксидаза – двухкомпонентный гемосодержащий фермент, катализирует окислительно-восстановительную реакцию между восстановленным цитохромом (последним в цепи цитохромов) и кислородом.

Цитохромная система содержится в клетках всех микроорганизмов за исключением облигатно-анаэробных бактерий.

Каталаза – двухкомпонентный фермент, расщепляет перекись водорода на воду и молекулярный кислород.

Трансферазы – ферменты переноса. Ферменты этой группы катализируют перенос частей молекул или атомных группировок от одних соединений к другим. Известно много таких ферментов; их различают по тем группам, перенос которых они катализируют.

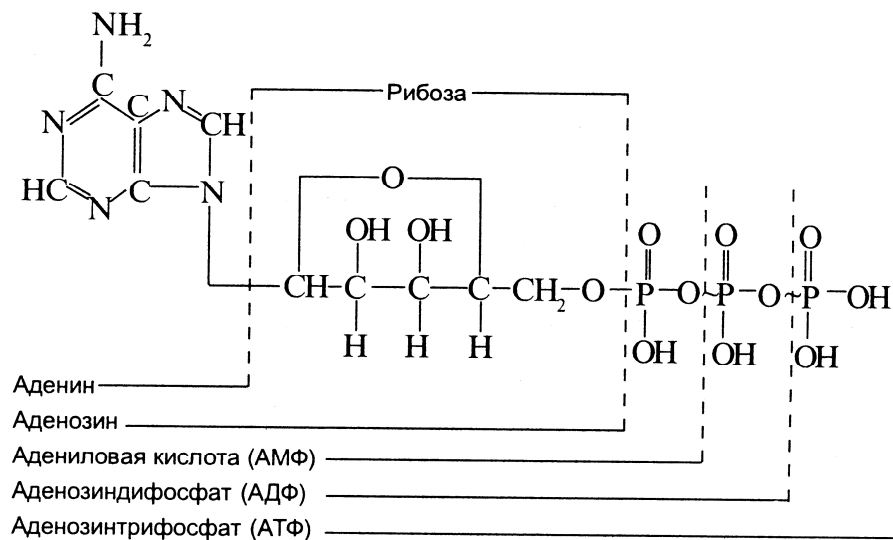
Наиболее важное значение в обмене веществ имеют фосфотрансферазы и аминотрансферазы.

Фосфотрансферазы (киназы) катализируют перенос остатков фосфорной кислоты с одного вещества к другому.

Большинство реакций переноса фосфатных групп протекает с участием аденозинтрифосфата (АТФ) и аденозиндифосфата (АДФ). Эти реакции имеют большое значение, благодаря им осуществляется перенос энергии с одного вещества на другое.

Из приведенной ниже формулы видно, что АТФ – высокоэнергетическое соединение; оно имеет одну простую связь (–) и две макроэргические («богатые энергией»), обозначаемые значком (~). При гидролизе обычной фосфатной связи освобождается $8,4 \cdot 10^3$ - $12,6 \cdot 10^3$ Дж на грамм-молекулу отщепленного фосфата, а при гидролизе макроэргической связи – около $4,2 \cdot 10^4$ Дж.

Фосфотрансферазы участвуют в процессах дыхания и брожения.



Аминотрансферазы – ферменты, осуществляющие реакции переаминирования, т.е. межмолекулярный перенос аминогруппы ($-\text{NH}_2$) с аминокислот на кетокислоты. Эти ферменты обладают специфичностью. Аминотрансферазы – двухкомпонентные ферменты, в состав кофермента входит витамин B_6 . В обмене веществ они играют большую роль, участвуют в образовании новых аминокислот в клетке.

Гидролазы. К гидролазам относятся ферменты, катализирующие процессы расщепления и синтеза сложных органических веществ по типу гидролитических реакций с участием воды. Большинство гидролаз являются однокомпонентными ферментами.

Гидролазы подразделяют на подгруппы в зависимости от вещества, на которое они действуют.

Карбогидразы – катализируют гидролиз и синтез глюкозидов, ди-, три- и полисахаридов.

Примерами карбогидраз, расщепляющих дисахариды, широко распространенных у микроорганизмов, служат:

- *мальтаза* (α -глюкозидаза) – расщепляет мальтозу (солодовый, сахар) на две молекулы глюкозы;
- *сахараза* (инвертаза, β -фруктофуранозидаза) – расщепляет сахарозу на глюкозу и фруктозу;
- *лактаза* (β -галактозидаза) – расщепляет молочный сахар (лактозу) на галактозу и глюкозу.

Из гидролаз, действующих на полисахариды, наибольшее значение имеют следующие:

- *амилазы* – ферменты, катализирующие гидролиз крахмала. Известно три типа амилаз: α -амилаза, β -амилаза и глюкоамилаза. Они различаются свойствами и способом

действия на крахмал. Амилазы находятся в мицелиальных грибах и многих бактериях; дрожжи не содержат амилаз;

- *целлюлаза* – фермент, гидролизующий целлюлозу (клетчатку).

Пектолитические ферменты – это комплекс ферментов (протопектиназа, пектинэстераза, полигалактуроназа), гидролизующих протопектин и растворимый пектин с образованием метилового спирта, галактуроновых кислот, пентоз, гексоз; имеются у многих плесеней и некоторых бактерий.

Пептидазы (протеолитические ферменты) катализируют гидролиз белков, пептидов, расщепляя пептидные связи, обладают специфичностью, каждая пептидаза разрывает пептидные связи между определенными аминокислотами.

Дезаминазы и амидазы – ферменты, катализирующие гидролитическое расщепление аминокислот и амидов с отщеплением азота в виде аммиака.

Эстеразы – ферменты катализирующие реакции расщепления и синтеза сложных эфиров (эстеров). Они широко распространены у микроорганизмов. Важную роль в обмене веществ микроорганизмов играют липазы. Липазы – это ферменты, вызывающие гидролиз жиров на глицерин и высокомолекулярные жирные кислоты.

Лиазы. К классу лиаз относятся ферменты, которые катализируют реакции негидролитического расщепления органических веществ, сопровождаемые отщеплением от субстрата тех или иных химических групп: CO_2 , H_2O , NH_3 .

Альдолаза – фермент, обратимо расщепляющий шестиуглеродную молекулу фруктозодифосфат на два трехуглеродных соединения: фосфодиоксиацетон и фосфоглицериновый альдегид. Этот фермент участвует в начальной стадии превращения сахара в процессе дыхания и брожения.

Декарбоксилазы – ферменты, катализирующие декарбоксилирование (отщепление CO_2) органических кислот. Микроорганизмы, особенно гнилостные бактерии, богаты декарбоксилазами аминокислот.

Во многих микроорганизмах содержится, например, *пируватдекарбоксилаза*, катализирующая отщепление CO_2 от пировиноградной кислоты с образованием уксусного альдегида. В состав кофермента этой декарбоксилазы входит витамин B_1 .

Декарбоксилазы аминокислот участвуют в отщеплении CO_2 от аминокислот с выделением аминов.

Изомеразы. Ферменты этого класса осуществляют превращение органических соединений в их изомеры – внутримолекулярное перемещение радикалов, атомов, атомных группировок.

К этому классу относятся следующие:

триозофосфатизомераза – катализирует взаимное превращение фосфотриоз: фосфодиоксиацетона и фосфоглицеринового альдегида;

глюкозофосфатизомераза – катализирует обратимое превращение глюкозо-6-фосфат во фруктозо-6-фосфат.

Оба эти фермента участвуют на первых стадиях превращения сахара в процессах дыхания и брожения.

Лигаза (синтетаза). В этот класс входят ферменты, катализирующие реакции синтеза сложных органических соединений из более простых. Эти реакции требуют затраты энергии и обычно протекают одновременно с расщеплением пирофосфатной (макроэргической) связи в АТФ.

Примерами таких ферментов могут служить:

карбоксилазы – катализируют при участии АТФ присоединение углекислого газа к органическим кислотам;

глутаминсинтетаза и *аспарагинсинтетаза* – ферменты синтеза глутамина и аспарагина из NH_3 и соответствующих аминокислот с участием АТФ.

Лигаза играют большую роль в углеводном и азотном обмене микроорганизмов.

Использование микробных ферментов

Человек издавна использовал ферментативную активность микроорганизмов. Широкое применение микроорганизмов в пищевых производствах основано на использовании их ферментативной деятельности в перерабатываемом пищевом сырье. Культуры микроорганизмов можно заменять их ферментами, выделив их в виде препаратов из клеток или культуральной среды.

Использование микроорганизмов для получения ферментов имеет ряд преимуществ по сравнению с растительным и животным сырьем:

✓ микроорганизмы обладают богатым «ассортиментом» ферментов, среди них есть такие, которые отсутствуют у животных и в растениях;

✓ микроорганизмы быстро размножаются и в течение короткого времени дают огромную массу клеток, из которых (или из культуральной среды) можно выделить большое количество фермента;

✓ микроорганизмы растут на относительно дешевых субстратах, например, на отходах различных промышленных производств;

✓ благодаря современной аппаратуре управлять развитием микроорганизмов значительно легче и проще, чем выращивать растения и животных.

В настоящее время во многих отраслях народного хозяйства ферменты микробного происхождения вытесняют ферменты растительного и животного происхождения.

Отечественное производство микробных ферментных препаратов в последние годы интенсивно развивается. В настоящее время десятки различных ферментов в виде индивидуальных ферментных белков и технических препаратов разной степени очистки производятся в промышленном масштабе с использованием культур плесневых грибов, бактерий и дрожжей.

Ферментный препарат отличается от фермента тем, что содержит помимо белка различные балластные вещества. В настоящее время ферментные препараты довольно широко применяют в пищевой промышленности. Так, препараты грибных амилолитических ферментов используют при производстве этилового спирта из крахмалосодержащего сырья вместо зернового солода; в пивоварении – в целях частичной замены солода несоложенным (не подвергавшимся проращению) ячменем; в хлебопекарной промышленности – взамен солода при изготовлении заварного ржаного хлеба; добавляют грибные амилазы и в пшеничное тесто. Поскольку в этом препарате помимо амилазы имеются, хотя и в небольшом количестве, другие ферменты (мальтаза, пептидазы), процесс изготовления теста ускоряется: увеличиваются объем и пористость хлеба, улучшаются его внешний вид, аромат, вкус. С помощью грибной глюкоамилазы получают глюкозную патоку и кристаллическую глюкозу из крахмала.

Пектолитические грибные ферментные препараты используют в производстве соков и виноделии. В результате разрушения пектина этими ферментами ускоряется процесс выделения сока, увеличивается его выход, улучшаются фильтрация и осветление соков.

Ферментные препараты, содержащие микробные пептидазы, применяют для повышения стойкости (предохранения от белкового помутнения) вина и пива; в сыроделии – взамен (частично) сычужного фермента. Целесообразно использовать микробные пептидазы для размягчения мяса, ускорения созревания мяса и сельди, получения из отходов рыбной и мясной промышленности пищевых гидролизатов и в других технологических процессах переработки животного и растительного сырья.

На базе белково-витаминных гидролизатов из остаточных пивных и пекарских дрожжей получают биовкусовые добавки и ароматические вещества со вкусом мяса и сыра, выпускают дрожжевой гидролизат для варенных колбас.

Ведутся разработки современных эффективных биотехнологий производства органических кислот (уксусной, молочной, пропионовой, и др.) с использованием отходов переработки сельскохозяйственного сырья и создание на их основе комплексных пищевых и кормовых добавок функционального действия. Продолжаются исследования по подбору

ферментных препаратов с широким спектром действия, осуществляющих глубокий гидролиз высокомолекулярных полимеров клетки. Применение таких препаратов позволит расширить ассортимент легкоусвояемых продуктов детского питания путем включения в их рецептуру богатых белком, полисахаридами и витаминами природных субстратов (д.т.н., профессор Л.В. Римарева).

В легкой промышленности их применяют при обработке кож, тканей, мехов, льна; в сельском хозяйстве – при приготовлении различных видов кормов для животных. В медицине и медицинской промышленности ферменты используют в виде лечебных препаратов, при обработке сырья, предназначенного для лекарственных веществ и других целей.

Так в Японском море обнаружены морские бактерии – продуценты необычных ферментов и низкомолекулярных вторичных метаболитов, особенно антиопухолевых веществ (В.В. Михайлов).

Конструктивный обмен – питание микроорганизмов

Поступление питательных веществ в клетку

Поступление питательных веществ и воды в клетку, а также выделение продуктов обмена в окружающую среду происходят у микроорганизмов через всю поверхность их тела.

Возможность проникновения веществ извне, в клетку обусловлена многими факторами: величиной и структурой их молекул; способностью растворяться в компонентах цитоплазматической мембраны; концентрацией веществ в клетке и в среде; свойствами клеточной стенки и цитоплазматической мембраны, являющихся барьерами, через которые должны проникнуть в клетку питательные вещества; имеет значение электрический заряд поверхности клетки и др.

Вещества питательной среды могут поступать в клетку только в растворенном состоянии. Нерастворимые сложные органические соединения должны подвергнуться расщеплению на более простые вне клетки, что происходит с помощью экзоферментов микроорганизмов (рис. 27).

Клеточная стенка (оболочка) проницаема и задерживает лишь макромолекулы. Цитоплазматическая мембрана обладает полупроницаемостью и служит осмотическим барьером; проницаемость ее для различных веществ неодинакова. Известно несколько путей проникновения питательных веществ в клетку.

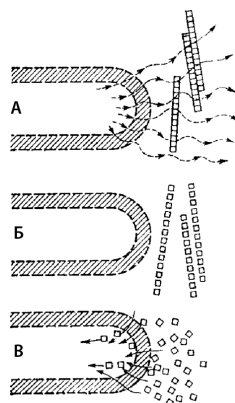


Рис. 27. Схема внеклеточного пищеварения:

А – выделение клеткой гидролитических экзоферментов; Б – ферментативный гидролиз сложных веществ; В – проникновение продуктов гидролиза внутрь клетки

Пассивная диффузия подчиняется законам осмоса. При осмотическом проникновении веществ через полупроницаемую мембрану движущей силой является разность осмотических давлений (концентраций веществ) в растворах по обе стороны мембраны, т.е. между средой и клеткой. Такой пассивный перенос веществ – по градиенту концентрации (от более высокой к более низкой) – протекает до уравнивания концентрации и не требует затраты энергии клеткой. Вода – основное вещество, которое проникает в клетку и выделяется из нее путем пассивной диффузии.

Большинство питательных веществ поступает в клетку *путем переноса* их через мембрану специфическими белками переносчиками – *пермеазами* (от англ. *permeable* – проницаемый), локализованными в цитоплазматической мембране. Пермеазы сходны с ферментами; они обладают субстратной специфичностью – каждая транспортирует определенное вещество. На внешней стороне цитоплазматической мембраны пермеаза адсорбирует вещество, вступает с ним во временную связь и диффундирует комплексно через мембрану, отдавая на внутренней стороне ее транспортируемое вещество в цитоплазму.

В клетку из питательной среды могут поступать только те вещества, для которых в цитоплазматической мембране имеются соответствующие пермеазы. Таким образом, мембрана является не только осмотическим барьером, но и обладает избирательной проницаемостью.

Перенос вещества с помощью пермеаз может протекать, как и при пассивной диффузии, по законам осмоса – по градиенту концентрации. Это так называемая *облегченная диффузия*, протекающая без затрат энергии.

Перенос веществ из питательной среды в клетку может осуществляться пермеазами и против градиента концентрации. Такой *активный перенос* требует затраты энергии. При

этом концентрация транспортируемого вещества в клетке может значительно превысить его концентрацию в питательной среде.

Выход растворенных веществ из клетки осуществляется как при участии пермеаз – путем облегченной диффузии, так, видимо, и путем пассивной диффузии.

Типы питания микроорганизмов

Пища должна содержать такие вещества, которые удовлетворяли бы потребность микроорганизма в химических элементах и энергии для синтеза веществ и структур клетки.

В зависимости от того, какие химические элементы поступают из веществ питательной среды, последние называют их источниками (источник углерода, фосфора и т.д.).

Ранее указывалось, что до 90% и более сухой массы клеток микроорганизмов составляют водород, кислород, углерод и азот, входящие в состав важнейших веществ клетки.

Кислород и водород микроорганизмы получают из воды, а также из многих используемых органических соединений. Для многих микроорганизмов необходим, кроме того, молекулярный кислород (O_2), который они используют в процессе энергетического обмена.

Потребности микроорганизмов в отношении источников углерода и азота весьма разнообразны.

Источники углерода. В зависимости от используемого в конструктивном обмене источника углерода микроорганизмы делят на две группы: автотрофы и гетеротрофы.

*Автотрофы*¹ используют диоксид углерода CO_2 в качестве единственного или главного источника углерода для синтеза органических веществ тела.

*Гетеротрофы*² в качестве источника углерода используют в основном органические соединения.

Соответственно по источнику углерода различают и типы питания: автотрофный и гетеротрофный.

Биосинтез органических веществ из CO_2 (восстановительный процесс) протекает с потреблением энергии.

Одни автотрофы в этих целях используют световую энергию и поэтому их называют *фототрофами*, а процесс – *фотосинтезом*. В процессе фотосинтеза лучистая энергия

¹ *Автотроф* – питающийся самостоятельно (*autos* – сам, *trophe* – пища).

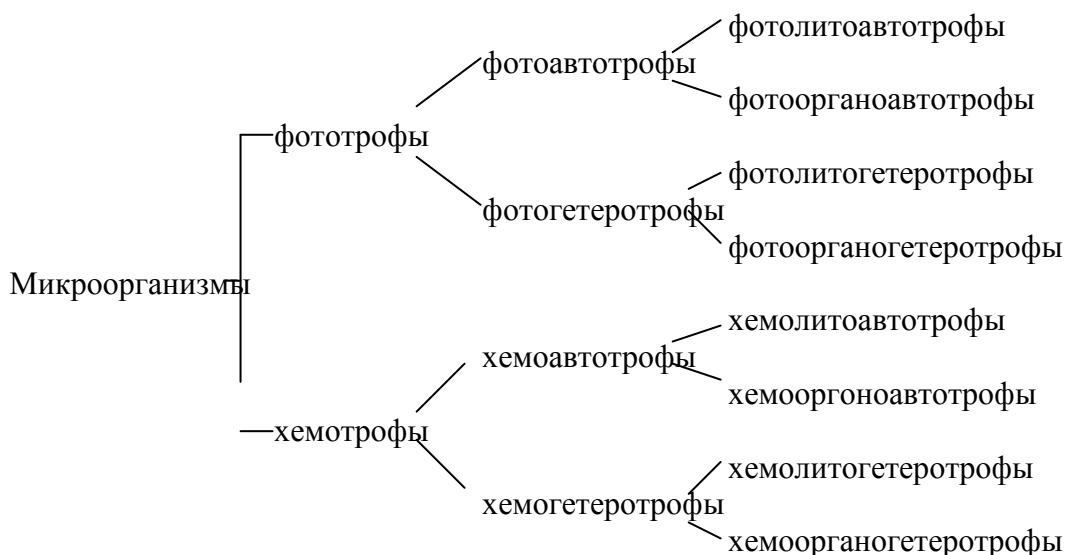
² *Гетеротроф* – питающийся другими (*heteros* – другой).

солнца преобразуется в химическую энергию. Другие автотрофы – *хемотрофы* используют энергию химических реакций окисления неорганических соединений; этот процесс называется *хемосинтезом*.

Гетеротрофы – хемотрофы; необходимую энергию они получают путем окисления органических соединений.

Помимо источника углерода и энергии при характеристике типа питания микроорганизмов принимается во внимание и природа окисляемого субстрата – донора водорода (электронов). Микроорганизмы, использующие в качестве донора водорода органические соединения, называют *органотрофными*, а способные использовать неорганические доноры электронов (H_2 , NH_3 , H_2S , S и др.) – *литотрофными*.

Таким образом, с учетом природы основного источника углерода, источника энергии и донора водорода микроорганизмы по *типам питания* можно представить в виде следующей схемы:



Фотолитоавтотрофы для синтеза органических веществ тела получают углерод из CO_2 , используют световую энергию и неорганический донор водорода (электронов). К ним относятся цианобактерии, пурпурные и зеленые серные бактерии. Это преимущественно водные бактерии, содержащие различные пигменты (каротиноидные, бактериохлорофиллы); которые поглощают свет. Донором водорода (для восстановления CO_2) у цианобактерий служит вода, а у серобактерий – H_2S , при этом в клетках накапливается сера; фотосинтез протекает без выделения молекулярного кислорода.

Фотоорганотрофы для синтеза органических веществ используют CO_2 , световую энергию и простые органические соединения. Это живущие в водоемах пурпурные несерные бактерии.

Для *хемолитоавтотрофов* источником углерода служит CO_2 , источником энергии – реакция окисления неорганических соединений. Бактерии, относящиеся к этой группе, живут в водоемах, в почве; они специфичны в отношении окисляемого ими вещества. Это бактерии, окисляющие водород с образованием воды (водородные бактерии), аммиак – до нитратов (нитрифицирующие бактерии), сероводород – до серной кислоты (бесцветные серобактерии), а также окисляющие Fe (II) в Fe (III) (железобактерии). Эти микроорганизмы играют большую роль в круговороте веществ в природе.

Для *хемоорганогетеротрофов* (хемогетеротрофов) источником углерода, энергии и донора водорода являются органические соединения. Такой тип питания характерен для многочисленных бактерий, грибов и дрожжей. Среди хемогетеротрофов есть *микробы-паразиты* (паратрофы), живущие в теле другого организма – хозяина, питающиеся веществами его тела. К паразитам относятся возбудители заболеваний человека, животных, растений.

Большинство хемогетеротрофных микроорганизмов живет за счет использования органических веществ различных субстратов животного и растительного происхождения. Такие микроорганизмы называют *сапрофитами* (метатрофами). Эти микроорганизмы разлагают различные органические вещества в природе (в почве, в воде), вызывают порчу пищевых продуктов или используются в процессах переработки растительного и животного сырья.

Многие сапрофиты всеядны, т.е. способны использовать разнообразные органические соединения: некоторые проявляют выраженную специфичность (избирательность) в отношении источника углерода. Существуют и такие, которые нуждаются в каких-либо определенных соединениях, их называют субстратспецифичными микроорганизмами. Примерами могут служить микроорганизмы, использующие метан, парафины и др.

Сапрофиты наряду с органическими соединениями используют в небольших количествах и CO_2 , вовлекая его в обмен веществ. Углекислый газ служит дополнительным источником углерода для биосинтеза веществ клетки.

Источники азота. Азот входит в состав жизненно важных компонентов микробной клетки.

Все автотрофные микроорганизмы усваивают азот из неорганических его соединений.

У хемогетеротрофов по отношению к источнику азота проявляется избирательность, как и по отношению к источнику углерода. Паразиты используют органические азотсодержащие вещества клеток хозяина. Источником азота для сапрофитов могут служить как

Источники зольных элементов. Выше было сказано, что для синтеза клеточных веществ нужны и различные зольные элементы: сера, фосфор, калий, кальций, магний, железо. Хотя потребность в них и невелика, но при недостатке в питательной среде даже одного из этих элементов микроорганизмы не будут развиваться и могут погибнуть. Больше всего требуется фосфора: он входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, АДФ, принимает участие в различных биохимических превращениях. Лишь немногие микроорганизмы хорошо усваивают серу и фосфор из органических соединений.

Для большинства микроорганизмов источниками зольных элементов являются минеральные соли.

Микроэлементы нужны для роста микроорганизмов в незначительных количествах и могут быть использованы ими также из минеральных солей.

Потребность микроорганизмов в витаминах. В составе микробной клетки имеются различные витамины. Они необходимы для их нормальной жизнедеятельности. Некоторые витамины входят в состав коферментов, простетических групп. Одни микроорганизмы должны получать витамины в готовом виде, и при отсутствии того или иного витамина в среде у них резко нарушается обмен веществ. При добавлении в питательную среду недостающего витамина ликвидируется задержка роста, поэтому витамины нередко называют «*ростовыми веществами*», стимуляторами роста. Другие микроорганизмы способны сами синтезировать витамины из веществ питательной среды. Некоторые из них синтезируют витамины в количествах, значительно превышающих собственные потребности.

Микробиологическим путем получают эргостерин (провитамин D), рибофлавин (витамин B₂), кобамидцианид (витамин B₁₂), каротиноиды (в том числе и провитамин A) и др.

В промышленности эргостерин получают, используя дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и *Sacch. carlsbergensis*, а также некоторые мицелиальные грибы.

Для получения кристаллического витамина D используют грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium* и др.

Концентрат рибофлавина получают с помощью гриба *Eremothecium ashbyii*.

Продуцентами витамина B₁₂ являются некоторые актиномицеты, пропионово-кислые и метанообразующие бактерии. В мировой практике для получения витамина B₁₂ наиболее часто используют *Pseudomonas denitrificans*. В нашей стране получен высокопродуктивный мутант – *Nocardia rugosa*.

Продуцентами β -каротина являются дрожжи рода *Rhodotorula*, а высокопродуктивным мутантом, синтезирующим β -каротин, – дрожжи *Rhodospiridium diobovatum*. Каротин синтезируют и некоторые актиномицеты, миксобактерии и грибы.

Витамины микробиальной природы широко используют в сельском хозяйстве, медицине, пищевой промышленности, для косметических средств и других целей.

Энергетический обмен у микроорганизмов

Описанные выше процессы конструктивного обмена – синтез веществ клетки из поступивших в нее извне питательных веществ, активный перенос этих веществ через цитоплазматическую мембрану и многие другие процессы жизни – протекают с затратой энергии. Источники энергии у микроорганизмов разнообразны.

У *фотоавтотрофов* источником энергии служит видимый свет. Световая энергия, улавливаемая фотоактивными пигментами клетки в процессе фотосинтеза, трансформируется в химическую энергию, обеспечивающую энергетические потребности клетки.

Источником энергии для биосинтеза клеточных веществ из CO_2 у *хемоавтотрофов* служит химическая энергия, получаемая при окислении неорганических соединений (NH_3 , H_2S и др.).

Хемогетеротрофы получают энергию в процессе окисления органических соединений. Любое природное органическое вещество и многие синтетические могут быть использованы хемогетеротрофами, но не всеми. Одни способны окислять многие органические вещества, другие – лишь небольшой набор их. Имеются и такие, которые проявляют большую специфичность по отношению к энергетическому материалу.

Поскольку все микроорганизмы: и возбудители порчи пищевых продуктов, и используемые при переработке пищевого сырья – относятся к хемогетеротрофам, ниже рассматриваются именно их энергодающие процессы.

Биологическое окисление (в клетках) органических веществ происходит чаще путем дегидрогенирования – отнятием атомов водорода. Так как атом водорода состоит из протона (H^+) и электрона (e^-), перенос водорода включает и перенос электрона. Отнятый от окисляемого вещества водород (электрон) переносится на другое вещество, которое при этом восстанавливается. Процесс этот протекает при участии ферментов дегидрогеназ.

Вещество, отдающее водород (электроны), называют *донором*, а вещество, присоединяющее его, – *акцептором*.

В зависимости от природы конечного акцептора водорода микроорганизмы делятся на две группы:

○ *аэробы* – окисляют органические вещества с использованием молекулярного кислорода, который и является конечным акцептором водорода;

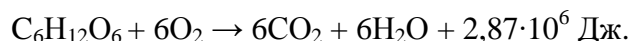
○ *анаэробы* – в энергетических процессах не используют кислород. Конечным акцептором водорода служат органические или неорганические соединения.

Аэробные микроорганизмы

Многие аэробные микроорганизмы, к которым относятся грибы, некоторые дрожжи, многие бактерии, подобно высшим организмам (растения, животные), окисляют органические вещества полностью до углекислого газа и воды. Процесс этот называется *дыханием*.

В качестве энергетического материала в процессе дыхания микроорганизмы часто используют углеводы. При этом сложные (ди-, три-, полисахариды) ферментативным путем гидролизуются до моносахаридов, которые и подвергаются окислению.

Этот процесс в общем виде может быть представлен следующим уравнением окисления глюкозы:



Как видно из уравнения, при полном окислении глюкозы освобождается вся потенциальная (свободная) энергия молекулы глюкозы.

Приведенное уравнение характеризует процесс в суммарном виде, показаны лишь исходный и конечные продукты окисления. Однако процесс этот многоэтапный, протекает при участии многих ферментов с образованием различных промежуточных продуктов. Обязательным промежуточным продуктом в процессе биологического окисления глюкозы является пировиноградная кислота.

Известно несколько путей расщепления глюкозы до пировиноградной кислоты. Одним из таких путей распада этого важнейшего промежуточного продукта является гликолитический путь (гликолиз)¹ (рис. 28). Он довольно универсален и свойственен многим аэробным и анаэробным микроорганизмам.

¹ Путь Эмбдена-Мейергофа-Парнаса.

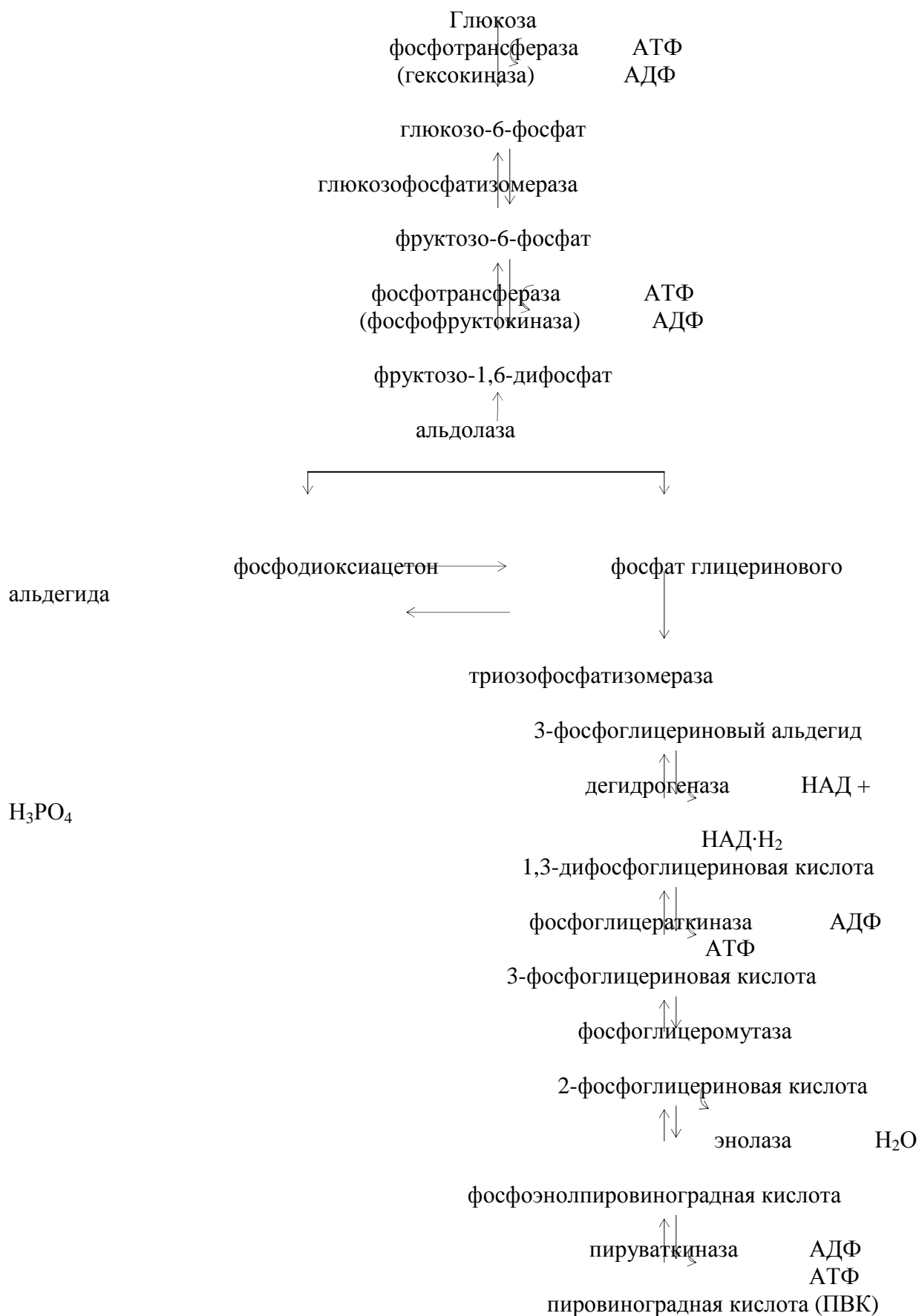


Рис. 28. Гликолитический путь расщепления глюкозы микроорганизмами

1. Первый этап – активирование глюкозы путем *фосфорилирования* при участии АТФ и фермента фосфотрансферазы (гексокиназы). К молекуле глюкозы от АТФ присоединяется концевой фосфатный остаток, обладающий макроэргической (~) связью. Образуется глюкозо-6-фосфат, а АТФ превращается в АДФ.

2. Глюкозо-6-фосфат путем *изомеризации* при участии фермента глюкозофосфатизомеразы превращается во фруктозо-6-фосфат.

3. Фруктозо-6-фосфат затем *фосфорилируется* за счет АТФ при участии соответствующей фосфотрансферазы (фосфофруктокиназы). Образуется фруктозо-1,6-дифосфат, а АТФ превращается в АДФ.

4. Фруктозо-1,6-дифосфат *расщепляется* при участии фермента *альдолазы* на две молекулы фосфотриоз. Одна из них – фосфодиоксиацетон, другая – фосфат глицеринового альдегида. Оба эти вещества легко могут превращаться друг в друга.

Дальнейшему превращению подвергаются две молекулы 3-фосфоглицеринового альдегида, так как фосфат диоксиацетона под действием фермента триозофосфатизомеразы превращается в 3-фосфоглицериновый альдегид.

5. Следующий этап, важнейший с энергетической стороны, - является *окисление* 3-фосфоглицеринового альдегида. Эта реакция катализируется дегидрогеназой, коферментом которой является НАД. В окислении участвует фосфорная кислота.

Молекула 3-фосфоглицеринового альдегида присоединяет фосфат, а водород переносится на кофермент НАД, восстанавливающийся в НАД·Н₂. Освобождающаяся при окислении фосфоглицеринового альдегида энергия «сосредоточивается» в макроэргической связи (~) образующейся 1,3-дифосфоглицериновой кислоты.

6. В дальнейшем фосфатная группа 1,3-дифосфоглицериновой кислоты, имеющая макроэргическую связь, при участии фермента *фосфоглицераткиназы* переносится на молекулу аденозиндифосфорной кислоты. Образуется 3-фосфоглицериновая кислота, а АДФ превращается в АТФ.

Таким образом свободная энергия окисления альдегидной группы запасается в молекуле АТФ. Этот процесс синтеза АТФ называют фосфорилированием на уровне субстрата.

7. 3-Фосфоглицериновая кислота под влиянием фермента *фосфоглицеромутазы* превращается в 2-фосфоглицериновую кислоту.

8. Под действием фермента *энлазы* 2-фосфоглицериновая кислота, теряя воду, переходит в энольную форму фосфопировиноградной кислоты. При этом происходит перераспределение внутримолекулярной энергии, большая часть ее сосредоточивается в форме макроэргической фосфатной связи фосфоэнолпировиноградной кислоты.

9. Фосфоэнолпировиноградная кислота дефосфорилируется. Богатая энергией фосфатная группа при участии фермента *пируваткиназы* передается на молекулу АДФ. В результате образуется пировиноградная кислота (ПВК), а АДФ превращается в АТФ.

Из вышеизложенного видно, что гликолитическое расщепление глюкозы до пировиноградной кислоты происходит без участия кислорода и заканчивается выходом двух молекул пировиноградной кислоты, двух молекул НАД·Н₂ и двух молекул АТФ. Синтезируется четыре молекулы АТФ, две из которых расходуются на фосфорилирование новой молекулы глюкозы.

Пировиноградная кислота занимает центральное положение в промежуточном метаболизме, служит исходным веществом в дальнейших процессах расщепления, преобразования и синтеза.

В процессе дыхания многих аэробных микроорганизмов пировиноградная кислота подвергается полному окислению до СО₂ и Н₂О. Сначала она при участии пируватдегидрогеназной системы [комплекса ферментов и коферментов, в том числе и кофермента А(КоА=SH)] окисляется до СО₂ и ацетилкофермента А (СН₃СО = S = КоА). Последний вступает в сложный цикл реакций, называемый *циклом трикарбоновых кислот* (цикл Кребса, рис. 29), с образованием три- и дикарбоновых кислот, последовательно окисляющихся (с отщеплением 2Н) и декарбоксилирующихся (с отщеплением СО₂).

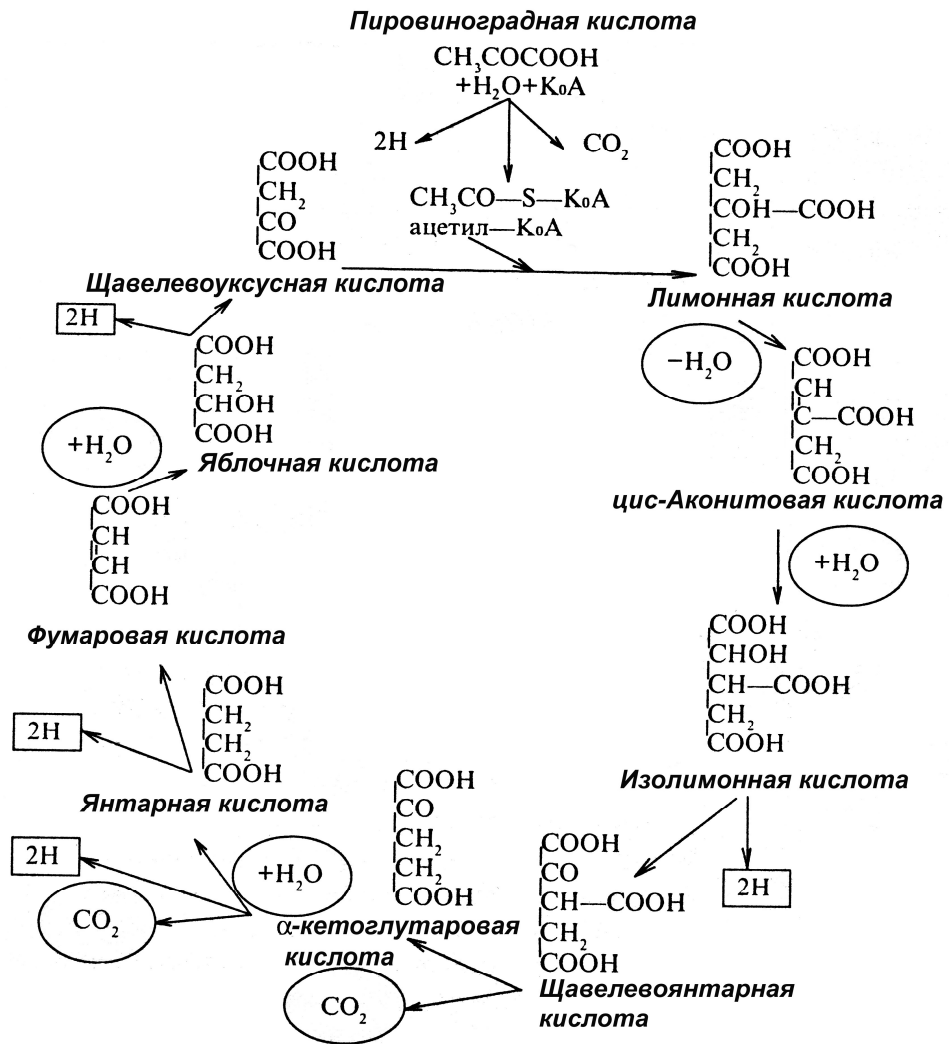


Рис. 29. Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса)

На рис. 29 видно, что окисление одной молекулы пировиноградной кислоты сопровождается выделением трех молекул CO_2 и пяти пар водородных атомов. Водород, отнятый от окисляемых кислот, посредством коферментов (НАД и ФАД) соответствующих дегидрогеназ передается по так называемой *дыхательной цепи*, состоящей из комплекса ферментов, к конечному акцептору – молекулярному кислороду.

Важными компонентами дыхательной (называемой также электротранспортной) цепи, участвующими в окислении водорода, являются флавиновые ферменты, хиноны, цитохромы.

Из приведенной схемы дыхательной цепи видно, что водород восстановленного НАД·2Н переносится на кофермент (ФАД) флавинового фермента, который восстанавливается в ФАД·2Н. С восстановленной флавиновой дегидрогеназы водород передается на убихинон – кофермент Q (КоQ), который в свою очередь передает водород на цитохром цитохромной системы. Атом водорода при этом расщепляется на ион водорода (H^+) и электрон (e^-). Цитохромы способны воспринимать только электроны.

Цитохром из окисленной формы превращается в восстановленную; восстановленный цитохром передает электроны следующему цитохрому и т.д.

Цитохромы попеременно то восстанавливаются, то окисляются, что связано с изменением валентности железа, содержащегося в их простетической группе. Последний цитохром передает электроны цитохромоксидазе, восстанавливая ее кофермент. Завершает реакцию окисление восстановленной цитохромоксидазы молекулой кислорода, в результате чего образуется вода. На этом и заканчивается полное окисление исходного органического вещества при дыхании большинства аэробных микроорганизмов.

Энергия, освобождающаяся при переносе электронов, в отдельных участках дыхательной цепи частично затрачивается при участии фермента АТФ-синтазы на синтез АТФ из АДФ и неорганического фосфата, т.е. запасается в форме богатой энергией фосфатной связи АТФ. Этот процесс называется *окислительным фосфорилированием* (см. схему дыхательной цепи – рис. 30).

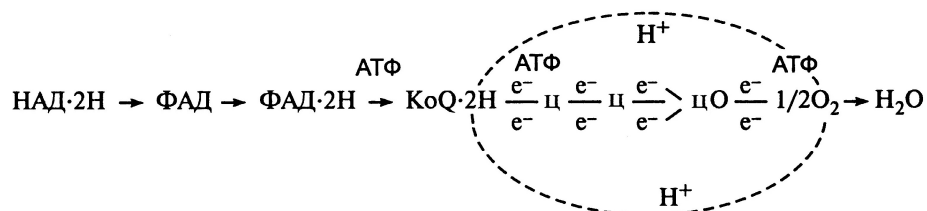


Рис. 30. Схема дыхательной цепи

Компоненты дыхательной цепи у прокариотов локализованы в цитоплазматической мембране и мезосомах, у эукариотов – в мембране митохондрий.

Некоторые аэробные гетеротрофные микроорганизмы получают энергию за счет неполного окисления органических веществ при этом в среде накапливаются недоокисленные продукты, преимущественно органические кислоты.

При неполном окислении энергетического материала высвобождается соответственно меньшее количество энергии. Часть потенциальной энергии окисляемого вещества остается в продуктах неполного окисления. Например, некоторые мицелиальные грибы в определенных условиях окисляют сахар с образованием воды и различных органических кислот – глюконовой, молочной, лимонной, яблочной, щавелевой, янтарной и др. Уксуснокислые бактерии окисляют этиловый спирт до уксусной кислоты и воды:



В молекуле спирта заключено энергии $1,37 \cdot 10^6$ Дж. Как видно из уравнения, освобождается только часть энергии, много ее остается в уксусной кислоте.

Анаэробные микроорганизмы

Анаэробные микроорганизмы, к которым принадлежат многие бактерии и некоторые дрожжи, получают необходимую для жизнедеятельности энергию в процессе *брожения*. Этот энергодающий процесс протекает также путем сопряженного окисления-восстановления, но без участия в нем кислорода.

Конечным акцептором водорода, отнятого от окисляемого органического вещества, служат органические вещества – промежуточные продукты распада используемого субстрата.

Анаэробные микроорганизмы подразделяют на *облигатные*, или безусловные, *анаэробы*, для которых кислород не только не нужен, но и вреден, и *факультативные*, или условные, *анаэробы*, среди которых различают два типа. Одни из них лучше развиваются в анаэробных условиях, хотя могут жить в присутствии кислорода, но не способны его использовать (например, молочнокислые бактерии). Другие факультативные анаэробы (например, дрожжи) способны в зависимости от условий развития переключаться с анаэробного на аэробный тип получения энергии.

Энергетическим материалом при брожении чаще служат углеводы, из них в наибольшей степени используется глюкоза.

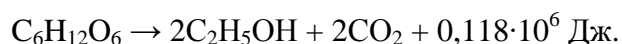
Превращение глюкозы до образования пировиноградной кислоты протекает чаще, как и у аэробов, по гликолитическому пути (см. выше); эта стадия превращения углерода и является энергодающим этапом.

Дальнейшее превращение образующихся пировиноградной кислоты и промежуточного переносчика водорода НАД·Н₂ у анаэробов иное, чем у аэробов. Пировиноградная кислота в бродильных процессах является предшественником разнообразных продуктов брожения (спиртов, органических кислот и др.).

У одних анаэробов она непосредственно служит конечным акцептором водорода от НАД·Н₂ и восстанавливается в продукт брожения — молочную кислоту; при этом НАД·Н₂ окисляется в НАД. У других анаэробов из пировиноградной кислоты образуются различные промежуточные продукты, которые служат затем акцепторами водорода от НАД·Н₂. Последний регенерируется, а акцептировавшие водород восстановленные органические соединения, являющиеся конечными продуктами брожения, выделяются в окружающую среду. В зависимости от того, какой основной продукт накапливается в среде, и сам процесс брожения имеет соответствующее название.

Примерами такого типа получения энергии могут служить следующие виды брожения.

Спиртовое брожение, которое осуществляется многими дрожжами в анаэробных условиях:



Молочнокислое брожение – это процесс получения энергии молочнокислыми бактериями:



Маслянокислое брожение вызывается облигатно-анаэробными маслянокислыми бактериями:



Как видно из уравнений, среди конечных продуктов брожения всегда имеются продукты неполного окисления, сохраняющие значительное количество потенциальной энергии.

Известно много и других брожений, отдельные типы которых различаются составом конечных продуктов, характер которых зависит от свойств возбудителя брожения и от комплекса его ферментов (рис. 31).

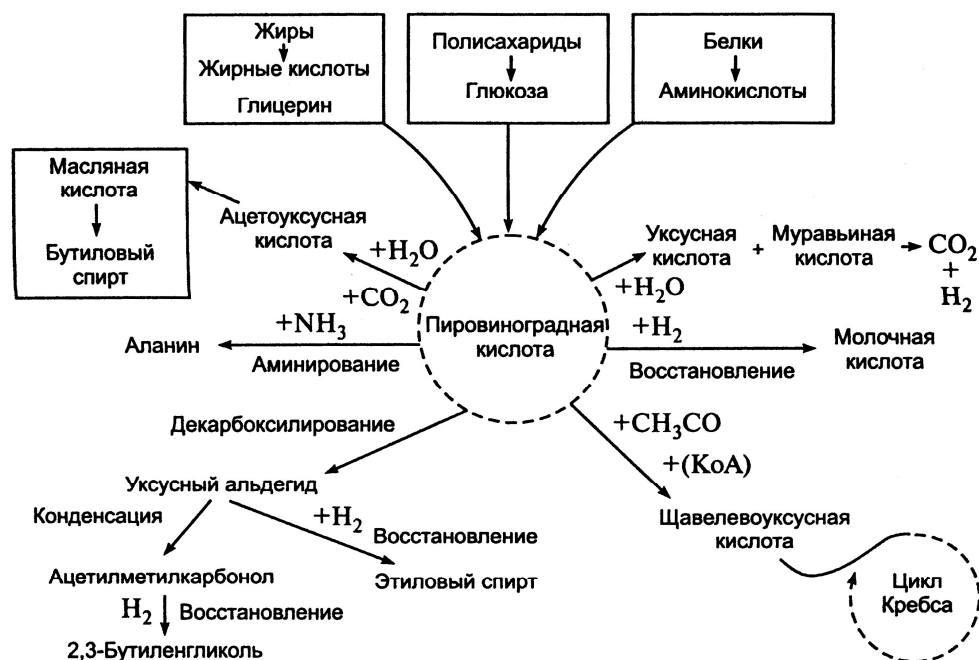


Рис. 31. Некоторые продукты анаэробного расщепления пировиноградной кислоты

Многие бродильные процессы применяются в промышленности или являются причиной порчи пищевых продуктов. Подробнее эти процессы рассматриваются в главе 3.

В анаэробных условиях некоторые микроорганизмы при окислении органических веществ в качестве конечного акцептора водорода (в процессе транспорта электронов, поставляющем энергию) могут использовать окисленные неорганические соединения так называемые вещества – «носители кислорода». Следовательно, для этих микроорганизмов роль окислителя играет не свободный, а «связанный» кислород. Такого рода получение энергии в принципе сходно с дыханием аэробов. Но поскольку процесс осуществляется в анаэробных условиях, его называют *анаэробным дыханием*.

Этой способностью обладают, например, денитрифицирующие бактерии, использующие в качестве конечного акцептора электронов нитраты, восстанавливая их до молекулярного азота, – *нитратное дыхание*.

У десульфатирующих (сульфатредуцирующих) бактерий конечным акцептором водорода (электронов) служат сульфаты, восстанавливающиеся при этом до сероводорода, – *сульфатное дыхание*.

Таким образом, различие между аэробным и анаэробным процессом получения энергии у хемогетеротрофов заключается в природе конечного акцептора водорода (окислителя).

Рассмотренные выше процессы (дыхание, брожение) следует расценивать не только как процессы, обеспечивающие организм энергией. Многие промежуточные продукты распада углеводов служат исходным материалом для синтеза многих компонентов клетки (белков, нуклеиновых кислот, липидов и др.)

Важным поставщиком веществ для биосинтетических процессов является цикл Кребса (рис. 29). Образующиеся в этом цикле ди- и трикарбоновые кислоты путем аминирования и переаминирования далее превращаются в различные аминокислоты, из которых синтезируются белки.

Использование энергии микроорганизмами

Свободная энергия, освобождаемая в процессах дыхания и брожения, не может быть непосредственно использована клеткой. Она должна быть преобразована в биологически доступную форму – в химическую энергию макроэргических фосфатных связей фосфорорганических соединений, главным из которых является АТФ.

АТФ является универсальным переносчиком химической энергии между реакциями, доставляющими энергию, и реакциями, потребляющими ее. АТФ называют «энергетической валютой» клетки. Из этого своеобразного аккумулятора организм черпает энергию для удовлетворения своих потребностей.

АТФ локализуется в особых структурах клетки – в мезосомах или в митохондриях. В энергетическом отношении дыхание – значительно более выгодный процесс, чем брожение.

Как указывалось ранее, в процессе брожения синтез АТФ происходит лишь путем субстратного фосфорилирования. Полезный эффект состоит в образовании двух молекул АТФ. Макроэргическая фосфатная связь АТФ содержит энергии около $4,2 \cdot 10^4$ Дж. Следовательно, при использовании одного моля глюкозы (потенциальный запас энергии $2,87 \cdot 10^6$ Дж) в клетках анаэробов запасается всего лишь около $0,09 \cdot 10^6$ Дж. Большая часть энергии остается в выделяемых в среду органических веществах – конечных продуктах брожения, часть теряется и в форме тепловой энергии.

У аэробов в процессе дыхания при полном окислении одного моля глюкозы синтезируется значительно больше АТФ.

Установлено, что при продвижении по дыхательной цепи пары атомов водорода (пары электронов) к атому кислорода – при образовании молекулы воды – синтезируется три моля АТФ (рис. 30).

Из приведенной схемы цикла Кребса (рис. 29) видно, что окисление одного моля пировиноградной кислоты сопровождается отнятием пяти пар атомов водорода. В процессе окисления участвует два моля пировиноградной кислоты. Кроме того, при гликолизе глюкозы до пировиноградной кислоты (рис. 28) образуется $2\text{НАД}\cdot\text{H}_2$. Следовательно, в дыхательную цепь поступает 12 пар атомов водорода – синтезируется $12 \cdot 3 = 36$ молей АТФ. Два моля АТФ образуется еще при гликолизе в реакциях фосфорилирования на уровне субстрата. Всего, таким образом, синтезируется 38 молей АТФ, т.е. резервируется около $1,6 \cdot 10^6$ Дж.

Аэробы полезно используют около 50% энергии (заключенной в моле глюкозы) и около 50% теряется в виде тепла. Этим и объясняется явление самосогревания навоза, зерна, круп, рыбной муки, клубней картофеля, когда вследствие повышенной влажности в них обильно развиваются различные микроорганизмы.

При самосогревании зерновая масса приобретает не свойственные здоровому зерну запах и цвет. Происходит потеря массы, значительно снижаются всхожесть, технологические качества зерна и может быть полностью потеряна потребительская ценность продукта.

Самосогревание торфа, недостаточно просушенного сена, хлопка и других материалов, возникающее при массовом развитии микроорганизмов, иногда приводит к самовозгоранию.

У некоторых микроорганизмов наблюдается выделение неиспользованной энергии в форме световой. Такой способностью обладают некоторые бактерии, грибы, протисты.

Свечение морской воды, сгнившего дерева, рыбы объясняется присутствием в них светящихся микроорганизмов.

ГЛАВА 3. ВАЖНЕЙШИЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ МИКРООРГАНИЗМАМИ, И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Микроорганизмы обладают высокой биохимической активностью. В процессе обмена веществ они осуществляют самые разнообразные химические реакции, в результате которых образуются ценные вещества: спирты, кислоты, эфиры, витамины и др. Эти продукты жизнедеятельности микробов используются в медицине, промышленности, быту. Многие биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами, применяются в пищевой и лёгкой промышленности; велика их роль и в круговороте веществ в природе.

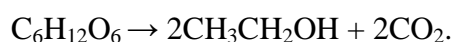
Ниже рассматриваются преимущественно микробиологические процессы, используемые при переработке пищевого сырья или обуславливающие порчу пищевых продуктов. Другие процессы описываются кратко.

Превращение безазотистых органических веществ

Анаэробные процессы

Спиртовое брожение

Спиртовым брожением называется процесс превращения микроорганизмами сахара в этиловый спирт и углекислый газ:



Возбудителями спиртового брожения являются дрожжи. Спиртовое брожение могут вызвать некоторые мицелиальные грибы, однако при этом образуется значительно меньше спирта (5-7%). Брожение с образованием спирта и углекислого газа вызывают и некоторые бактерии, но по количественному соотношению между конечными и побочными продуктами, а также характеру побочных продуктов бактериальное спиртовое брожение отличается от брожения, вызываемого дрожжами.

Связь спиртового брожения с жизнедеятельностью дрожжей была отмечена еще в начале XIX в., но окончательно установлена Л. Пастером в 1857 г.

Большое значение в изучении спиртового брожения имело открытие «бесклеточного» брожения – соком из дрожжей, не содержащим дрожжевых клеток. На основании этого был сделан вывод, что в дрожжевом соке содержится какое-то активное вещество – фермент, которое еще Э. Бухнер предложил назвать *зимазой*. Дальнейшие исследования показали, что зимаза является комплексом ферментов.

Химизм спиртового брожения. Приведенное выше уравнение спиртового брожения выражает его лишь в общем суммарном виде. Для дрожжей спиртовое брожение является процессом получения энергии в анаэробных условиях.

В главе 2 указывалось, что любое брожение протекает как бы в две стадии: первая – *окислительная* – включает превращение глюкозы до пировиноградной кислоты с образованием двух молекул восстановленного НАД·Н₂ – промежуточного акцептора водорода:

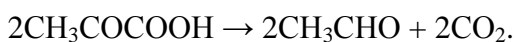


а во второй стадии – *восстановительный* – НАД·Н₂ передает водород конечному акцептору, который превращается в основной конечный продукт брожения (рис. 32).

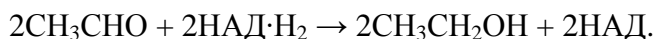


Рис. 32. Схема спиртового брожения

Дрожжи обладают ферментом пируватдекарбоксилазой, который катализирует реакцию декарбоксилирования пировиноградной кислоты с отщеплением CO_2 и образованием уксусного альдегида:



Углекислый газ является одним из конечных продуктов спиртового брожения. Уксусный альдегид играет роль конечного акцептора водорода. Вступая во взаимодействие с $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$, он при участии фермента алкогольдегидрогеназы восстанавливается в этиловый спирт, а $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$ регенерируется (окисляется) в НАД :



Реакция восстановления уксусного альдегида в этиловый спирт завершает спиртовое брожение.

С энергетической точки зрения брожение – процесс малоэкономичный; выше указывалось, что при сбраживании грамм-молекулы глюкозы синтезируется всего 2 моля АТФ. Недостаток выделяющейся при брожении энергии дрожжи возмещают за счет переработки большого количества сахара.

Наряду с главными продуктами брожения в небольшом количестве образуются побочные продукты: глицерин (1-3%), уксусный альдегид, уксусная и янтарная кислоты, сивушные масла – смесь высших спиртов (изоамилового, изобутилового, амилового, н-пропилового и др.) и некоторые другие вещества.

Образование дрожжами высших спиртов связано с азотным и углеводным обменами дрожжевых клеток. Высшие спирты участвуют в формировании аромата и вкуса напитков спиртового брожения.

Общие условия спиртового брожения. На развитие дрожжей и ход брожения влияют многие факторы: химический состав среды, ее концентрация и кислотность, температура и др.

Не все сахара сбраживаются дрожжами. Большинство дрожжей способны сбраживать моносахариды, а из дисахаридов – преимущественно сахарозу и мальтозу. Пентозы могут использовать лишь некоторые виды дрожжей. Крахмал дрожжи не сбраживают, так как они не имеют амилолитических ферментов.

Наиболее благоприятная концентрация сахара в среде для большинства дрожжей от 10 до 15%. При повышении концентрации сахара энергия брожения¹ снижается, а при 30-35% брожение обычно почти прекращается, хотя в природе встречаются дрожжи, способные вызывать медленное брожение сахара даже при концентрации его 60% и выше.

Хорошим источником азота для большинства дрожжей являются аммонийные соли, аминокислоты и пептиды.

Нормально брожение протекает в кислой среде при рН, равной 4-5. В щелочной среде направление брожения изменяется в сторону увеличения выхода глицерина.

Наибольшая скорость брожения наблюдается при температуре около 30 °С, а при 45-50 °С оно прекращается, так как дрожжи отмирают. При снижении температуры скорость брожения замедляется, но полностью не прекращается даже при температурах, близких к 0 °С.

По характеру брожения дрожжи подразделяют на верховые и низовые.

Брожение, вызываемое *верховыми дрожжами*, протекает бурно и быстро при температуре 20-28 °С. На поверхности бродящей жидкости образуется много пены, и под действием выделяющегося углекислого газа дрожжи выносятся в верхние слои субстрата. По окончании брожения дрожжи оседают на дно бродильных сосудов рыхлым слоем.

Брожение, вызываемое *низовыми дрожжами*, протекает спокойнее и медленнее, особенно при сравнительно низких температурах (4-10 °С). Газ выделяется постепенно, пены образуется меньше, дрожжи не выносятся на поверхность сбраживаемой среды и быстро оседают на дно бродильных емкостей.

Этиловый спирт, накапливающийся в процессе брожения, неблагоприятно влияет на дрожжи. Его угнетающее действие проявляется уже при концентрации 2-5% в

¹ *Энергией брожения* называется способность определенного количества дрожжей сбраживать за определенный промежуток времени то или иное количества сахара

зависимости от вида и расы дрожжей. В большинстве случаев брожение прекращается при 12-14% (объемных) спирта. Некоторые расы дрожжей более спиртоустойчивы и образуют 16-18% спирта. Получены расы, продуцирующие до 20% спирта.

Спиртовое брожение протекает нормально в анаэробных условиях, при этом дрожжи почти не размножаются. В среде, богатой кислородом, дрожжи ведут себя как аэробные организмы и активно размножаются.

Практическое значение спиртового брожения. Процесс спиртового брожения лежит в основе виноделия, пивоварения, хлебопечения, производства этилового спирта и глицерина. Совместно с молочнокислым брожением оно используется при получении некоторых кисломолочных продуктов (кумыса, кефира), квашении овощей. Однако спонтанно (самопроизвольно) возникающее спиртовое брожение в сахаросодержащих продуктах (фруктовых соках, сиропах, компотах, варенье и др.) вызывает их порчу – забраживание.

Производство этилового спирта. При производстве этилового спирта для пищевых целей используют крахмалосодержащее сырье – картофель, зерно злаков, отходы крахмалопаточных заводов и сахаросодержащее сырье – мелассу (черную патоку) – отход свеклосахарного производства, а также сахарную свеклу. Для получения технического спирта используют гидролизаты древесины и сульфитные щелока – отходы бумажных производств. Из крахмалосодержащего сырья путем разваривания готовят затор, который подвергают осахариванию. Источником осахаривающих (амилолитических) ферментов служит солодовое молоко, изготовляемое из проросших зерен ячменя, или грибной солод – ферментный препарат из грибов рода *Aspergillus*.

В зерновом и грибном солоде кроме амилаз содержатся протеолитические ферменты, вызывающие частичное превращение белков затора в растворимые азотосодержащие вещества. В результате получается жидкий сахаристый субстрат, называемый суслом, содержащий помимо сахара и другие питательные вещества для дрожжей.

При использовании мелассы, сульфитных щелоков и гидролизатов древесины для улучшения питательной ценности в них вносят источники фосфора и азота. Мелассу, кроме того, разводят водой для снижения в ней концентрации сахара, солей и других веществ и подкисляют серной кислотой. Подготовленные сахаристые заторы подвергают брожению.

Применяемые дрожжи предварительно выращивают в аэробных условиях на стерильных питательных сахаросодержащих заторах, подкисленных серной кислотой или заквашенных молочнокислыми бактериями (обычно палочкой Дельбрюка).

В производстве спирта, как и в других, основанных на спиртовом брожении производствах, подбирают специальные расы дрожжей, обладающие необходимыми для данного производства свойствами.

Применяют расы верховых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, быстро размножающиеся, спиртоустойчивые, с высокой энергией брожения, устойчивые к высокому содержанию в среде сухих веществ.

По окончании процесса брожения дрожжи отделяют от сброженного затора (бражки), а спирт отгоняют на специальных перегонных аппаратах. Получается спирт-сырец и остается отход производства – барда. Барду используют как питательную среду для выращивания кормовых дрожжей, а спирт-сырец – для технических целей или подвергают очистке от примесей, т.е. ректификации. Отработанные дрожжи выпускают в виде жидких и сухих кормовых дрожжей, а в отдельных производствах – в виде прессованных пекарских.

В процессе сбраживания заторов совместно с культурными (производственными) дрожжами могут развиваться попадающие извне (из воздуха, сырья, аппаратуры) посторонние микроорганизмы. Специфические условия – кислая реакция заторов, анаэробность, наличие образующегося при брожении спирта – неблагоприятны для развития многих микробов, однако молочнокислые бактерии и некоторые дикие дрожжи способны развиваться в этих условиях. Они используют питательные вещества среды, угнетают рост и развитие производственных дрожжей продуктами своего обмена, при этом выход спирта снижается.

Использование спиртового брожения в хлебопечении, производстве алкогольных, слабоалкогольных напитков, некоторых кисломолочных продуктов изложено в главе 7.

Молочнокислое брожение

Молочнокислое брожение – это превращение сахара молочнокислыми бактериями в молочную кислоту. Наряду с этим основным продуктом брожения в большем или меньшем количестве образуются побочные продукты.

По характеру брожения различают две группы молочнокислых бактерий: гомоферментативные и гетероферментативные (рис. 33).

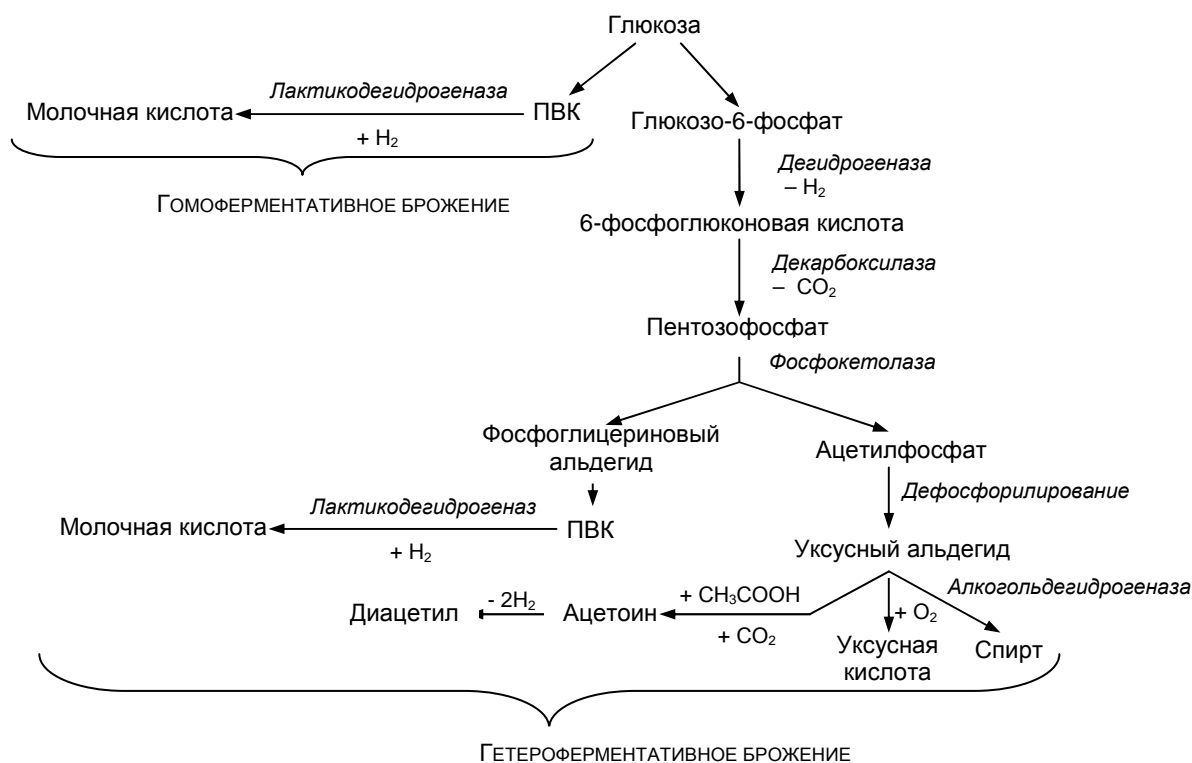


Рис. 33. Схема молочнокислого брожения

Гомоферментативные (однотипно-бродящие) бактерии образуют в основном (не менее 85-90%) молочную кислоту и очень мало побочных продуктов. Этот тип молочнокислого брожения можно представить следующим общим уравнением:



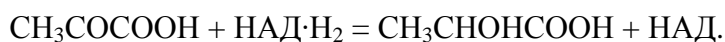
Гетероферментативные (разнотипно-бродящие) бактерии – менее активные кислотообразователи. Наряду с молочной кислотой они образуют значительное количество других веществ – этиловый спирт, углекислый газ, уксусную кислоту; есть и такие, которые, кроме того, продуцируют четырехуглеродные соединения – ацетоин ($CH_3CHONCOCH_3$) и диацетил ($CH_3COCOCCH_3$), обладающий своеобразным приятным ароматом.

В зависимости от условий развития (рН, температуры, степени аэробности и др.) характер конечных продуктов брожения может меняться у одного и того же вида молочнокислых бактерий.

Химизм молочнокислого брожения. Процесс превращения глюкозы до пировиноградной кислоты у гомоферментативных молочнокислых бактерий протекает по

гликолитическому пути (рис. 28). Далее, ввиду отсутствия у этих бактерий фермента пируватдекарбоксилазы, пировиноградная кислота не подвергается расщеплению: в этом брожении она является конечным акцептором водорода.

Пировиноградная кислота при участии фермента лактикодегидрогеназы восстанавливается в молочную, а НАД·Н₂ окисляется в НАД:



Превращение глюкозы гетероферментативными бактериями происходит по-иному, что обуславливает своеобразие комплекса ферментов у этих бактерий. Из-за отсутствия у них фермента альдолазы изменяется начальный путь превращения глюкозы. После фосфорилирования гексоза окисляется (отщепляется водород) и декарбоксилируется (отщепляется СО₂), превращаясь в пентозофосфат. Последний расщепляется на фосфоглицериновый альдегид и ацетилфосфат. Фосфоглицериновый альдегид, как и у гомоферментативных молочнокислых бактерий, превращается в пировиноградную кислоту, которая затем восстанавливается в молочную. Ацетилфосфат дефосфорилируется и превращается в уксусную кислоту или восстанавливается (через уксусный альдегид) в этиловый спирт. Таким образом, конечным акцептором водорода в этом типе брожения служат пировиноградная кислота (ПВК) и уксусный альдегид.

Возбудители молочнокислого брожения. Молочнокислые бактерии имеют круглую, слегка овальную или палочковидную форму. Диаметр кокков варьируется у отдельных видов от 0,5 до 1,5 мкм. Кокки располагаются попарно или цепочками (стрептококки) различной длины. Размеры палочковидных бактерий колеблются от 1 до 8 мкм. Клетки одиночные или объединенные в цепочки.

Все молочнокислые бактерии неподвижны, не образуют спор, грамположительны, не имеют фермента каталазы, являются факультативными анаэробами, есть микроаэрофилы. Палочковидные бактерии в большей степени, чем стрептококки, предпочитают анаэробные условия. Молочнокислые бактерии сбраживают моно- и дисахариды, однако используют не любой дисахарид. Некоторые из них не сбраживают сахарозу, другие – мальтозу, существуют бактерии, не использующие лактозу. Крахмал и другие полисахариды молочнокислые бактерии не сбраживают. Некоторые, преимущественно гетероферментативные, бактерии используют пентозы и лимонную кислоту.

Различные виды молочнокислых бактерий образуют неодинаковое количество кислоты, что обусловлено различной их кислотоустойчивостью. Преобладающее большинство гомоферментативных палочковидных бактерий продуцирует кислоты больше (до 2-3,5%), чем стрептококки (около 1%). Поэтому палочковидные молочные

бактерии могут развиваться при pH 3,8-4,0; кокковые формы при такой кислотности среды не развиваются. Наилучшая бродильная активность палочковидных бактерий проявляется при pH 5,5-6,0.

Большинство молочнокислых бактерий, особенно гомоферментативные палочковидные, очень требовательны к составу питательной среды и хорошо развиваются только при наличии аминокислот или еще более сложных органических соединений азота. Только немногие могут усваивать соли аммония. Большинство нуждается и в витаминах (в частности, B₁, B₂, B₆, PP, пантотеновой и фолиевой кислотах). Поэтому выращивают молочнокислые бактерии на сложных питательных средах.

Благодаря высокой чувствительности к отдельным аминокислотам и витаминам молочнокислые бактерии используют в качестве «живых реактивов» при определении содержания этих веществ в различных субстратах.

Молочнокислые бактерии обладают протеолитической активностью. У разных видов эта способность проявляется в неодинаковой степени; более активны палочковидные формы. Молочнокислые бактерии легко переносят высушивание, устойчивы к CO₂ и этиловому спирту; многие виды существуют при содержании в среде до 10-15% и более спирта. Некоторые молочнокислые бактерии устойчивы к NaCl, выдерживая концентрацию до 7-10%; более того, из мясных рассолов выделены (Л.А. Мельниченко) солеустойчивые штаммы, размножающиеся при 20%-ной концентрации NaCl.

По отношению к температуре молочнокислые бактерии подразделяют на *мезофильные* – с оптимумом роста 25-35 °С и *термофильные* – около 40-45 °С. Отдельные молочнокислые бактерии холодоустойчивы и могут развиваться при относительно низких положительных температурах (5 °С и ниже). При нагревании до 60-80 °С они гибнут в течение 30-10 мин, но имеются и термоустойчивые формы, сохраняющиеся при нагревании до 85 °С в течение нескольких минут.

Молочнокислые мезофильные бактерии довольно хорошо переносят замораживание, при этом стрептококки более устойчивы, чем палочковидные формы.

Некоторые молочнокислые бактерии образуют слизь, при их развитии жидкие субстраты становятся тягучими.

Установлено, что проявляемые молочнокислыми бактериями антагонистические свойства по отношению ко многим сапрофитным и болезнетворным бактериям (возбудителям кишечных заболеваний, стафилококкам) обусловлены не только продуцированием кислот, но и выделяемыми ими специфическими антибиотическими веществами.

В природных условиях молочнокислые бактерии встречаются на различных растениях, разлагающихся растительных остатках, многих пищевых продуктах (плодах, овощах, в молоке, квашеной капусте и др.). В больших количествах обнаруживаются они в желудочно-кишечном тракте животных и человека. Кишечные кокковые формы называют энтерококками или фекальными стрептококками.

Кокковые формы молочнокислых бактерий относятся к семейству *Streptococcaceae*, родам *Streptococcus* и *Pediococcus* (гомоферментативные) и *Leuconostoc* (гетероферментативные), а палочковидные формы – к семейству *Lactobacillaceae*, роду *Lactobacillus*.

Наиболее важными в техническом отношении представителями гомоферментативных молочнокислых бактерий являются следующие:

Молочнокислый стрептококк (Streptococcus lactis) – кокки, соединенные попарно или короткими цепочками (рис. 34, а). Это мезофиллы, при температуре 25-30 °С молоко свертывается через 10-12 ч. В среде накапливают до 1% кислоты. Минимальная температура развития 10 °С, максимальная – от 40 до 45 °С. Некоторые образуют антибиотик низин.

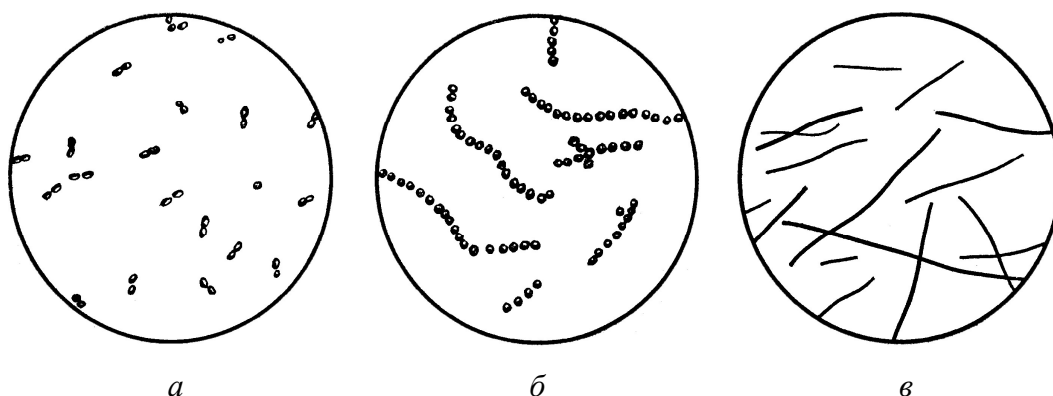


Рис. 34. Молочнокислые бактерии:
а – *Streptococcus lactis*; б – *Streptococcus thermophilus*; в – *Lactobacillus acidophilus*

Близкий по своим свойствам к *S. lactis* его подвида *S. lactis subsp. diacetylactis* способен, кроме сахаров, сбраживать соли лимонной кислоты с образованием ацетона и диацетила, что обуславливает ароматичность продуктов, в которых развивается этот стрептококк.

Сливочный стрептококк (S. cremoris) – сферические клетки, образующие длинные цепочки. Этот мезофильный стрептококк – неактивный кислотообразователь. Лучше растет при 25 °С; минимальная температура развития 10 °С, максимальная составляет 36-39 °С. Некоторые штаммы вырабатывают антибиотик диплококцин.

Термофильный стрептококк (S. thermophilus) – длинные цепочки кокков (рис. 34, б), хорошо развивается при 40-45 °С; минимальная температура роста 15 °С.

Эти виды молочнокислых стрептококков широко используются при приготовлении разнообразных кисломолочных продуктов.

Болгарская палочка (Lactobacillus bulgaricus) – крупные палочки (иногда зернистые), часто образующие длинные цепочки. Не сбраживают сахарозу. Термофильная бактерия, оптимальная температура развития составляет 40-45 °С, минимальная – 20 °С. Это активный кислотообразователь, накапливающий в молоке 2,5-3,5% молочной кислоты. Используется при изготовлении южной простокваши (мацони), кумыса.

Ацидофильная палочка (L. acidophilus) – термофильная бактерия (рис. 34, в). Температурный оптимум роста составляет 37-40 °С, минимум – около 20 °С. При сквашивании в молоке накапливается до 2,2% кислоты. Некоторые способны к слизиобразованию. Используется в производстве ацидофильных кисломолочных продуктов.

Ацидофильные палочки способны приживаться в кишечнике человека, вырабатывают антибиотические вещества, активные в отношении возбудителей кишечных заболеваний и туберкулеза. Из чистых культур ацидофильных бактерий изготавливают биопрепараты, применяемые в медицинской практике, а также в животноводстве для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний сельскохозяйственных животных.

Дельбрюковская палочка (L. delbrueckii) – зерновая термофильная палочка, встречается поодиночке и цепочками. Не сбраживает лактозу, поэтому в молоке не развивается. Образует в субстрате до 3,5% кислоты. Применяется в производстве молочной кислоты и в хлебопечении.

Молочнокислая мезофильная палочка (L. plantarum) – небольшие палочки, часто сцепленные попарно или цепочкой. Температурный оптимум около 30 °С. Накапливают до 1,3% кислоты. Это основной возбудитель брожения при квашении овощей и силосовании кормов.

Из *гетероферментативных молочнокислых бактерий* к технически важным следует отнести следующие.

Lactobacillus brevis – палочковидные бактерии, сбраживающие сахара при квашении капусты и огурцов с образованием кислот (молочной и уксусной), этилового спирта и CO₂.

Leuconostoc cremoris – удлиненные кокки одиночные, парные или короткоцепочечные. При сбраживании лимонной кислоты образуют диацетил.

Температурный оптимум составляет 20-25 °С. Этот лейконосток вводится в закваски для аромата продуктов.

Некоторые виды *Leuconostoc* являются активными слизиобразователями. В субстратах, содержащих сахарозу, образует много «клейкого» полисахарида декстрана; при этом субстрат приобретает густую слизистую консистенцию.

Нетипичное (гетероферментативное) молочнокислое брожение осуществляют также бактерии рода *Bifidobacterium*, относящиеся к актиномицетам (раннее их относили к молочнокислым бактериям). Они сбраживают глюкозу с образованием молочной и уксусной кислот. Это прямые или разветвленные палочки, не образующие спор, неподвижные, строгие анаэробы.

Бифидобактерии – обитатели кишечника человека и животных (рис. 35). Они способны продуцировать органические кислоты и антибиотические вещества и являются антагонистами гнилостной и болезнетворной кишечной микрофлоры человека.

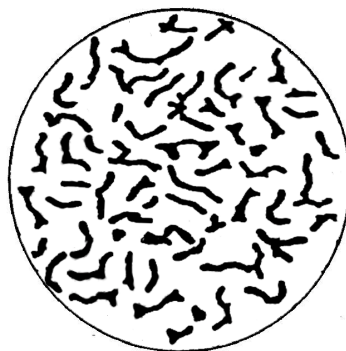


Рис 35. *Bifidobacterium adolescentis*

В настоящее время известно около 29 видов бифидобактерий, десять из них обнаружены у человека. В кишечнике человека наиболее часто встречаются виды: *Bifidobacterium infantis*, *B. breve*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *B. species*. Они используются в производстве кисломолочных и других продуктов.

Практическое значение молочнокислого брожения. Молочнокислые бактерии широко применяются в различных отраслях промышленности, но особенно велика их роль в молочной промышленности (см. главу 7).

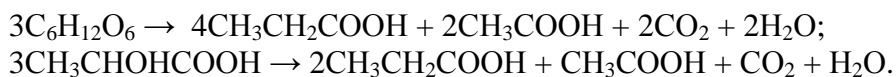
Большое значение эти бактерии имеют при квашении овощей, силосовании кормов (растительной массы) для животных, в хлебопечении, особенно при изготовлении ржаного хлеба. Положительные результаты дают исследования по использованию молочнокислых бактерий при изготовлении некоторых сортов колбас, солено-вареных мясных изделий, а также при созревании слабосоленой рыбы для ускорения процесса и придания продуктам новых ценных качеств (вкуса, аромата, консистенции и др.).

Промышленное значение имеет также применение молочнокислых бактерий для получения молочной кислоты, которую используют в консервной, кондитерской промышленности и в производстве безалкогольных напитков.

Спонтанно (самопроизвольно) возникающее молочнокислое брожение в продуктах (молоке, вине, пиве, безалкогольных напитках и др.) приводит к их порче (прокисанию, помутнению, ослизнению).

Пропионовокислое брожение

Пропионовокислое брожение – это превращение сахара или молочной кислоты и ее солей в пропионовую и уксусную кислоты с выделением углекислого газа и воды:



Некоторые пропионовокислые бактерии образуют, кроме того, небольшое количество других кислот (муравьиную, янтарную, изовалериановую).

При пропионовокислом брожении превращение глюкозы до пировиноградной кислоты протекает также по гликолитическому пути. В дальнейшем пировиноградная кислота, претерпевая ряд превращений, восстанавливается в пропионовую. Брожение вызывают бактерии, относящиеся к семейству *Propionibacteriaceae*, роду *Propionibacterium*. Это неподвижные, бесспоровые, грамположительные палочки, слегка искривленные. В неблагоприятных условиях развития клетки нередко принимают булавовидную форму (рис. 36).

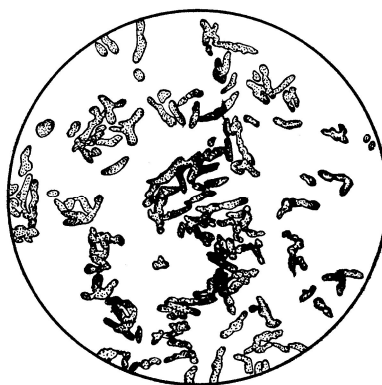


Рис. 36. Пропионовокислые бактерии

Пропионовокислые бактерии требовательны к пище (источнику азота и витаминов). Большинство не развиваются при pH среды ниже 5,0-4,5. Они факультативные анаэробы, но могут переносить лишь низкое парциальное давление кислорода. Оптимальная

температура их развития 30-35 °С; отмирают при температуре 60-70 °С. Эти бактерии помимо сахаров и молочной кислоты способны сбраживать пировиноградную кислоту, глицерин и некоторые другие вещества. Они разлагают (дезаминируют) аминокислоты, при этом выделяются жирные кислоты.

Пропионовокислое брожение является одним из важных процессов при созревании сычужных сыров.

Пропионовая кислота и ее соли служат ингибиторами мицелиальных грибов и могут быть использованы для предотвращения плесневения продуктов. Некоторые виды, например *P. freudenreichii subsp. shermanii*, применяют для получения витамина В₁₂.

Маслянокислое брожение

Маслянокислое брожение представляет собой сложный процесс превращения сахара маслянокислыми бактериями в анаэробных условиях с образованием масляной кислоты, углекислого газа и водорода, по уравнению:



В качестве побочных продуктов брожения при этом получают бутиловый спирт, ацетон, этиловый спирт, уксусная кислота.

Химизм маслянокислого брожения. При этом брожении сахар претерпевает те же превращения, что и при спиртовом и гомоферментативном молочнокислом брожениях, вплоть до образования пировиноградной кислоты (рис. 37). Пировиноградная кислота при участии кофермента А (КоА) расщепляется до ацетилКоА (CH₃СОКоА), СО₂ и Н₂. Две молекулы образовавшегося двууглеродного соединения конденсируются при участии фермента карболигазы. Из синтезированного четырехуглеродного соединения (ацетоацетилКоА) в сложном цикле последовательных превращений образуется масляная кислота.

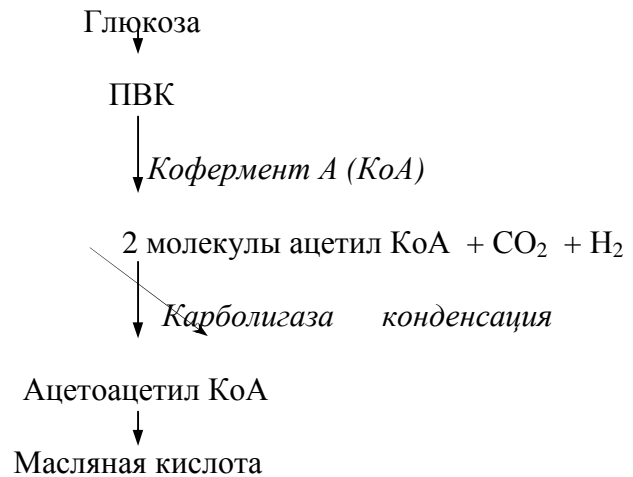


Рис. 37. Схема маслянокислого брожения

Возбудители маслянокислого брожения. Маслянокислые бактерии представляют собой подвижные довольно крупные грамположительные палочки, они образуют споры, которые располагают центрально или ближе к концу палочки, придавая ей форму веретена или теннисной ракетки (рис. 38). Споры довольно термоустойчивы, выдерживают кипячение в течение нескольких минут.

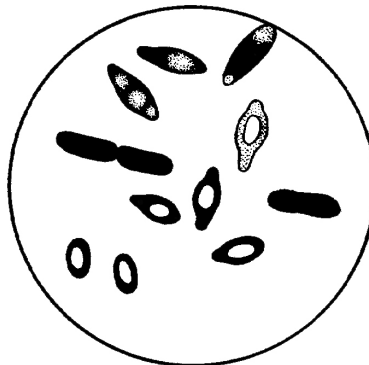


Рис. 38. Маслянокислые бактерии

Особенностью этих бактерий является наличие в клетках запасного вещества – крахмалоподобного полисахарида гранулезы (в виде зернышек-гранул), окрашиваемого иодом в синеватый или коричневато-фиолетовый цвет.

Эти бактерии – строгие анаэробы. Оптимальная температура их развития 30-40 °С, но есть и термофильные, у которых оптимум 70 °С. Они чувствительны к кислотности среды: оптимум рН составляет 6,9-7,4, а при рН ниже 4,5-4,9 развитие прекращается.

Маслянокислые бактерии относятся к семейству *Bacillaceae* рода *Clostridium*. Типичным их представителем является *Cl. butyricum*.

Многие из них способны сбраживать не только простые сахара, но и более сложные соединения – декстрины, крахмал, пектиновые вещества, глицерин, соли молочной

кислоты. По отношению к источникам азота эти бактерии неприхотливы. Они могут усваивать азот как белковый и аминокислотный, так и аммонийный; некоторые виды используют даже свободный азот из воздуха.

Маслянокислые бактерии широко распространены в природе. Постоянные места их обитания – почва, илистые отложения на дне водоемов, скопления разлагающихся растительных остатков. Встречаются они в различных пищевых продуктах.

Практическое значение маслянокислого брожения. В природе это брожение имеет положительное значение как звено в цепи многообразных превращений органических веществ. В народном хозяйстве оно часто приносит значительный ущерб. Маслянокислые бактерии могут вызывать массовую гибель картофеля и овощей, вспучивание сыров, порчу консервов (бомбаж), прогоркание молока, масла, увлажненной муки и т.д. Они вызывают порчу квашеных овощей при замедленном молочнокислом брожении; образующаяся при этом масляная кислота придает продукту острый прогорклый вкус, резкий и неприятный запах.

Маслянокислое брожение применяют для производства масляной кислоты, которую широко используют в промышленности. Сырьем в этом производстве служат сахар или крахмалосодержащие отходы различных отраслей промышленности.

Масляная кислота представляет собой бесцветную жидкость с неприятным резким запахом. Эфиры масляной кислоты отличаются приятным ароматом, например, метиловый эфир имеет яблочный запах, этиловый – грушевый, амиловый – ананасовый. Их используют в качестве ароматических веществ в кондитерской и парфюмерной промышленности, а также при изготовлении фруктовых напитков.

Брожение пектиновых веществ

В тканях растений пектины входят в состав клеточных стенок и срединных пластинок между отдельными клетками. Под воздействием пектолитических ферментов микроорганизмов, развивающихся в растительном пищевом сырье, протопектин превращается в растворимый пектин. Пектин разлагается с образованием галактуроновых кислот, углеводов (ксилозы, галактозы, арабинозы), метилового спирта и других веществ. Сахара сбраживаются бактериями по типу маслянокислого брожения с образованием уксусной и масляной кислот, CO_2 и водорода. Все эти процессы приводят к мацерации (распаду) пораженных объектов и другим видам повреждений.

Возбудителями брожения являются спорообразующие анаэробные, подвижные бактерии рода *Clostridium*.

В природе (в воде, почве) пектинразрушающие бактерии играют большую роль в процессе разложения растительных остатков.

Пектиновое брожение лежит в основе процесса мацерации лубоволокнистых прядильных растений (льна, конопли и др.) при их водяной мочке на льнозаводах. Цель брожения – отделение находящихся в стеблях этих растений пучков целлюлозы волокон от других тканей, с которыми они склеены пектином.

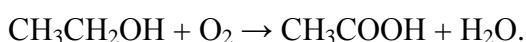
Брожение клетчатки

Клетчатка (целлюлоза) является основным веществом клеточных стенок растений. Брожение клетчатки состоит в разложении ее в анаэробных условиях палочковидными спорообразующими бактериями рода *Clostridium*. Обладая ферментами целлюлазой и целлобиазой, они гидролизуют клетчатку до глюкозы. Глюкозу они сбраживают с образованием кислот (уксусной, молочной, муравьиной), этилового спирта, CO₂ и H₂. Среди этих бактерий есть мезофиллы и термофилы. Биохимическая деятельность бактерий имеет большое значение в круговороте углерода в природе.

Аэробные процессы

Окисление этилового спирта до уксусной кислоты

Уксусная кислота образуется из этилового спирта в процессе дыхания уксуснокислых бактерий:



Химизм процесса. Уксуснокислые бактерии обладают ферментом алкогольдегидрогеназой. Окисление этилового спирта протекает в две стадии: первым промежуточным соединением является уксусный альдегид, который затем окисляется в уксусную кислоту.

Возбудители процесса – уксуснокислые бактерии – беспоровые палочки, грамотрицательные, строгие аэробы. Среди них есть подвижные и неподвижные формы. Они кислотоустойчивы и некоторые могут развиваться при pH среды около 3,0; оптимальное значение pH – 5,4-6,3.

Уксуснокислые бактерии относятся к двум родам: *Gluconobacter (Acetomonas)* – палочки с полярными жгутиками, не способные окислять уксусную кислоту, и *Acetobacter* – перитрихи, способные окислять уксусную кислоту до CO_2 и воды.

Уксуснокислые бактерии различаются размерами клеток, устойчивостью к спирту, способностью накапливать в среде большее или меньшее количество уксусной кислоты и другими признаками. Например, *A. aceti* накапливает в среде до 6 % уксусной кислоты, *A. aceti subsp. orleanensis* – до 9,5, *A. aceti subsp. xylinum* – до 4,5%. *A. aceti* выдерживают довольно высокую концентрацию спирта – до 9-11%, а *A. aceti subsp. xylinum* – лишь 5-7%.

Растут уксуснокислые бактерии в интервале температуры 5-40 °С, оптимум – около 30 °С. Некоторые из них способны синтезировать витамины В₁, В₂, В₁₂, однако многие сами нуждаются в витаминах.

Уксуснокислые бактерии часто встречаются в виде длинных нитей и многие образуют пленки на поверхности субстрата. Например, для *A. pasteurianus* характерна сухая морщинистая пленка, для *A. aceti subsp. xylinum* – мощная хрящевидная пленка, в состав которой входит клетчатка. Некоторые бактерии образуют лишь островки пленки на поверхности жидкости или кольцо около стенок сосуда.

Уксуснокислым бактериям свойственна изменчивость формы клеток. Так, в неблагоприятных условиях развития бактерии приобретают необычную форму – толстые длинные нити, иногда раздутые, уродливые клетки (рис. 39).

Уксуснокислые бактерии широко распространены в природе, они встречаются на поверхности растений, в зрелых плодах, ягодах, в квашеных овощах, вине, пиве, квасе.

Практическое значение процесса. Процесс окисления этилового спирта до уксусной кислоты лежит в основе получения уксуса для пищевых целей.

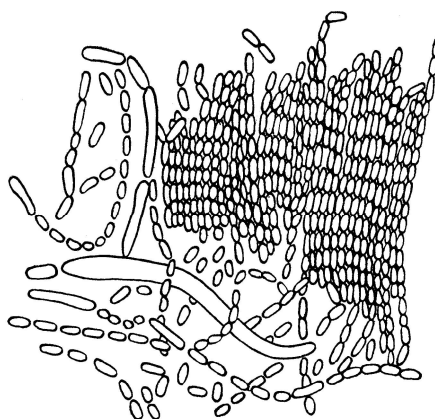


Рис. 39. Пленка уксуснокислых бактерий

Процесс осуществляют в специальных закрытых резервуарах-ферментерах их нержавеющей стали. Исходным сырьем служат спиртовой раствор с питательными для

бактерий солями или ягодные и фруктовые продукты, соки, подкисленные продукты винного и пивного производства и др. Подкисление субстрата необходимо для предотвращения развития вредителей производства – пленчатых дрожжей и слизиобразующих непродуцируемых видов уксуснокислых бактерий, которые могут попасть извне. Производственной культурой чаще всего служит *A. aceti*. В резервуарах имеются отверстия для засасывания (или вдувания) воздуха. Чем лучше аэрация, тем активнее протекает процесс. По мере протекания процесса уксуснокислые бактерии окисляют спирт в уксусную кислоту, и в нижней части аппарата накапливается готовый уксус, который периодически сливают.

Уксуснокислые бактерии могут при недостатке спирта окислять уксусную кислоту до CO_2 и воды. Этот процесс называется *переокислением*, он опасен для производства.

В настоящее время процесс производства уксуса ведут «глубинным» способом в герметически закрытых аппаратах-ферментерах, в которых спиртосодержащий субстрат с введенным в него уксуснокислыми бактериями аэрируется и перемешивается непрерывно подаваемым в аппарат стерильным воздухом. Этот метод имеет ряд преимуществ: требуется меньше производственных площадей, процесс автоматизирован и протекает значительно быстрее, исключено попадание инфекции извне.

Уксусную кислоту используют в пищевой промышленности (маринование плодов и овощей) и кулинарии (приготовление соусов и т.д.).

Окисление многоатомных спиртов и сахара уксуснокислыми бактериями

Уксуснокислые бактерии окисляют многоатомные спирты до кетонов, они могут окислять и сахара. Некоторые из этих процессов неполного окисления спиртов и сахаров имеют промышленное использование. Примерами их могут служить:

- ✓ окисление глицерина в диоксиацетон, являющийся ценным продуктом для химической промышленности;
- ✓ окисление шестиатомного спирта сорбита в сорбозу, которая применяется для синтеза аскорбиновой кислоты;
- ✓ окисление глюкозы в глюконовую кислоту, применяемую в фармацевтической промышленности, медицине и ветеринарии.

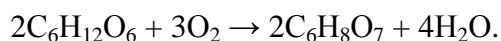
Самопроизвольное развитие уксуснокислых бактерий в вине, пиве, квасе, безалкогольных напитках и других продуктах приводит к их порче (прокисанию, помутнению).

Образование органических кислот грибами

Мицелиальные грибы в процессе дыхания нередко окисляют углеводы лишь до органических кислот. Некоторые из этих процессов неполного окисления имеют промышленное использование.

Окисление углеводов до лимонной кислоты

Окисление глюкозы в лимонную кислоту можно представить следующим суммарным уравнением:



Химизм этого процесса окончательно не установлен. Большинство исследователей считают, что до образования пировиноградной кислоты он протекает, как и у других аэробных микроорганизмов. Дальнейшее превращение ПВК в лимонную сходно с ее образованием в цикле Кребса.

Промышленным способом лимонную кислоту получают с использованием гриба *Aspergillus niger*. Технические приемы биохимического получения кислоты в нашей стране были разработаны С.П. Костычевым и В.С. Буткевичем.

Основным сырьем служит меласса – черная патока. Раствор ее, содержащий около 15% сахара, в который добавляют необходимые для гриба питательные вещества (минеральные соли), стерилизуют, наливают слоем 8-12 см в плоские сосуды-кюветы и засевают спорами гриба. Кюветы помещают в растительные камеры, которые хорошо аэрируются. Процесс продолжается 8-10 дней при температуре 30 °С. Гриб развивается на поверхности питательной среды, рН которой 2,5-3,5.

Выход лимонной кислоты достигает 60-70% израсходованного сахара. По окончании процесса раствор из-под пленки гриба сливают. Лимонную кислоту выделяют из раствора, подвергают очистке и кристаллизации. Под мицелий гриба можно снова подвести свежий раствор.

Описанный метод (поверхностный) производства лимонной кислоты заменяется в настоящее время «глубинным» методом, при котором предварительно выращенный (в виде гранул) мицелий вносят в стерильную мелассную жидкость, помещенную в герметично закрывающийся танк (ферментатор). Жидкость в танке непрерывно аэрируют и перемешивают стерильным воздухом. Процесс длится 5-7 сут при температуре 30-32 °С. Этот способ позволяет повысить производительность труда, избежать заражения сбраживаемого субстрата, облегчить его автоматизацию и механизацию.

Лимонную кислоту используют в кондитерской промышленности, производстве безалкогольных напитков, сиропов, в кулинарной практике и медицине.

С помощью грибов рода *Aspergillus* и *Penicillium* получают *глюконовую кислоту* из глюкозосодержащих субстратов. Интенсивность образования кислоты зависит от состава среды, интенсивности аэрации, штамма гриба и др. Глюконовую кислоту применяют в медицине, фармацевтической промышленности.

Разложение клетчатки и пектиновых веществ

Разложение клетчатки и пектиновых веществ в аэробных условиях происходит под действием микроорганизмов, которые обладают пектолитическими ферментами и целлюлазой. Сначала микроорганизмы гидролизуют клетчатку и пектиновые вещества, а затем окисляют продукты гидролиза в основном до CO_2 и H_2O . Такой способностью обладают многие грибы и некоторые бактерии.

Целлюлозоразлагающие бактерии (цитофаги, миксобактерии, актиномицеты) и пектинразлагающие (многие виды рода *Bacillus*) обитают в почве.

Аэробное разложение клетчатки и пектиновых веществ широко распространено в природе и имеет огромное значение в процессах минерализации растительных остатков.

Однако при спонтанном развитии целлюлозо- и пектинразлагающих микроорганизмов может значительно снизиться качество различных промышленных материалов, содержащих клетчатку, а также растительного пищевого сырья (плодов и овощей).

Гидролиз пектиновых веществ приводит к разрыхлению мякоти плодов и овощей, вплоть до распада тканей (появляется «мокрая гниль»), а гидролиз клетчатки – к разрушению стенок клеток мякоти и внедрению в них микроорганизмов.

Разрушение древесины

Древесина содержит в основном клетчатку (до 50-55%), инкрустированную лигнином, которого может быть до 30%. Кроме клетчатки и лигнина, в древесине имеется до 15% гемицеллюлозы и некоторое количество смолистых и других веществ. Сухая древесина стойкая и может длительно сохраняться без изменения, но во влажном состоянии древесина сравнительно легко поражается различными грибами, преимущественно трутовыми.

Все трутовые грибы обладают экзоферментом целлюлазой и вызывают деструктивное *разрушение древесины*, при этом она крошится, темнеет, растрескивается. Некоторые трутовики имеют, кроме того, ферменты, воздействующие на лигнин. Они

вызывают *коррозионное разрушение древесины*, которая при этом размягчается, становится волокнистой. Есть также грибы, действующие одновременно на лигнин и целлюлозу.

Продукты ферментативного разрушения древесины являются для грибов источником питания и энергии.

Наиболее активными, поражающими заготовительную древесину в складских помещениях и обработанную, используемой в постройках, а также тару, являются грибы семейства Пориевых и Кониофоровых. Из последних особо опасен настоящий домовый гриб (*Serpula lacrymans*). Борьба с ним основана на применении профилактических мероприятий и обработке антисептиками.

Разложение жиров и жирных кислот

Под действием различных физико-химических факторов внешней среды, а также микроорганизмов жиры могут подвергаться значительным изменениям.

Воздействие микроорганизмов на жир начинается обычно с его гидролиза при участии ферментов липаз на глицерин и свободные жирные кислоты. Продукты гидролиза подвергаются дальнейшим превращениям. Глицерин используется многими микроорганизмами и может быть полностью окислен до CO_2 и H_2O .

Жирные кислоты окисляются медленнее, но и они, в первую очередь ненасыщенные, постепенно окисляются. Некоторые микроорганизмы, помимо липолитических ферментов (липаз), обладают окислительным ферментом – липоксигеназой, катализирующей процесс окисления кислородом воздуха некоторых ненасыщенных жирных кислот. В результате образуются перекиси жирных кислот, легко подвергающиеся дальнейшему окислению с образованием различных промежуточных продуктов кето- и оксикислот, альдегидов, кетонов и других, придающих жиру специфические неприятные вкус (прогорклость) и запах.

Промежуточные продукты окисления жирных кислот в свою очередь могут быть использованы микроорганизмами в процессах их метаболизма и в конечном счете могут превратиться в CO_2 и H_2O .

Возбудителями процессов разложения жира и жирных кислот являются различные палочковидные бактерии, а также микрококки, многие мицелиальные грибы, некоторые дрожжи и актиномицеты. Из бактерий очень активны бактерии рода *Pseudomonas*, особенно продуцирующие пигменты. Из мицелиальных грибов значительной липолитической активностью обладают *Oidium lactis*, *Cladosporium herbarum*, многие виды

Aspergillus и *Penicillium*. Многие жирорасщепляющие микроорганизмы являются психротрофами, способными развиваться при низких положительных температурах.

Порча пищевых жиров и жира, содержащегося в различных продуктах (молочных, рыбных, крупяных и др.), очень распространена и нередко наносит большой ущерб народному хозяйству.

При длительном хранении жиров в условиях, не допускающих развития микробов, порча жира может быть результатом химических процессов под влиянием света, кислорода воздуха.

Преобразование азотсодержащих веществ

Гнилостные процессы

В метаболизме микроорганизмов азотсодержащие вещества подвергаются разнообразным превращениям.

Гниение – это процесс глубокого разложения белковых веществ микроорганизмами. Продукты разложения белков микроорганизмы используют для синтеза веществ клетки, а также в качестве энергетического материала.

Химизм разложения белковых веществ. Гниение – сложный, многоступенчатый биохимический процесс, характер и конечный результат которого зависят от состава белков, условий процесса и видов вызывающих его микроорганизмов.

Белковые вещества не могут поступать непосредственно в клетки микроорганизмов, поэтому их могут использовать только микробы с протеолитическими ферментами – *экзопротеазами*, выделяемыми клетками в окружающую среду.

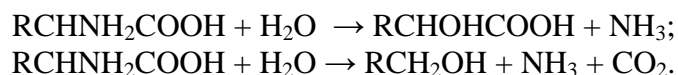
Процесс распада простых белков начинается с их гидролиза. Первичными продуктами гидролиза являются пептиды. Они поступают в клетку и гидролизуются внутриклеточными протеазами до аминокислот.

Такие белки, как нуклеопротеиды, под действием гнилостных микробов расщепляются на белковый комплекс и нуклеиновые кислоты. Затем белки разлагаются до аминокислот, а нуклеиновые кислоты распадаются на фосфорную кислоту, углеводы и смесь азотсодержащих оснований.

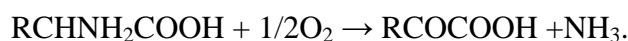
Аминокислоты непосредственно используются микроорганизмами на синтез клетки или подвергаются ими дальнейшим изменениям, например дезаминированию, в

результате чего образуются аммиак¹ и разнообразные органические соединения. Различают дезаминирование гидролитическое, окислительное и восстановительное.

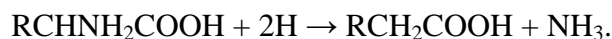
Гидролитическое дезаминирование сопровождается образованием гидроксикислот и аммиака. Если при этом происходит и декарбоксилирование аминокислоты, то образуется спирт, аммиак и углекислый газ:



При *окислительном дезаминировании* образуются кетокислоты и аммиак:



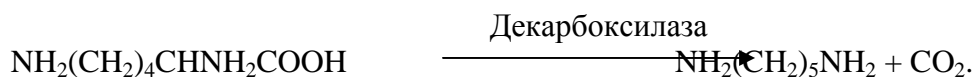
При *восстановительном дезаминировании* получаются карбоновые кислоты и аммиак:



Из приведенных уравнений видно, что среди продуктов разложения аминокислот в зависимости от строения их радикала (R) обнаруживаются различные органические кислоты и спирты. Так, при разложении аминокислот жирного ряда могут накапливаться муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и другие кислоты; пропиловый, бутиловый, амиловый и другие спирты. При разложении аминокислот ароматического ряда промежуточными продуктами являются характерные продукты гниения: фенол, крезол, скатол, индол – вещества, обладающие очень неприятным запахом. При распаде аминокислот, содержащих серу, получается сероводород или его производные – меркаптаны (например, метил-меркаптан – CH_3SH). Меркаптаны обладают запахом тухлых яиц, который ощущается даже при ничтожно малых концентрациях.

Образующиеся при гидролизе белка диаминокислоты могут подвергаться декарбоксилированию без отщепления аммиака, в результате чего получают диамины и CO_2 .

Например, лизин превращается в кадаверин:



Аналогично этому орнитин превращается в путресцин.

¹ Ввиду того, что аммиак всегда имеется в конечных продуктах распада белков, процесс гниения называют также *аммонификацией белковых веществ*.

Кадаверин, путресцин и другие амины, образующиеся при гниении, часто объединяют под общим названием *птомаины* (трупные яды). Некоторые производные *птомаинов* (нейрин, мускарин и др.) обладают ядовитыми свойствами.

Дальнейшая «судьба» азотистых и безазотистых органических соединений, получающихся при распаде различных аминокислот, зависит от окружающих условий и состава микрофлоры. Под воздействием аэробных микроорганизмов эти соединения подвергаются окислению, так что могут быть полностью минерализованы. В этом случае конечными продуктами гниения являются аммиак, углекислый газ, вода, соли серной и фосфорной кислот. В анаэробных условиях не происходит полного окисления промежуточных продуктов распада аминокислот. В связи с этим кроме NH_3 и CO_2 накапливаются различные, указанные выше органические соединения, в числе которых могут быть вещества, обладающие ядовитыми свойствами, и вещества, сообщающие гниющему материалу отвратительный запах (рис. 40).

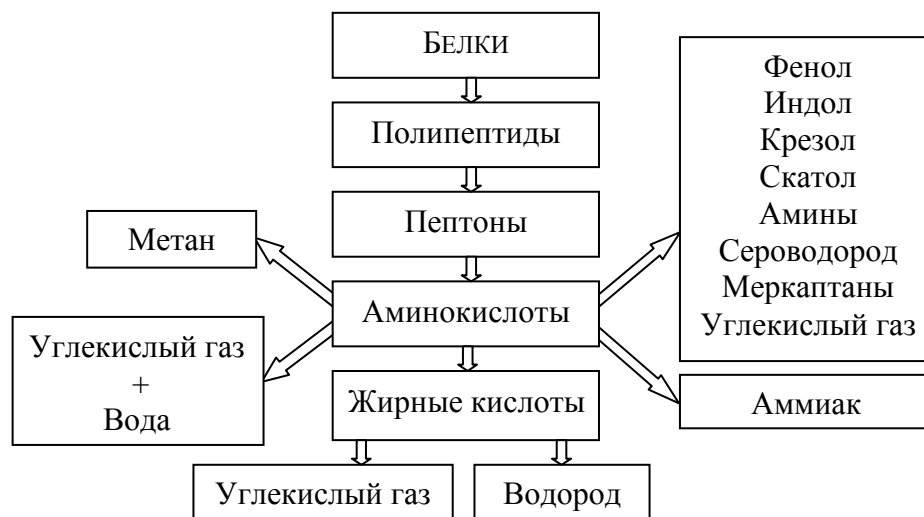


Рис. 40. Схематический процесс гниения

Возбудители гниения. Наиболее активными возбудителями гнилостных процессов являются бактерии. Среди них есть спорообразующие и бесспорные, аэробные и анаэробные. Многие из них мезофилы, но есть холодоустойчивые и термостойкие. Большинство их чувствительно к кислотности среды и повышенному содержанию в ней поваренной соли.

Наиболее распространенными гнилостными бактериями являются следующие.

Bac. subtilis (сенная и картофельная палочки¹) – аэробные, подвижные, грамположительные, спорообразующие бактерии (рис. 41). Споры их отличаются высокой термоустойчивостью.

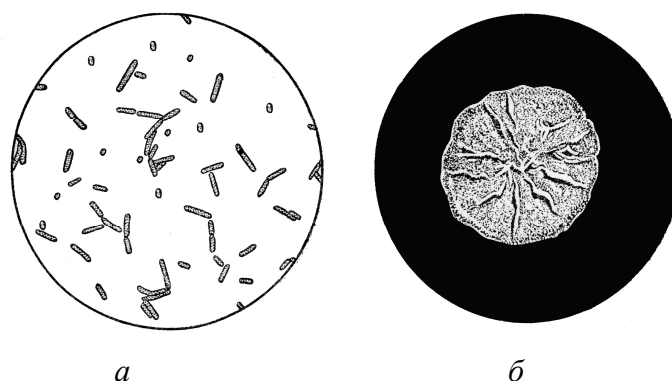


Рис. 41. *Bac. subtilis*:
а – палочки и овальные споры; б – колония

Температурный оптимум развития этих бактерий лежит в пределах 35-45 °С, максимум роста – при температуре 55-60 °С; при температуре ниже 5 °С они не размножаются. Помимо разложения белков эти бактерии способны разлагать пектиновые вещества, полисахариды растительных тканей, сбраживать углеводы. Сенная и картофельная палочки широко распространены в природе и являются возбудителями порчи многих пищевых продуктов.

Бактерии рода Pseudomonas – аэробные подвижные палочки с полярным жгутиком, не образующие спор, грамотрицательные (рис. 42, а).

Некоторые виды синтезируют пигменты, их называют флуоресцирующими псевдомонасами. Есть холодоустойчивые виды, минимальная температура роста которых от минус 2 до минус 5 °С. Многие псевдомонасы, помимо протеолитической, обладают и липолитической активностью; они способны окислять углеводы с образованием кислот, выделять слизь. Развитие и биохимическая активность этих бактерий значительно тормозятся при рН ниже 5,5 и 5-6%-ной концентрации NaCl в среде. Псевдомонасы широко распространены в природе, являются антагонистами ряда бактерий и мицелиальных грибов, так как образуют антибиотические вещества. Некоторые виды *Pseudomonas* являются возбудителями болезней (бактериозов) культурных растений, плодов и овощей.

Proteus vulgaris (*Протея*) – мелкие грамотрицательные, бесспорные палочки с резко выраженными гнилостными свойствами. Белковые субстраты при развитии в них протея

¹ В соответствии с Международным кодексом номенклатуры бактерий сенная и картофельная палочки рассматриваются как синонимы одного вида *Bacillus subtilis*

приобретают сильный гнилостный запах. В зависимости от условий жизни эти бактерии способны заметно менять форму и размеры (рис. 42, б).

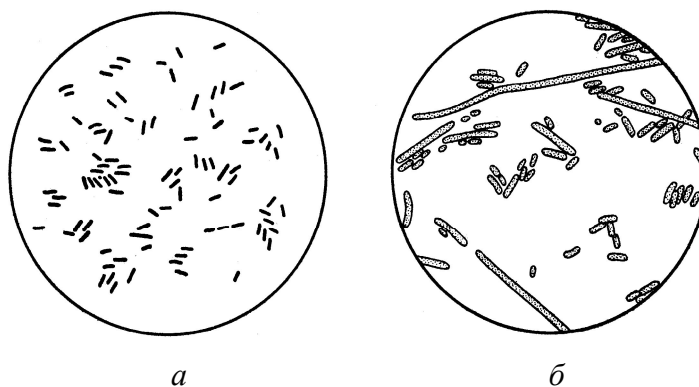


Рис. 42.

a – Pseudomonas; б – Proteus vulgaris

Протей – факультативный анаэроб; сбраживает углеводы с образованием кислот и газа. Он хорошо развивается как при температуре 25 °С, так и при 37 °С, прекращает размножаться при температуре около 5-10 °С, но может сохраняться и в замороженных продуктах.

Особенностью протей является его очень энергичная подвижность. Это свойство лежит в основе метода выявления протей в пищевых продуктах и отделения его от сопутствующих бактерий. Некоторые виды выделяют токсические для человека вещества.

Clostridium putrificum (рис. 43, а) – анаэробная подвижная, спорообразующая палочка. Относительно крупные споры ее располагаются ближе к концу клетки, которая при этом приобретает сходство с барабанной палочкой.

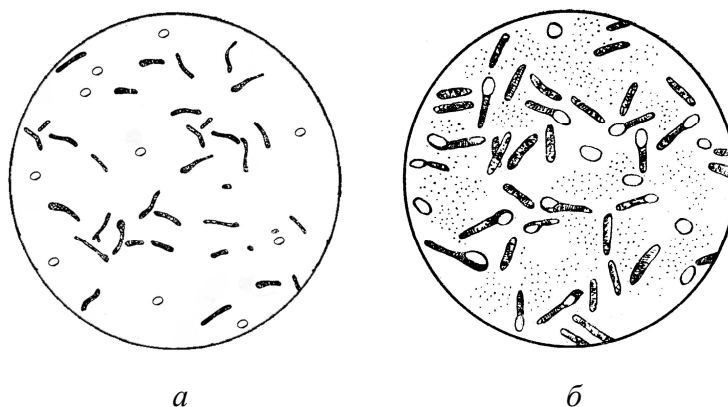


Рис. 43.

a – Clostridium putrificum; б – Clostridium sporogenes

Споры довольно термоустойчивы. Углеводы эта бактерия не сбраживает. Белки разлагает с образованием большого количества газа (NH_3 , H_2S). Оптимальная температура развития 37-43 °С, минимальная составляет 5 °С.

Clostridium sporogenes (рис. 43, б) – анаэробная подвижная, спороносная палочка. Споры термоустойчивы, в клетке они расположены ближе к концу. Характерным является очень быстрое образование спор. Эта бактерия сбраживает углеводы с образованием кислот и газа, обладает липолитической способностью. При разложении белков обильно выделяется сероводород. Оптимальная температура развития 35-40 °С, минимальная – около 5 °С.

Оба вида клостридий известны как возбудители порчи баночных консервов (мясных, рыбных и др.).

Кроме бактерий белки могут разлагать и грибы.

Практическое значение процессов гниения. Гнилостные микроорганизмы нередко наносят большой ущерб народному хозяйству, вызывая порчу ценнейших, богатых белками продуктов питания, например мяса и мясопродуктов, рыбы и рыбопродуктов, яиц, молока и др. Но эти же микроорганизмы играют большую положительную роль в круговороте азота в природе, минерализуя белковые вещества, попадающие в почву, воду.

Нитрификация

Процесс последовательного окисления аммиака до азотистой и азотной кислот называется *нитрификацией*, а возбудители ее *нитрифицирующими бактериями*. Сущность этого процесса была открыта и изучена С.Н. Виноградским (1856-1953 гг.), одним из основоположников микробиологии.

Процесс нитрификации протекает в две фазы, каждая из которых обусловлена деятельностью специализированных бактерий. Возбудители первой фазы – нитрозные бактерии – окисляют аммиак до солей азотистой кислоты (нитритов). Возбудители второй фазы – нитратные бактерии – окисляют соли азотистой кислоты в соли азотной кислоты (нитраты).

Нитрифицирующие бактерии имеют разнообразную форму клеток. Есть подвижные и неподвижные. Это грамотрицательные, облигатные аэробы, хемолитоавтотрофы. Органические вещества тормозят их развитие. Они чувствительны к кислой среде, развиваются при рН среды от 6,0 до 9,0; живут в почве, природных водах.

Денитрификация

Процесс восстановления окисленных форм азота (нитратов, нитритов) до оксидов азота или молекулярного азота называется *денитрификацией*, а бактерии, осуществляющие его, – *денитрифицирующими бактериями*.

Большинство из них мезофиллы, но есть термофилы. Они являются факультативными анаэробами. В аэробных условиях в процессе их дыхания конечным акцептором водорода выступает кислород. В анаэробных условиях окислителем органических веществ вместо молекулярного кислорода служат нитраты или нитриты, которые при этом восстанавливаются.

Денитрифицирующие бактерии широко распространены в почве, водоемах. Деятельность этих бактерий в почве отрицательна, так как азот нитратов, усваиваемый растениями, переходит в неиспользуемый или свободный азот. Аэрация почвы задерживает денитрификацию.

Фиксация молекулярного азота

Запасы молекулярного азота в атмосфере огромны, но им не могут воспользоваться ни растения, ни животные.

Однако существуют микроорганизмы (зубактерии), способные фиксировать свободный атмосферный азот, т.е. переводить его в связанное состояние. Они восстанавливают азот до аммиака; часть его используют для синтеза веществ клетки, часть выделяют в окружающую среду.

В качестве источника азота азотфиксирующие микроорганизмы могут использовать также соли аммония, нитриты, нитраты, аминокислоты.

Одни азотфиксирующие бактерии живут свободно в почве и в воде, другие в симбиозе с высшими растениями, в частности с бобовыми, поселяясь в бородавчатых вздутиях (клубеньках) корней этих растений. Отсюда произошло и название этих бактерий – *клубеньковые*. Величина и форма клубеньковых бактерий подвержены значительным изменениям в зависимости от их возраста и условий жизни.

Среди свободно живущих азотфиксирующих бактерий наибольшее значение имеют:

- аэробные бактерии рода азотобактер (*Azotobacter*), открытые нидерландским ботаником и микробиологом М. Бейеринком (1851-1931 гг.);
- анаэробные бактерии *Clostridium pasteurianum*, открытые С.Н. Виноградским, – подвижные спорообразующие палочки, способные сбразивать углеводы по типу маслянокислого брожения.

Азотфиксирующие бактерии имеют большое значение. В результате их деятельности почва обогащается доступной для растений формой азотистого питания.

В практике сельского хозяйства для повышения урожайности растений используют препарат нитрагин (из культур клубеньковых бактерий) и землеудобрительный препарат азотобактерин (из культур азотобактера).

* * *

Патенты. В последние годы в различных странах мира осуществляется патентование микроорганизмов и различных объектов и процессов, с ними связанных. Объектами авторского права являются:

- ✓ новые виды бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов, их композиция, эффективные для практических целей;
- ✓ продукты жизнедеятельности отдельных и нескольких видов микроорганизмов;
- ✓ технология выращивания микроорганизмов и получения биопродукции; новые питательные среды
- ✓ ряд других процессов и объектов.

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ

Развитие и жизнедеятельность микроорганизмов, как и других живых существ, тесно взаимосвязана со средой их обитания.

Происходящие в окружающей среде изменения так или иначе отражаются на микроорганизмах. Они могут способствовать развитию микробов, подавлять их жизнедеятельность и даже вызывать гибель. Может произойти изменение свойств микроорганизмов и направленности вызываемых ими биохимических процессов. Микроорганизмы, развиваясь, в свою очередь изменяют среду: в нее выделяются продукты их жизнедеятельности, из нее микроорганизмы берут необходимые для жизни вещества.

Если не добавлять питательные вещества и не удалять конечные продукты обмена, то при попадании (или посеве) микроорганизмов на питательный субстрат развитие их во времени подчиняется определенной закономерности. Отмечается несколько в определенной последовательности сменяющихся друг друга *стадий* (фаз) развития, в течение которых

изменяются скорость размножения, морфологические, физиологические и биохимические свойства микроорганизмов.

В начальной стадии (рис. 44, участок кривой *a*) – *фазе задержки роста* (лагфаза¹) – бактерии, попав в новую среду, некоторое время не размножаются, как бы приспосабливаясь к ней. Клетки увеличиваются в размере, возрастает содержание в них белка и РНК.

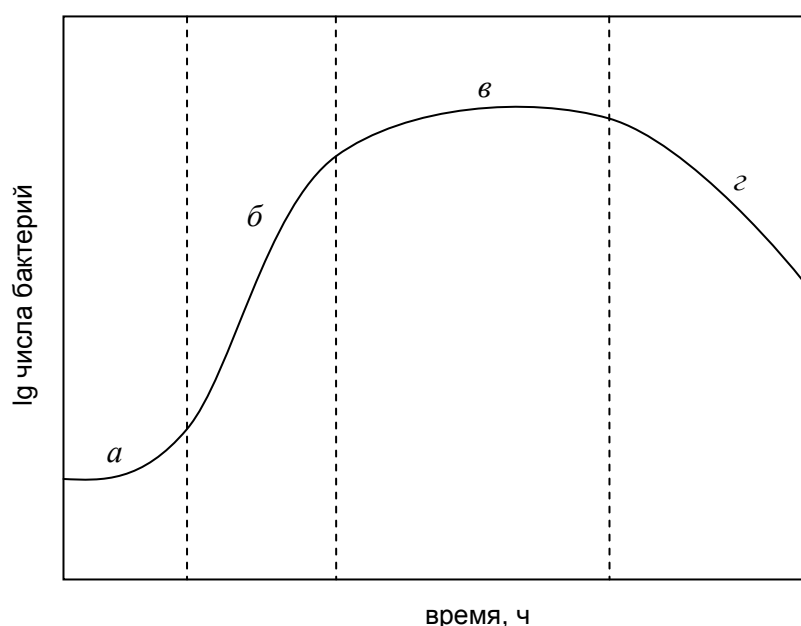


Рис. 44. Кривая роста бактерий в периодической культуре:
a – лагфаза; *б* – логарифмическая фаза; *в* – стационарная фаза; *г* – фаза отмирания

По мере приспособления бактерии начинают размножаться со всевозрастающей скоростью. Затем в течение определенного периода деление клеток идет с максимальной и характерной для каждого вида и данной среды постоянной скоростью. Этот период (рис. 44, участок кривой *б*) называется *логарифмической*, или экспоненциальной, фазой роста. Большинство клеток молодые, активные; в среде накапливается большое количество продуктов их жизнедеятельности. Показателем скорости размножения бактерий в этой стадии развития принята продолжительность (время) генерации (*g*), т.е. время, за которое число клеток удваивается. *Время генерации* является величиной, характерной для данного вида и конкретных условий: оно может быть выражено уравнением:

$$g = \frac{t \cdot \lg 2}{\lg b - \lg B}$$

¹ От англ. «lag» – отставание, запаздывание.

где B – начальное количество бактерий в единице объема (массы) субстрата; b – число бактерий через определенное время (t), 2 – увеличение числа клеток. Оно происходит в геометрической прогрессии.

К концу логарифмической фазы число клеток достигает максимума и наступает максимальная *стационарная* фаза развития (рис. 44, участок кривой ϵ), когда в течение некоторого времени число живых клеток остается более или менее постоянным. Количество образующихся клеток соответствует примерно количеству отмерших.

Наконец, наступает *фаза отмирания* (рис. 44, участок кривой ζ), когда все большее число клеток теряет жизнеспособность и погибает. Это происходит вследствие истощения питательной среды и накопления в ней продуктов метаболизма бактерий.

Длительность отдельных фаз развития может значительно колебаться у разных бактерий и у бактерий одного и того же вида в зависимости от условий роста.

Изучение влияния условий среды на микроорганизмы позволяет выявить условия, ограничивающие или исключают рост возбудителей порчи и отравлений на продуктах питания.

Регулируя условия существования, можно управлять развитием, подавлять или, наоборот, интенсифицировать биохимическую деятельность микроорганизмов.

При воздействии любого фактора различают три кардинальные точки:

- *минимум* – наименьшее значение фактора, ниже которого не происходит роста;
- *максимум* – наиболее высокое значение фактора, выше которого рост не происходит;
- *оптимум* – наиболее благоприятные условия для развития микроорганизма.

Абиотические факторы

Влажность среды

Влажность среды оказывает большое влияние на развитие микроорганизмов. В большинстве их клеток содержится до 75-85% воды. С водой в клетку поступают питательные вещества и удаляются из нее продукты жизнедеятельности. Микроорганизмы могут развиваться только в субстратах, имеющих свободную воду, и в количестве не менее определенного уровня. С понижением влажности субстрата (в пределах, допускающих развитие микробов) интенсивность размножения микробов замедляется, а при удалении из субстрата влаги ниже необходимого уровня полностью прекращается

(табл. 2), при этом микроорганизмы переходят в анабиотическое состояние, а некоторые и погибают.

Таблица 2 – Развитие микроорганизмов во влажной среде на примере мясных продуктов

Срок исследования	Количество бактерий, тыс. на 1 г мяса, при температуре, °С			
	2,2-3,3		7,2-10,0	
	влажного (мытого)	сухого	влажного (мытого)	сухого
До хранения	30	30	30	30
После хранения				
в течение, ч:				
24	400	40	1000	200
48	660	42	6000	–
72	760	45	Гниение	4000
96	2000	70	–	Посторонний запах
	Посторонний запах			

Потребность во влаге у различных микроорганизмов колеблется в широких пределах. По величине минимальной потребности во влаге для роста различают следующие группы:

- *гидрофиты* – влаголюбивые;
- *мезофиты* – средневлаголюбивые;
- *ксерофиты* – сухолюбивые.

Преобладающее большинство бактерий – гидрофиты. Многие мицелиальные грибы и дрожжи являются мезофитами, но имеются гидрофиты и ксерофиты.

Для развития микроорганизмов имеет значение не абсолютная величина, а доступность содержащейся в субстрате воды, которую принято обозначать термином «активность воды», или a_w .

Водная активность показывает отношение давления водяных паров раствора (субстрата) P и чистого растворителя (воды) P_0 при одной и той же температуре:

$$a_w = P/P_0.$$

Водная активность выражается величинами от 0 до 1¹ и характеризует относительную влажность субстрата.

Рост микроорганизмов наблюдается при значениях a_w от 0,998 до 0,65-0,61. Оптимальное значение для многих 0,99-0,98; примерно в этих пределах находится a_w скоропортящихся пищевых продуктов (мяса, рыбы, плодов, овощей).

Большинство бактерий не развивается при a_w субстрата ниже 0,94-0,90. Для дрожжей предельная величина a_w составляет 0,88-0,85, а для мицелиальных грибов – 0,8. Однако некоторые дрожжи и мицелиальные грибы, а также галофильные виды бактерий растут, хотя и медленно, при a_w субстрата 0,75-0,62.

Таким образом, водная активность пищевых продуктов существенно влияет на их устойчивость в хранении. Продукты, у которых a_w менее 0,7, могут длительно сохраняться без микробной порчи. С точки зрения увеличения срока хранения скоропортящихся продуктов перспективно искусственное снижение в них активности воды, т.е. создание продуктов с «промежуточной влажностью». Снижение a_w может быть достигнуто добавлением в продукт веществ способных связывать воду, которые в малых количествах не оказывают побочного влияния на качество продукта.

Издавна применяется хранение различных пищевых продуктов в сухом виде. Однако сухие продукты всегда содержат более или менее значительное количество жизнеспособных микроорганизмов, среди которых могут быть и патогенные формы.

В высушенном состоянии многие микроорганизмы сохраняют жизнеспособность в течение длительного времени. Например, брюшно-тифозные бактерии, многие стафилококки и микрококки, молочнокислые бактерии могут сохраняться в сухом виде неделями и месяцами, а уксуснокислые бактерии отмирают быстро. Устойчивы к высушиванию многие дрожжи, и особенно споры бактерий и мицелиальных грибов; в высушенном состоянии споры могут сохранять способность к прорастанию в течение десятков лет.

Для сохранения сухих продуктов без порчи большое значение имеют относительная влажность и температура воздуха в складских помещениях.

Продукты, обладая гигроскопичностью, могут отдавать влагу или поглощать ее. Между влажностью воздуха и влажностью продукта устанавливается определенное подвижное равновесие. При одной и той же относительной влажности воздуха различные продукты могут иметь разную равновесную влажность. Так, сушеные овощи, которые хранились при относительной влажности воздуха 75% и на которых при этом

¹ 0 – a_w абсолютно обезвоженного вещества; 1 – a_w дистиллированной воды.

наблюдалось развитие мицелиальных грибов (по данным С.А. Колесник), имели влажность (%): картофель – 10, свекла – 14, лук – 21, морковь – 26.

Влагосодержание в продуктах, равновесное 70-65%-ной относительной влажности воздуха, является нижним критическим пределом, до которого возможен рост микроорганизмов.

Большинство бактерий способно развиваться в субстратах лишь при равновесной относительной влажности воздуха в пределах не ниже 95-90%. Для дрожжей минимум влаги в субстрате соответствует 90-85%-ной относительной влажности воздуха, для большинства мицелиальных грибов – 80%, а для некоторых ксерофитных видов пределом является относительная влажность воздуха 75-65%.

Таким образом, возможность развития микроорганизмов в продуктах в связи с их влажностью можно учитывать как по величине водной активности (a_w) продукта, так и по относительной влажности воздуха. Значение a_w , умноженное на 100, соответствует относительной влажности воздуха, выраженной в процентах, когда система продукт-воздух находится в равновесии.

Относительная влажность воздуха изменяется в зависимости от температуры: его влагоудерживающая способность с понижением температуры воздуха уменьшается, и наоборот. Поэтому при снижении температуры в процесс хранения продуктов имеющееся количество водяных паров в воздухе может оказаться выше предела его насыщения, это приводит к увлажнению поверхности продукта, что способствует развитию находящихся на нем микроорганизмов.

При хранении и перевозке высушенных продуктов необходимо принимать меры для предупреждения изменения их влажности – соблюдать установленные режимы хранения, а также упаковывать продукты в специальную тару, что предохраняет их, кроме того, от инфицирования микробами извне.

При сублимационной сушке (высушивание под высоким вакуумом в замороженном состоянии) качество и пищевая ценность продуктов (витамины, вкусовые и биологические достоинства) сохраняются значительно лучше. Однако микроорганизмы хорошо переносят такое высушивание и даже после многолетнего пребывания в этом состоянии сохраняют жизнеспособность. Поэтому к продуктам, подвергающимся такой обработке, следует предъявлять строгие санитарно-гигиенические требования.

Химический состав среды (субстрата)

Химический состав среды является одним из главных факторов развития микроорганизмов, так как должен удовлетворять потребность их в питательных и

энергетических веществах. Кроме того, он определяет реакцию среды (рН) и ее окислительно-восстановительные условия.

Химические вещества

Среди химических веществ могут быть такие, которые способны задерживать развитие микроорганизмов и даже вызывать их гибель.

Вещества, губительно действующие на микроорганизмы, называют *антисептиками*. Характер действия их разнообразен. Одни подавляют жизнедеятельность или задерживают размножение чувствительных к ним микробов; такое действие называют *бактериостатическим* (в отношении – бактерий), или *фунгистатическим* (в отношении мицелиальных грибов). Вещества вызывающие гибель микроорганизмов, называют *бактерицидами*, или *фунгицидами*. В очень малых дозах многие химические яды оказывают даже благоприятное действие, стимулируя размножение или биохимическую активность микробов.

Помимо концентрации, эффективность действия химических веществ на микроорганизмы зависит от природы вещества, биологических особенностей микроорганизма, продолжительности воздействия на него, температуры, состава и рН среды.

Чувствительность различных микроорганизмов к одному и тому же антисептику неодинакова. Так, обычно споры устойчивее вегетативных клеток.

Из неорганических соединений наиболее сильнодействующими являются соли тяжелых металлов. Ионы некоторых тяжелых металлов, золота, меди и особенно серебра, присутствуют в растворах в ничтожно малых концентрациях, не поддающихся непосредственному определению, оказывают тем не менее губительное действие на микроорганизмы. Это специфическое действие называется *олигодинамическим* (*oligos* – малый, *dinames* – сила). Олигодинамические свойства серебра используют для дезинфекции питьевой воды. Различные препараты серебра и посеребренные материалы применяют в медицинской практике.

Бактерицидное действие проявляют многие окислители (хлор, йод, перекись водорода, марганцовокислый калий); минеральные кислоты (сернистая, борная, фтористоводородная). Воздействуют на микроорганизмы также сероводород, оксид углерода, сернистый газ.

Многие органические соединения ядовиты для микробов. В различной степени губительно воздействие фенолов, альдегидов, особенно формальдегида, спиртов,

некоторых органических кислот (салициловая, уксусная, бензойная, сорбиновая). Воздействие этих кислот связано главным образом не со снижением pH среды, а с проникновением в клетку недиссоциированных молекул этих кислот. Бактерицидным действием обладают эфирные масла, смолы, дубильные вещества, многие красители (генцианвиолет, бриллиантовая зелень, фуксин).

Среди микроорганизмов имеются формы, очень устойчивые к действию клеточных и метаболических ядов, а некоторые обладают способностью даже использовать их. Примерами могут служить фенол, H_2S , оксид углерода.

Механизм действия антисептиков различен. Многие из них повреждают клеточные стенки, нарушают проницаемость цитоплазматической мембраны. Проникая в клетку, они вступают во взаимодействие с теми или иными ее компонентами, в результате чего значительно нарушаются обменные процессы. Соли тяжелых металлов, формалин, фенолы воздействуют на белки цитоплазмы, являются ядами для ферментов. Спирты и эфиры растворяют липиды клеточных мембран.

Многие антисептические вещества используют в медицине, сельском хозяйстве, промышленности и в быту как дезинфицирующие средства для борьбы с болезнетворными микробами. Для дезинфекции питьевой воды, тары, оборудования, инвентаря широко применяют хлор и его соединения.

Антисептические вещества используют для защиты от микробных поражений текстильных материалов, древесины, бумаги и изделий из нее и других материалов и объектов.

Применение антисептиков для консервирования продуктов ограничено и строго нормируется санитарным законодательством.

При выборе тех или иных химических веществ для обработки сырья и готовой продукции исходят из цели обработки, назначения продукции.

Химические вещества применяются для обработки пищевых продуктов в малых дозах, поэтому они должны обладать высоким биоцидным или биостатическим действием на микроорганизмы. Одновременно должны быть безвредными для человека, не оказывать отрицательного влияния на продукты, не вступать в реакции с веществами продукта, тарой, материалами технологической аппаратуры, легко удаляться с поверхностей, быть экономически выгодными и доступными для использования.

В мировой практике в последние годы большой интерес вызывает новый класс антисептиков – полимерные дезинфицирующие средства, которые более эффективны и менее опасны для человека по сравнению с низкомолекулярными традиционно используемыми биоцидными веществами.

Среди широкого спектра полимерных биоцидов выделяется группа соединений, содержащих в своем составе полигуанидины. Гуанидины – новые антисептики значительно эффективней чем четвертичные аммониевые соединения, ПАВ, производные фенола и хлорактивные дезинфицирующие препараты.

Одним из перспективных и эффективных отечественных дезинфектантов-полигуанидинов является полигексаметиленгидрохлорид, который под разными названиями («БИОР-1», «ПОЛИСЕПТ-ОП», «Фогуцид» и др.) разрешен для применения в пищевой промышленности.

«БИОР-1» испытан сотрудниками Московского государственного университета пищевой биотехнологии на сыродельных заводах Брестского концерна «Мясомолпрома», Углического сыродельного завода, Останкинского молочного комбината и рекомендованы в качестве антибактериальной, противогрибковой защиты, профилактической дезинфекции производственных помещений, инвентаря. Он не вызывает каких-либо изменений и нарушений в технологии, не оказывает отрицательного влияния на традиционные микробиологические процессы и закваски, органолептические и физико-химические свойства готовых молочных продуктов.

Новый препарат из этой группы «ПОЛИСЕПТ-ОП» (полисепт очищенный пищевой) отличается пониженным содержанием гигиенически и экологически небезопасных остаточных примесей. Характеризуется низкой летучестью и стабильностью при хранении в водных растворах. В концентрации 0,1-0,005% в течение 5-25 мин вызывает гибель грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов. «ПОЛИСЕПТ-ОП» рекомендован для использования на предприятиях продовольственной торговли (Л.С. Кузнецова, О.И. Караваева, П.А. Гембицкий, В.Т. Пантюшенко).

Широкое распространение получило импортное антимикробное средство – хлоргексидин (биоцидный препарат на основе производных полигексаметиленгуанидина), используемое в качестве антисептического и дезинфицирующего средства широкого спектра действий в медицинских и бытовых целях.

На предприятиях мясомолочной промышленности разработаны и внедрены способы модификации эпоксидных и перхлорвиниловых покрытий. Введение в эпоксидную или перхлорвиниловую композицию до 2% полифункциональных соединений препятствует развитию микрофлоры на поверхности оборудования и повышает его стойкость к повреждениям, вызванным микроорганизмами (Л.А. Сухарева, Е.К. Балавинцева, Т.Е. Сергиенко).

Новым направлением в практике сокращения потерь пищевого сырья и продуктов, защиты от микроорганизмов является применение экологически безопасных полимерных

пленок на основе латексов. Латексы – высокомолекулярные соединения селективной проницаемости по отношению к летучим соединениям, содержат минимальное количество гигиенически нормируемых компонентов. Их наносят на поверхность готовых продуктов, таких как твердые сычужные и рассольные сыры, колбасы, используя различные способы (погружение, намазывание, распыление).

В состав латексных покрытий вводят специальные синтетические препараты, обладающие повышенной бактерицидной и фунгицидной активностью. Основа препаратов – дегидрацетовая кислота (ДГК). Такие препараты губительно действуют на грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, стафилококки, кишечную палочку и особенно на плесневые грибы и дрожжи (А.Г. Снежко, Л.С. Кузнецова, З.С. Борисова, Э.Г. Розанцев).

В РФ разрешено использовать немногие химические консерванты в малых дозах (от 0,01 до 0,1%).

Для консервирования полуфабрикатов из плодово-ягодного сырья, рыбных консервов и икры используют бензойную кислоту и ее натриевую соль. Бензойная кислота находится в бруснике, чернике; по-видимому, этим можно объяснить повышенную стойкость этих ягод и продуктов их переработки.

В последние годы в России и за рубежом в качестве консерванта многих пищевых продуктов (безалкогольных и алкогольных напитков, полуфабрикатов, маринадов, кулинарных изделий) все более широко применяют сорбиновую кислоту и ее соли, а также сложный эфир р-оксисорбиновой кислоты (РНВ-эфир). Сорбиновая кислота менее токсична, чем бензойная и сернистая, и более активно воздействует на микроорганизмы. В небольших количествах она находится в ягодах рябины. В дозах, допускаемых для консервирования пищевых продуктов (0,03-0,1%), эта кислота на длительное время задерживает рост мицелиальных грибов, дрожжей и некоторых бактерий (группы кишечных палочек, сальмонелл); при этом она безвредна для людей, не придает продукту посторонних привкусов и запахов. Особенно эффективно действие сорбиновой кислоты в кислой среде (рН 3-4,5), когда она находится в недиссоциированном виде.

Этот консервант вводят непосредственно в продукт или обрабатывают им поверхность продукта, оберточные материалы. Однако на рост многих бактерий (например, молочнокислых и уксуснокислых) сорбиновая кислота в указанных концентрациях заметного действия не оказывает.

Среди многообразия консервантов особого внимания заслуживает дегидрацетовая кислота. Кислота и ее производные относятся к эффективным антимикробным средствам, обладающим выраженными фунгицидными свойствами, они в 10-15 раз эффективней

сорбиновой кислоты и ее водорастворимых солей (А.Г. Снежко, Л.С. Кузнецова, З.С. Борисова).

Консервирующим действием обладают хитозан и его производные. Установлено, что хитозанпроизводные янтарной и уксусной кислот даже в относительно малых концентрациях обладает тормозящим действием на рост микроорганизмов. Так, при обработке хитозаном плодов и овощей на поверхности создается барьер для регулирования их метаболизма, что продлевает сроки хранения. Кроме того, воздействие хитозана вызывает морфологические изменения в патогенной микрофлоре, стимулируя закупорку межклеточных пространств в местах повреждения тканей увеличивая сохраняемость (Э.С. Гореньков, Н.В. Илюхина).

Разработан специальный защитный состав «Аллюцид», предназначенный для антимикробной обработки белковых оболочек, применяемых для производства колбас, сосисок, сарделек.

«Аллюцид» представляет собой смесь консервирующих и специальных веществ, ингибирующих жизнедеятельность микроорганизмов и разрешенных для контакта с продуктами питания. Срок хранения вареных колбас с обработкой препаратом «Аллюцид» увеличивается до 8 сут (Л.С. Кузнецова, А.Г. Снежко, З.С. Борисова).

Специалистами ЗАО Инжиниринговый центр «Протеин Продукт» создана комплексная пищевая добавка «Амфибактон», обладающая бактериостатическим действием; она вносится в колбасы, сардельки, паштеты в сухом виде вместе с другими специями.

Подавляет рост нежелательной патогенной микрофлоры и препятствует образованию токсинов консервант «Аромарос-М». Он представляет собой смесь воды, стабилизатора и различных пищевых кислот, разрешенных к использованию в мясной промышленности (В.А. Андреенков, Л.В. Алехина, Л.Ф. Митасева и др).

Для борьбы с картофельной болезнью хлеба и предотвращения его плесневения рекомендуется введение в тесто солей пропионовой кислоты или обработка ими упаковочного материала, что дает хорошие результаты. Этот консервант можно применять и для некоторых рыбных продуктов.

Для обработки свежих плодов, овощей, плодово-ягодных полуфабрикатов используют сернистый ангидрид (SO_2), сернистую кислоту и ее соли. Оксиды серы и сульфаты в вине, сухих овощах и фруктах оказывают бактерицидное воздействие, деактивируют ферменты. Бисульфит калия и натрия, метабисульфит калия в виде гранул, таблеток закладывают в массу продукта или в упаковочный материал. Консервирующим началом является SO_2 , постепенно выделяющийся из антисептика.

Еще в 1913 г. работами Я.Я. Никитинского, а позже его учеников и ряда других исследователей была доказана эффективность хранения многих скоропортящихся продуктов в атмосфере с повышенным содержанием углекислого газа.

Развитие многих мицелиальных грибов – возбудителей порчи продуктов – значительно тормозится при концентрации CO_2 около 20%, а при 40-50%-ной концентрации они совсем не растут (В.С. Загорянский).

Бактерии, по данным Ф.М. Чистякова, к нему более устойчивы. Заметное угнетающее действие на многие гнилостные формы проявляется лишь при содержании CO_2 около 40-50%, а некоторые анаэробные спорообразующие бактерии развиваются даже при концентрации его 60-80% и более. Такое высокое содержание в атмосфере углекислого газа ухудшает качество некоторых продуктов. Наиболее целесообразно применять CO_2 , в сочетании с охлаждением продуктов.

Сроки хранения мяса, птицы, колбас и других продуктов при температуре около 0°C в атмосфере, содержащей 10-15% CO_2 , превышают сроки обычного хранения при такой же температуре в 2-3 раза (М.А. Габриэлянц). В настоящее время на этом принципе базируется хранение некоторых плодов и овощей в регулируемой газовой среде (РГС), искусственно создаваемой в промышленных условиях, и в модифицированной газовой среде (МГС).

Эффективно хранение некоторых продуктов (полукопченых колбас, сыров, копченой рыбы) при периодическом озонировании их небольшими дозами озона непосредственно в холодильных камерах или в камерах, озонированных перед загрузкой продукта. Так, срок хранения полукопченых колбас при температуре от минус 3 до минус 5°C в периодически (дважды в неделю по 4 ч) озонируемых камерах при концентрации озона $3-5 \text{ мг/м}^3$ увеличивается более чем в 2 раза (М.А. Габриэлянц, Г.Я. Резго).

Хранение овощей (лука, моркови, белокочанной капусты) при периодическом озонировании воздуха в овощехранилищах также дает положительные результаты (В.С. Колодязная и др.).

По отношению к озону микроорганизмы проявляют различную чувствительность, при этом мицелиальные грибы более чувствительны, чем бактерии. Эффект воздействия озона, как и других губительно действующих на микроорганизмы факторов, зависит от численности и видового состава микрофлоры продукта.

На принципе антисептики основано копчение мясных и рыбных продуктов. При копчении продукты пропитываются летучими антисептическими веществами дыма или аналогичными антисептиками коптильной жидкости, которую применяют вместо дыма. Исследования (В.И. Курко, Д. Ингрэм и др.) показали, что из компонентов коптильного

дыма наибольшим бактерицидным и фунгицидным действием обладают формальдегид, фенолы и органические кислоты.

При копчении на микрофлору продукта оказывают влияние и другие факторы – повышенное содержание соли при холодном копчении и некоторое обезвоживание продукта (при сушке), высокая температура при горячем копчении.

В качестве заменителей дыма при копчении разработаны фенольные соединения бактерицидного действия (И.А. Палагина, А.В. Козмава). Фенольные компоненты содержат значительное число полярных группировок (гидроксильных, альдегидных, кетонных, кислотных, аминных). Они способны взаимодействовать с поверхностью колбасных изделий, в частности с белком, являющимся поверхностно-активным веществом, приобретающим в водных растворах свойства полиэлектrolита. Фенольные компоненты, адсорбируясь на поверхности колбасных изделиях, сокращают диффузию воды и питательных веществ в клетки микроорганизмов и вывод продуктов обмена, что приводит их к гибели.

Реакция среды

Реакция среды (рН) – степень ее щелочности или кислотности в среде, оказывает большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов. Физиологически действующим началом в кислых и щелочных субстратах является концентрация водородных и гидроксильных ионов (H^+ и OH^-).

Под влиянием рН среды может изменяться активность ферментов, а в связи с этим и биохимическая активность микробов и направленность осуществляемых ими биохимических превращений. Так, одни и те же дрожжи в кислой среде образуют из сахара большое количество этилового спирта и незначительное количество глицерина; в щелочной среде содержание глицерина резко увеличивается, а выход спирта снижается. У гнилостных бактерий наибольшая протеолитическая активность проявляется при рН выше 7,0. Изменение реакции среды может влиять на электрический заряд поверхности клетки, что обуславливает изменение проницаемости клетки для отдельных ионов. При колебаниях рН среды может изменяться степень диссоциации веществ в среде, что в свою очередь отражается на обмене веществ клетки.

Жизнедеятельность каждого вида микроорганизмов возможна при прочих благоприятных условиях лишь в более или менее определенных границах рН среды, выше и ниже которых она угнетается. Для большинства мицелиальных грибов и дрожжей наиболее благоприятна слабокислая среда с рН 5-6. Большинство бактерий лучше растет в зоне рН, равной 6,8-7,3, т.е. в нейтральной или слабощелочной среде. За небольшим

исключением, они не развиваются при рН ниже 4,0 и выше 9,0, но многие длительно сохраняются жизнеспособными. Мицелиальные грибы могут развиваться в более широком диапазоне при рН от 1,2 до 11,0. Споры грибов прорастают в более узком интервале рН по сравнению с развитием мицелия.

Для некоторых видов бактерий кислая среда губительнее щелочной. Вегетативные клетки обычно менее устойчивы, чем споры. Особенно неблагоприятна кислая среда для гнилостных бактерий и бактерий, вызывающих пищевые отравления. Бактерии, которые в процессе жизнедеятельности образуют кислоту, более выносливы к снижению рН. Одни микроорганизмы, например молочно-кислые бактерии, при накоплении в среде известного количества кислоты постепенно погибают. Другие способны регулировать реакцию среды, образуя в таких условиях соответствующие вещества, которые либо подкисляют, либо подщелачивают среду, препятствуя сдвигу рН в сторону, неблагоприятную для их развития. Некоторые мицелиальные грибы, например, при росте на белковых средах образуют щавелевую кислоту, которая препятствует повышению щелочности субстрата.

В таблице 3 приведены данные, характеризующие отношение некоторых микроорганизмов к рН среды. Указанные предельные значения рН могут значительно колебаться в зависимости от других условий среды. В кислой среде усиливается действие других неблагоприятных факторов.

Таблица 3 – Зависимость жизнедеятельности микроорганизмов от рН среды

Название микроорганизмов	рН среды		
	минимум	оптимум	максимум
Бактерии:			
<i>Acetobacter aceti</i>	3-4	5,4-6,3	7-8
<i>Streptococcus lactis</i>	4-4,7	6-6,5	7,5-8,5
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4-4,6	5,8-6	6,8
<i>Lactobacillus casei</i>	3-3,9	–	7,1
<i>Escherichia coli</i>	4,4-5	6,5-7,5	7,8-9
<i>Proteus vulgaris</i>	4,4-4,9	6,5-7,5	8,4-9,4
<i>Salmonella enteritidis</i>	5	7-8	8,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,5	6,6-7	8,5-9
<i>Erwinia carotovora</i>	5,6	7,1	9,3
<i>Bacillus subtilis</i>	4,5-5	6,7	8,5
<i>Clostridium putrificum</i>	4,2	7-8	8,5-9,4
<i>Clostridium perfringens</i>	4,5-5,8	6,5-7,6	8,5-9
<i>Clostridium botulinum</i>	4,5	6,5-7,5	9
Мицелиальные грибы:			
<i>Aspergillus niger</i>	1,5	–	9,8
<i>Aspergillus repens</i>	1,8	–	8,4
<i>Botrytis cinerea</i>	2	–	8
<i>Cladosporium herbarum</i>	3,1	–	7,7
<i>Mucor racemosus</i>	2	–	8,5

<i>Penicillium italicum</i>	1,6	–	9,8
<i>Penicillium cyclopium</i>	2	–	10
<i>Fusarium solani</i>	2,5	–	9
Дрожжи (различные виды)	2,5-3,5	4,5-6	8,5

Губительное действие на микроорганизмы некоторых органических кислот (например, уксусной, бензойной, масляной) может быть обусловлено не только неблагоприятной концентрацией водородных ионов, но и токсичностью недиссоциированных молекул кислот. Установлено, например, что уксусная кислота в количестве 0,5-2% оказывает бактерицидное действие. Молочно-кислый стрептококк прекращает размножаться в субстрате, содержащем молочную кислоту, при pH 4,7-4,4, а в присутствии уксусной – при pH 5,1-4,8.

Неодинаковое отношение микроорганизмов к реакции среды является одной из причин наблюдаемой в природных условиях смены одних форм микроорганизмов другими. Зная отношение различных микроорганизмов к реакции среды и регулируя pH, можно подавлять или стимулировать их развитие, что имеет большое практическое значение. Так, неблагоприятное действие кислой среды на гнилостные бактерии положено в основу хранения некоторых пищевых продуктов в маринованном и квашенном виде.

Окислительно-восстановительные условия среды

Жизнедеятельность микроорганизмов зависит и от окислительно-восстановительных условий среды, которые количественно характеризуются величиной окислительно-восстановительного потенциала Eh^1 . В среде, окислительные свойства которой соответствуют насыщению ее кислородом, Eh , равен 41. В среде с высокими восстановительными условиями, соответствующими насыщению среды водородом, Eh равен 0. При равновесии окислительных и восстановительных процессов в среде Eh равен 28. Если Eh ниже 28, то это указывает на большую или меньшую восстановительную способность среды, а выше 28 - на ее окислительную способность.

Облигатные анаэробы живут при Eh от 0 до 12-14; факультативные анаэробы – при Eh от 0 до 20-30. Для аэробов нижний предел Eh – около 12-15, а значение Eh выше 30 неблагоприятно и для них.

Окислительно-восстановительный потенциал среды влияет не только на рост и размножение микроорганизмов, но и на их биохимическую активность.

¹ Показатель Eh представляет собой отрицательный логарифм давления молекулярного водорода в среде, взятый с обратным знаком.

Регулируя окислительно-восстановительные условия среды, можно затормозить или вызвать активное развитие той или иной группы микроорганизмов. Возможно, например, вызвать рост анаэробов в присутствии воздуха путем добавления редуцирующих веществ, снижающих окислительно-восстановительный потенциал среды. И наоборот, можно культивировать аэробов в анаэробных условиях, повысив E_h среды, вводя в нее вещества, обладающие окислительными свойствами.

В процессе жизнедеятельности микроорганизмы могут изменять окислительно-восстановительный потенциал среды, выделяя в нее различные продукты обмена.

Концентрация растворенных веществ в среде

В природе микроорганизмы живут в субстратах с разнообразным содержанием растворенных веществ, а, следовательно, и с различным осмотическим давлением. Соответственно среде обитания различно и внутриклеточное осмотическое давление у микроорганизмов.

Нормальное развитие микроорганизма происходит, когда его внутриклеточное осмотическое давление несколько выше, чем давление в питательном субстрате. В этом случае в клетку извне поступает вода, цитоплазма плотно прилегает к стенке, слегка растягивая ее. Такое состояние клетки называют *тургорным*.

Однако при попадании микроорганизма в субстрат с ничтожно малым содержанием веществ (например, в дистиллированную воду), наступает *плазмолиз* клетки – цитоплазма быстро переполняется водой, и клеточная стенка разрывается.

Многие микроорганизмы весьма чувствительны даже к небольшому повышению концентрации веществ в среде. С увеличением осмотического давления субстрата активность воды (a_w) в нем уменьшается. При этом имеет значение природа растворенного вещества. Например, при равных концентрациях глюкоза угнетает рост дрожжей и мицелиальных грибов больше, чем сахароза. Повышение осмотического давления субстрата выше внутриклеточного вызывает обезвоживание – *плазмолиз* клеток, при этом поступление в них питательных веществ приостанавливается. В плазмолизированном состоянии одни микроорганизмы могут длительно сохранять жизнеспособность, другие более или менее быстро погибают.

Наряду с микробами, чувствительными к изменению осмотического давления в среде, имеются и приспособляющиеся виды, способные к осморегуляции среды; их называют *осмотолерантными*. Существуют и такие микроорганизмы, которые нормально

развиваются только в субстратах с высоким осмотическим давлением; их называют *осмофильными*.

Явление плазмолиза микробных клеток лежит в основе повышения стойкости при хранении различных продуктов с повышенным содержанием поваренной соли и сахара.

Большинство бактерий мало чувствительны к концентрации NaCl в пределах 0,5-2%, но 3%-ное содержание ее в среде неблагоприятно для многих микроорганизмов.

Размножение многих гнилостных бактерий подавляется при концентрации поваренной соли около 3-4%, а при 7-10% оно прекращается. Палочковидные гнилостные бактерии менее стойки, чем кокки. Развитие некоторых возбудителей пищевых отравлений (ботулинуса, сальмонелл) приостанавливается при 6-10% соли, однако даже при 20% ее содержании многие из них долго сохраняют жизнеспособность, находясь в неактивном состоянии.

В таблице 4 приведены данные, характеризующие устойчивость некоторых микроорганизмов к поваренной соли.

Микроорганизмы, нормально развивающиеся при высоких концентрациях поваренной соли (20% и выше), принято называть *галофилами* (солелюбивыми).

Таблица 4 – Устойчивость некоторых микроорганизмов к растворам NaCl

Название микроорганизмов	Концентрация соли, приостанавливающая рост, %	Название микроорганизмов	Концентрация соли, приостанавливающая рост, %
Бактерии:		Дрожжи:	
<i>Streptococcus lactis</i>	2-3	<i>Candida mycoderma</i>	10
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	2-3	<i>Torulopsis rosea</i>	20
<i>Escherichia coli</i>	6-8	Мицелиальные грибы:	
<i>Clostridium botulinum</i>	6-7,5-10	<i>Botrytis cinerea</i>	12
<i>Clostridium perfringens</i>	5,7-10	<i>Aspergillus niger</i>	17
<i>Proteus vulgaris</i>	7,5-10	<i>Penicillium glaucum</i>	20
<i>Sarcina flava</i>	10	<i>Oospora nikitinskii</i>	Насыщенный раствор
<i>Bacillus subtilis</i>	10-15		
<i>Micrococcus aurantiacus</i>	15-20		
<i>Halobacterium halobium</i>	Выше 25		

Концентрация соли, необходимая для подавления развития микроорганизмов, изменяется в зависимости от других условий среды, в частности от ее реакции (рН). Развитие дрожжей в соленых продуктах подавляется в кислой среде при содержании 14%, а в нейтральной – только при 20%. Имеет значение и температура. При понижении температуры угнетающее влияние соли усиливается. Например, для угнетения роста

мицелиальных грибов при температуре 0 °С достаточно 8% соли, а при 20 °С необходимо 12% (Callow). Имеются сведения об усилении действия NaCl в присутствии других соединений, в частности нитратов и нитритов.

Подавляющее воздействие соли на рост микроорганизмов обусловлено не только повышением осмотического давления. При высоких концентрациях в субстрате поваренная соль оказывает токсическое действие на микроорганизмы: подавляются процессы дыхания, нарушаются функции клеточных мембран и др.

Поскольку многие микроорганизмы, в том числе и болезнетворные, в плазмоллизированном состоянии длительное время не погибают, приостанавливается лишь их активная жизнедеятельность, к перерабатываемому сырью необходимо предъявлять строгие санитарно-гигиенические требования.

Порча соленых товаров (рыбы, солонины и др.) под влиянием галофильных и солеустойчивых микроорганизмов – явление нередкое. Примером может служить покраснение крепкосоленой рыбы – дефект, называемый *фуксином*, который вызывается бесспоровой бактерией *Halobacterium salinarium*, обладающей красным пигментом. Эта галофильная бактерия заносится в продукт с солью. Соленые товары следует хранить при низких температурах, чтобы задержать развитие на них микроорганизмов.

Известны различные виды порчи (плесневение, забраживание) меда, варенья, джема, фруктовых сиропов и других сахаросодержащих продуктов под воздействием осмофильных плесеней и дрожжей. Порчу многих этих продуктов, прошедших тепловую обработку, вызывают осмофильные теплоустойчивые (выдерживающие пастеризацию продуктов) дрожжи; порча может явиться и результатом вторичного инфицирования продуктов микробами извне. Для предотвращения этого следует разливать продукт в горячем виде в стерильную тару, герметично укупоривать ее и хранить при пониженной температуре.

Температура среды

Температура среды – один из основных факторов, определяющих возможность и интенсивность развития микроорганизмов.

Каждый микроорганизм может развиваться лишь в определенных пределах температуры: для одних эти пределы узкие, для других относительно широкие и исчисляются десятками градусов. Кардинальные температурные точки для размножения некоторых микроорганизмов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Зависимость жизнедеятельности микроорганизмов от температуры среды

Название микроорганизмов	Кардинальные точки температуры, °С		
	минимум	оптимум	максимум
Бактерии:			
<i>Streptococcus lactis</i>	8-10	25-30	40-45
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	15-20	40-45	50
<i>Escherichia coli</i>	6-10	37	50
<i>Acetobacter aceti, subsp. orleanensis</i>	8	30	36-39
<i>Acetobacter aceti</i>	4	34	42
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	От 2 до -2	20-25	41-45
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	29	-	41
<i>Bacillus subtilis</i>	5-8	30-45	55-60
<i>Clostridium botulinum</i> (различные типы)	- 5-10	30-35	50-55
Грибы:			
<i>Phytophthora infestans</i>	2	18-21	26
<i>Botrytis cinerea</i>	От -5 до 2	22-25	30-33
<i>Penicillium puberulum</i>	От -5 до 1	24-25	30-32
<i>Penicillium viridicatum</i>	От -3 до 2	22-24	33-34
<i>Aspergillus niger</i>	7-10	33-37	40-43
<i>Aspergillus flavus</i>	6-8	30-35	40-44
<i>Aspergillus repens</i>	4-6	24-26	36-38
<i>Mucor racemosus</i>	4	22-25	33
<i>Mucor pusillus</i>	23-25	40	55-60
Дрожжи (различные виды)	От -5 до 5	20-30	40-50

По отношению к температуре микроорганизмы подразделяют на три группы: психрофилы, мезофилы и термофилы (рис. 45).

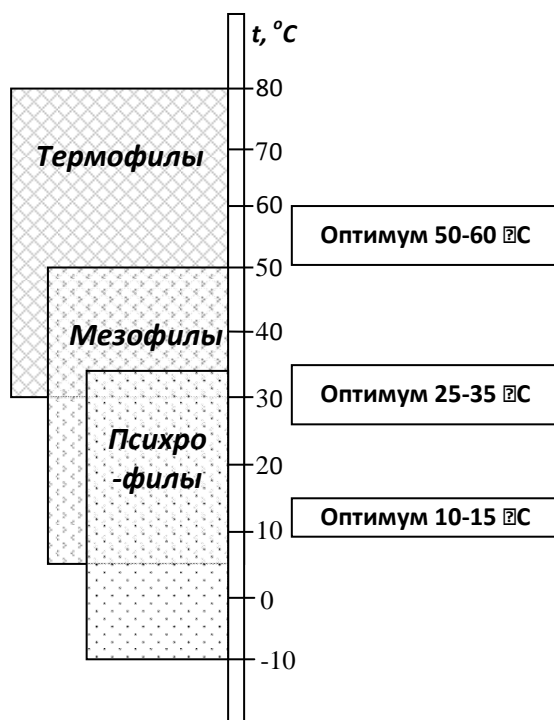


Рис. 45. Температурные границы роста микроорганизмов

Психрофилы (от греч. *психрос* – холод) – холодолюбивые микроорганизмы, хорошо размножаются и проявляют химическую активность при относительно низких температурах. Для них характерны: минимум – от минус 12-минус 10 °С до 0 °С, оптимум составляет 10-15 °С и максимум – около 30 °С. К ним относятся, например, микроорганизмы, обитающие в почве полярных регионов, в северных морях, океанах, на охлажденных и замороженных продуктах. Есть указания (С.П. Лях), что некоторые психрофильные дрожжи, бактерии и мицелиальные грибы способны развиваться при температуре до минус 24 °С.

Термофилы (от греч. *термо* – тепло) – теплолюбивые микроорганизмы, лучше развиваются при относительно высоких температурах. Температурный минимум для них не ниже 30 °С, оптимум составляет 50-60 °С, максимум – около 70-80 °С. Из горячих водных источников Камчатки выделена палочковидная неспороносная бактерия с температурным оптимумом 70-80 °С, которая оставалась жизнеспособной при температуре воды до 90 °С. Из горных источников на склонах вулканов выделены бактерии, способные расти при температуре даже выше 100 °С, с оптимумом 105 °С. Эти бактерии рассматривают как экстремально термофильные микроорганизмы.

Термофилы встречаются также в самонагревающихся скоплениях различных органических материалов (зерна, сена, навоза и др.). Обитают они в поверхностных слоях

почвы, в кишечнике человека и животных: встречаются в продуктах, прошедших термическую обработку, и могут вызывать их порчу.

Мезофилы (от греч. *мезос* – средний, промежуточный) – микроорганизмы, для которых температурный минимум около 5-10 °С, оптимум составляет 25-35 °С, максимум – в пределах 45-50°С. Одни мезофилы являются термоустойчивыми, т.е. способны развиваться и при относительно высоких температурах (50-60 °С), а другие – холодоустойчивыми (психротрофы), развиваются при температурах, близких к 0 °С и даже немного ниже. Большинство наиболее распространенных в природе бактерий, грибов и дрожжей, в том числе многие возбудители порчи пищевых продуктов, а также вызывающие заболевания и отравления человека, относятся к мезофильным организмам. Оптимальные и предельные температуры для микроорганизмов обычно соответствуют оптимальным и предельным температурам активности их ферментов. Установлено, что у холодоустойчивых микроорганизмов ферменты, в частности ферменты энергетического обмена, термочувствительны. У этих микроорганизмов обнаружены ферменты с температурным оптимумом около 10 °С. Ферменты термофилов термостабильны, наиболее активны при 50-60 °С, некоторые длительно не инактивируются при 80-90 °С. У термофилов по сравнению с мезофилами более термостабильны белки клеток, а в цитоплазматической мембране больше липидов, причем состав липидов различен.

Кардинальные температурные точки, определяющие размножение микробов и другие процессы (спорообразование, брожение и др.), для одних и тех же организмов могут быть разными в зависимости от физиологического состояния и состава среды.

Отношение микроорганизмов к высоким температурам. Повышение температуры среды (по сравнению с оптимальной) сказывается на микроорганизмах более неблагоприятно, чем понижение ее. Отношение различных микроорганизмов к температурам, превышающим максимальную для их развития, характеризует их *термоустойчивость*. У разных микроорганизмов она неодинакова. Гибель их наступает не мгновенно, а во времени. Температуры, превышающие максимальную, вызывают явление «теплового шока». При непродолжительном пребывании в таком состоянии клетки могут реактивироваться, а при длительном наступает их отмирание. Большинство беспоровых бактерий отмирают при нагревании во влажном состоянии до 60-70 °С в течение 15-30 мин, а при нагревании до 80-100 °С – от нескольких секунд до 1-2 мин. Дрожжи и мицелиальные грибы погибают также довольно быстро при температуре 50-60 °С. Исключение составляют некоторые осмофильные дрожжи, которые выдерживают нагревание до 100 °С в течение нескольких мин.

Наиболее термоустойчивы бактериальные споры. У многих бактерий они способны выдерживать температуру кипения воды в течение нескольких часов. Во влажной среде споры бактерий гибнут при 120-130 °С через 20-30 минут, а в сухом состоянии – при 160-170 °С через 1-2 ч. Термоустойчивость спор различных бактерий неодинакова; особенно устойчивы споры термофильных бактерий (табл. 6).

Таблица 6 – Термоустойчивость спор некоторых термофильных бактерий

Название бактерий	Время отмирания спор при нагревании до 100 °С, мин
<i>Bacillus carotovorum</i>	3-4
<i>Bacillus mycoides</i>	5-10
<i>Bacillus cereus</i>	15-16
<i>Bacillus subtilis</i>	120-180
<i>Clostridium botulinum</i>	300-360
<i>Clostridium sporogenes</i>	510-540
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	460-720

С повышением температуры ее губительное действие быстро возрастает. По данным Эсти и Мейера, споры *Clostridium botulinum* отмирали: при 100 °С – через 330 мин, при 105 °С – через 100 мин, при 110 °С – через 32 мин, при 115 °С – через 10 мин, при 120 °С – через 4 мин.

Споры большинства дрожжей и плесеней по сравнению со спорами бактерий менее устойчивы к нагреванию и погибают довольно быстро при 65-80 °С, но споры некоторых плесеней выдерживают нагревание до 100 °С. Однако не все клетки или споры даже одного вида микроорганизмов отмирают одновременно, среди них встречаются более и менее устойчивые.

Термоустойчивость одних и тех же микроорганизмов может, кроме того, изменяться в зависимости от химического состава нагреваемой среды, ее рН, a_w , наличия защитных веществ. Так, жиры, белки предохраняют микробов от действия тепла.

Отмирание микроорганизмов при нагревании во влажной среде наступает вследствие происходящих необратимых изменений в клетке. Главными из них являются денатурация белков и освобождение нуклеиновых кислот клетки, а также инактивация ферментов; возможно повреждение цитоплазматической мембраны.

Высокая термоустойчивость бактериальных спор обусловлена, по-видимому, малым содержанием в них свободной воды. Устойчивость спор к высоким температурам связана также с содержанием в них дипиколиновой кислоты и кальция. Эта кислота в виде кальциевой соли обнаруживается только в термоустойчивых спорах.

При воздействии на клетки сухого жара (без влаги) гибель происходит в результате активных окислительных процессов и нарушения клеточных структур.

На губительном действии высоких температур основаны многие приемы уничтожения микробов в пищевых продуктах и в различных других объектах, например, кипячение, варка, обжарка, бланширование продуктов питания, пропаривание производственного оборудования.

В пищевой промышленности широко применяют два способа воздействия высоких температур на микроорганизмы: пастеризацию и стерилизацию.

Пастеризация – это нагревание продукта чаще всего при температуре 63-80 °С в течение 20-40 мин. Иногда пастеризацию производят кратковременным (в течение нескольких секунд) нагреванием до 90-140 °С. При пастеризации погибают не все микроорганизмы. Некоторые термоустойчивые бактерии, а также споры многих бактерий остаются живыми. Поэтому пастеризованные продукты следует немедленно охлаждать до температуры не выше 10 °С и хранить на холоде, чтобы задержать прорастание спор и развитие сохранившихся клеток. Пастеризуют молоко, вино, пиво, икру, фруктовые соки и некоторые другие продукты.

Стерилизация – это нагревание при температурах, которые в течение определенного времени вызывают гибель вегетативных клеток микроорганизмов и их спор. Стерилизуют различные баночные консервы, многие предметы и материалы, используемые в медицинской и микробиологической практике. Процесс проводят при температурах 112-125 °С в течение 20-60 мин в специальных приборах – автоклавах (перегретым паром под давлением) или при 160-180 °С в течение 1-2 ч в сушильных шкафах (сухим горячим воздухом).

Многочисленными исследованиями по изучению кинетики отмирания клеток во время нагревания (как и при воздействии многих других губительно действующих факторов) установлено, что отмирание во времени протекает с определенной закономерностью. Если построить график в полулогарифмической системе координат, то «кривая выживаемости» в большинстве случаев представится прямой линией (рис. 46). Такая прямая линия показывает, что при постоянной температуре в каждый последующий равный интервал времени отмирает одинаковая доля (%) клеток (спор) по отношению к числу выживших.

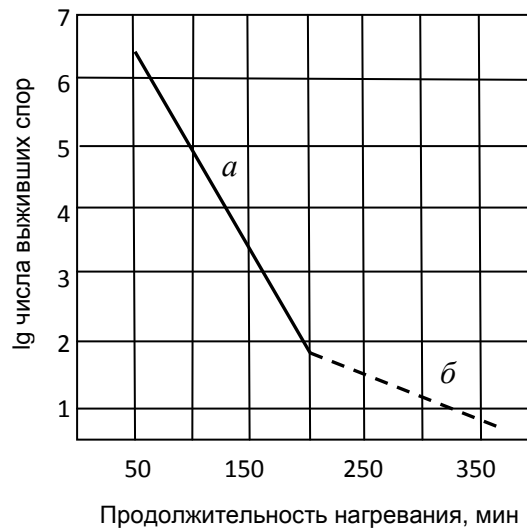


Рис. 46. Кривая выживаемости спор *Bac. aerothermophilus* при 110 °С (по данным В.И. Рогачева)

Таким образом, отмирание клеток имеет логарифмический порядок и может быть выражено уравнением:

$$K = \frac{1}{t} \lg \frac{A}{B},$$

где K – константа процесса; t – продолжительность воздействия; A – начальное число бактерий; B – число бактерий, оставшихся после воздействия данной температуры.

Из уравнения следует, что эффективность стерилизации зависит от количества микроорганизмов, находящихся на стерилизуемом объекте: чем оно выше, тем больше остается живых микроорганизмов, следовательно, для уничтожения всех потребуется длительное нагревание при данной температуре (табл. 7).

Таблица 7 – Жизнеспособность бактерий в условиях повышенных температур

Споры бактерий	Количество спор в 1 см ³ среды	Время, необходимое для уничтожения спор при 115 °С, мин
Культура №4112	13	10
	100	18
	1000	28
	35000	50

Логарифмическая зависимость проявляется лишь в период отмирания основной массы клеток (спор) (рис. 46, часть кривой *a*). Всегда в субстрате бактерий имеются клетки более термостойкие, длительно сохраняющиеся жизнеспособными, отмирание

которых не подчиняется логарифмической зависимости, они длительно сохраняются жизнеспособными. На рисунке 46 видно, что у «кривой выживаемости» наблюдается «хвост» (часть кривой б).

Отношение микроорганизмов к низким температурам. Холодоустойчивость различных микроорганизмов колеблется в широких пределах.

При температуре среды ниже оптимальной снижается скорость размножения микроорганизмов и интенсивность их жизненных процессов. При температурах, близких к минимальным, значение приобретает снижение даже на 1-2 °С. В таблицах 8 и 9 (по данным Ф.М. Чистякова, Г.Л. Носковой, З.З. Бочаровой) показано влияние низких температур на скорость развития некоторых бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов – возбудителей порчи продуктов.

Таблица 8 – Влияние температуры на скорость развития бактерий

Название бактерий	Время, сут, от посева до появления видимого роста бактерий при температуре, °С				
	-8	-5	-2	0	2
<i>Pseudomonas putida</i>	Роста нет	Роста нет	18	12	8
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Роста нет	15	12	9	6
<i>Flavobacterium ochraceum</i>	Роста нет	15-20	7-10	5-8	2-6
<i>Flavobacterium sulfureum</i>	208	15-20	7-10	5-8	2-6

Таблица 9 – Влияние температуры на скорость развития грибов и дрожжей

Название микроорганизмов	Время, сут, от посева до появления видимого роста грибов при температуре, °С					
	-8	-5	-2	0	2	комнатная
Грибы:						
<i>Aspergillus glaucus</i>	Роста нет в течение нескольких месяцев			159	72	2
<i>Mucor racemosus</i>	Роста нет в течение нескольких месяцев			17	6	1
<i>Fusarium culmorum</i>	То же	133	13	8	6	2
<i>Penicillium glaucum</i>	То же	99	28	16	9	1
<i>Botrytis cinerea</i>	То же	24	9	6	5	2
<i>Cladosporium herbarum</i>	То же	18	16	11	6	1
<i>Oospora sp.</i>	414	20	13	11	11	2
Дрожжи:						
«Розовые» дрожжи	Более 9 мес.	15	8	6	4	2
<i>Torula sp.</i>	9 мес.	38	21	10	7	2

Многие микроорганизмы не способны развиваться при температуре ниже нуля. Так, некоторые гнилостные бактерии и бактерии, вызывающие пищевые отравления, не размножаются обычно при температуре ниже 4-5 °С; температурный минимум многих

грибов также лежит в пределах от 3 до 5 °С. Известны микроорганизмы, еще более чувствительные к холоду, которые не растут уже при 10 °С, например большинство болезнетворных бактерий. Некоторые микроорганизмы временно выдерживают очень низкие температуры. Кишечная палочка и брюшнотифозная палочка в течение нескольких дней не погибают при температурах -172...-190 °С. Споры бактерий сохраняют способность к прорастанию даже после 10-часового пребывания при минус 252 °С (температура жидкого водорода). Некоторые мицелиальные грибы и дрожжи сохраняют жизнеспособность после воздействия температуры минус 190 °С (температура жидкого воздуха) в течение нескольких дней, а споры мицелиальных грибов – в течение нескольких месяцев. В трупах мамонтов, пролежавших десятки тысяч лет в мерзлой почве, обнаружены жизнеспособные бактерии и их споры.

Несмотря на то, что при температурах ниже минимальной микробы не размножаются и активная жизнедеятельность их приостанавливается, многие неопределенно долгое время остаются жизнеспособными, переходя в *анабиотическое состояние*, т.е. состояние «скрытой жизни», подобное зимней спячке животных. При повышении температуры они вновь возвращаются к активной жизни. Некоторые в таких условиях, однако, более или менее скоро погибают. Отмирание происходит значительно медленнее, чем под действием высоких температур.

Причина гибели клеток в субстратах при температурах выше их криоскопической точки (температуры замерзания) является главным образом нарушение обмена веществ клеток. Инактивируются ферменты, в связи с чем снижаются скорости внутриклеточных химических реакций, при этом отдельные реакции подавляются не в одинаковой степени. Наиболее неблагоприятное действие оказывают температуры, при которых наступает замерзание среды. При неполном замерзании (помимо указанных выше причин) вымирание микроорганизмов может быть вызвано неблагоприятным действием низкой водной активности (a_w) и повышенного осмотического давления среды, повреждением клеток кристаллами льда, повышением концентрации солей в клетке за счет ее обезвоживания. При этом нарушаются структура цитоплазмы (изменяются ее вязкость, дисперсность белково-липидных частиц и др.), избирательная проницаемость клеточных мембран вследствие изменения физико-химических свойств их липидов. Со временем все это приводит к необратимым нарушениям в клетке и ее гибели.

Низкие температуры широко применяют для сохранения разнообразных продуктов. Применяют два способа холодильного хранения: в охлажденном состоянии – при температуре от 10 до минус 2 °С и в замороженном виде – чаще при температуре от минус 12 до минус 20 °С.

При хранении натуральные свойства *охлажденных продуктов* сохраняются лучше, чем замороженных, однако рост на них многих микроорганизмов не исключается, а лишь замедляется. Поэтому сроки хранения охлажденных продуктов непродолжительны и зависят от температуры хранения и исходной степени обсеменения продукта психротрофными микроорганизмами. Чем их больше, тем меньше срок хранения.

Для удлинения сроков хранения охлажденных продуктов применяют дополнительные меры воздействия на микроорганизмы, например: облучение ультрафиолетовыми и γ -излучениями, озонирование, повышение содержания в атмосфере CO_2 , создание анаэробных условий, препятствующих развитию холодоустойчивых аэробов – возбудителей порчи продуктов и прочее.

При хранении продуктов в охлажденном состоянии большое значение имеет относительная влажность воздуха в помещении. При ее повышении микроорганизмы развиваются быстрее. На стенах, потолках и других поверхностях холодильных камер постоянно находится то или иное количество разнообразных микроорганизмов. Попадают они в холодильник вместе с продуктами, тарой, заносятся с поступающим охлажденным воздухом, а также людьми. Обитая в холодильнике длительное время, микробы приспосабливаются к данным условиям существования и приобретают способность развиваться при более низких температурах. Поэтому холодильные камеры необходимо содержать в чистоте, регулярно дезинфицировать и поддерживать в них требуемый температурно-влажностный режим.

При *замораживании продукта* отмирает значительная часть находящихся в нем микроорганизмов. Устойчивость их к замораживанию зависит от ряда факторов: температуры и скорости замораживания, состава среды, в которой происходит замораживание, вида микроорганизма и др. При последующем хранении замороженного продукта выжившие микроорганизмы постепенно отмирают, но многие сохраняют жизнеспособность длительное время.

Однако замораживание не оказывает стерилизующего действия; при замораживании могут выжить и болезнетворные формы. Сохраняются, как установлено (Е.Л. Моисеева и др.), и физиолого-биохимические свойства микробов. Поэтому размороженные продукты могут быстро подвергаться порче.

При применяемых в практике хранения температурах (не выше минус 12 °С) замороженные продукты длительно (месяцами) сохраняются без микробной порчи. Размораживать замороженные пищевые продукты следует непосредственно перед употреблением.

Большое значение в сохранении качества продуктов имеют санитарно-гигиенические условия охлаждения продуктов, содержания их в холодильниках и при размораживании.

Лучистая энергия

Биологическое воздействие на микроорганизмы различных форм лучистой энергии, представляющих собой электромагнитные колебания с различной длиной волны, проявляется по-разному. Оно зависит от длины волны. Чем она короче, тем в ней больше заключено энергии, тем сильнее воздействие на организм. В основе действия лежат те или иные химические и физические изменения, происходящие в клетках микроорганизмов и в окружающей среде. Изменения могут быть вызваны только поглощенными лучами. Следовательно, для эффективности облучения большое значение имеет проникающая способность лучей.

Действие света. Свет необходим только для фотосинтезирующих микробов, использующих световую энергию в процессе анаболизма углекислого газа. Микроорганизмы, не способные к фотосинтезу, хорошо растут в темноте. Прямые солнечные лучи губительны для микроорганизмов, даже рассеянный свет подавляет в той или иной мере их рост. Однако развитие многих мицелиальных грибов при постоянном отсутствии света протекает ненормально: хорошо развивается только мицелий, а спорообразование тормозится. Патогенные бактерии (за редким исключением) менее устойчивы к свету, чем сапрофитные.

Инфракрасные лучи (ИК-лучи) имеют сравнительно большую длину волны. Энергия этих излучений недостаточна, чтобы вызвать фотохимические изменения в поглощающих их веществах. В основном она превращается в тепло, что и оказывает губительное действие на микроорганизмы при термической обработке продуктов ИК-излучениями.

Ультрафиолетовые лучи – наиболее активная часть солнечного спектра, обуславливающая его бактерицидное действие. Они характеризуются высокой энергией, причем наибольшим действием обладают лучи с длиной волны 250-260 нм.

Эффективность воздействия УФ-лучей на микроорганизмы зависит от дозы облучения, т.е. от количества поглощенной энергии. Кроме того, имеют значение свойства облучаемого субстрата: его рН, степень обсеменения микробами, а также температура.

Очень малые дозы облучения действуют даже стимулирующе на отдельные функции микроорганизмов. Более высокие, но не приводящие к гибели дозы вызывают торможение отдельных процессов обмена, изменение свойств микроорганизмов, вплоть до наследственных. Это используется на практике для получения вариантов

микроорганизмов с высокой способностью продуцировать антибиотики, ферменты и другие биологически активные вещества. Дальнейшее увеличение дозы приводит к гибели. При дозе ниже смертельной возможно восстановление (реактивация) нормальной жизнедеятельности микроорганизмов.

Различные микроорганизмы неодинаково чувствительны к одной и той же дозе облучения (рис. 47, 48).

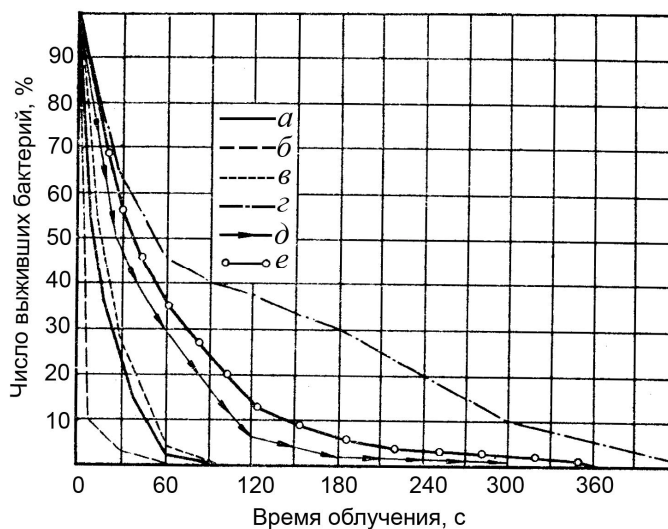


Рис. 47. Отмирание различных бактерий под действием УФ-лучей (по данным К.А. Мудрецов-Висс): а — *Esch. coli*; б — *Pseud. fluorescens*; в — *Micrococcus candidans*; г — *Sarcina flava*; д — *Bac. subtilis*; е — *Bac. megaterium*

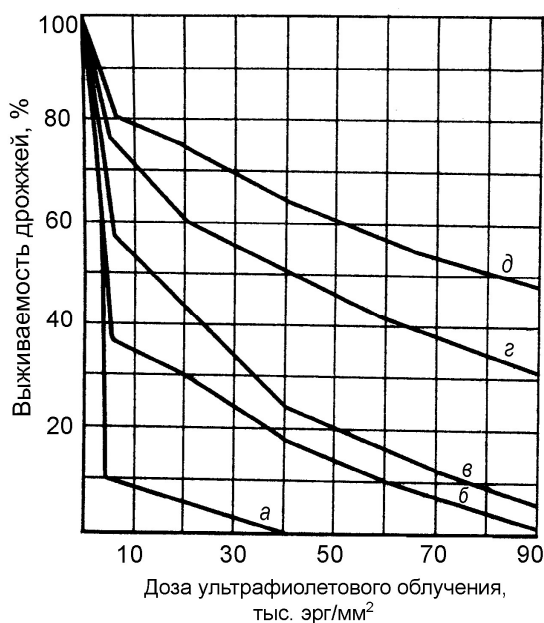


Рис. 48. Выживаемость дрожжей вина под влиянием различных доз облучения УФ-лучами (по данным Г.П. Авакяна): а — *Sacch. ludwigii*; б — *Sacch. vini*; в — *Hans. apiculata*; г — *Torulopsis utilis*; д — *Candida mycoderma*

Среди бесспорных бактерий особенно чувствительны к облучению бактерии, выделяющие пигмент в окружающую среду. Пигментные бактерии, содержащие в клетках каротиноидные пигменты, чрезвычайно стойки, так как каротиноидные пигменты обладают защитными свойствами против УФ-лучей.

Споры бактерий значительно устойчивее к действию УФ-лучей, чем вегетативные клетки. Чтобы убить споры, требуется в 4-5 раз больше энергии (табл. 10), по данным К.А. Мудрецов-Висс и Т.К. Сиденко. Мицелиальные грибы более устойчивы, чем вегетативные клетки бактерий, а споры грибов более выносливы, чем мицелий. Дрожжи имеют такую же или незначительно более высокую резистентность, чем бактерии (А.С. Херсум, Е.Д. Холланд).

Таблица 10 – Количество энергии УФ-лучей, вызывающее гибель бактерий

Название бактерий	Количество энергии, вызывающее отмирание до 99% исходного числа бактерий в воде, мВт/см ² с
<i>Escherichia coli</i>	9000-12000
<i>Aerobacter aerogenes</i>	9000-10000
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	4 500-5 000
<i>Micrococcus candidans</i>	9000-12000
<i>Sarcina flava</i>	60 000-65 000
<i>Bacillus subtilis</i> (споры)	30 000-40 000
<i>Bacillus megaterium</i> (споры)	36 000-40 000
<i>Bacillus mycoides</i> (споры)	36 000-40 000

Гибель микроорганизмов может быть следствием как непосредственного воздействия УФ-лучей на клетки, так и неблагоприятного для них изменения облученного субстрата.

УФ-лучи инактивируют ферменты, они адсорбируются важнейшими веществами клетки (белками, нуклеиновыми кислотами) и вызывают изменения – повреждения их молекул. В облучаемой среде могут образоваться вещества (перекись водорода, озон и др.), губительно действующие на микроорганизмы.

Искусственным источником ультрафиолетового излучения служат в основном аргоно-ртутные лампы низкого давления, называемые бактерицидными (БУВ-15, БУВ-30, БУВ-60).

В настоящее время УФ-лучи довольно широко применяют на практике. Ими дезинфицируют воздух холодильных камер, лечебных и производственных помещений. При обработке УФ-лучами в течение 6 ч уничтожается до 80% бактерий и мицелиальных грибов, находящихся в воздухе. Такие лучи могут быть использованы для предотвращения инфекции извне при розливе, фасовке и упаковке пищевых продуктов,

лечебных препаратов, а также для обеззараживания тары, упаковочных материалов, в том числе из полимерных материалов, оборудования, посуды (на предприятиях общественного питания). В последнее время бактерицидными свойствами УФ-лучей пользуются для дезинфекции питьевой воды.

Стерилизация пищевых продуктов с помощью УФ-лучей затруднена вследствие их низкой проникающей способности, в связи с чем действие этих лучей проявляется только на поверхности или в очень тонком слое. Тем не менее известно, что облучение охлажденных мяса, мясопродуктов удлиняет срок их хранения в 2-3 раза.

Предлагается применять УФ-лучи для стерилизации плодовых соков и вин (в тонком слое). При таком «холодном» способе стерилизации вино получается лучшего качества и сохраняется без порчи дольше, чем пастеризованное.

Для некоторых продуктов (например, для сливочного масла, молока) стерилизация УФ-лучами неприемлема, так как в результате облучения ухудшаются вкусовые и пищевые свойства продуктов.

Лазерное излучение представляет собой электромагнитное излучение в диапазоне от инфракрасного до ультрафиолетового спектров, фокусированное в виде пучка. Оно обладает очень большой энергией и способно вызывать сильное биологическое воздействие. Этот вид излучения получают при помощи технических устройств – лазеров – оптических квантовых генераторов.

Под влиянием лазерного излучения повышается температура биологических тканей, происходят коагуляция белков и разрушение клеток. Повреждающее действие зависит от длины волны, длительности импульсов, мощности излучения, а также свойств и структуры облучаемых объектов.

В настоящее время влияние этого рода излучений на микроорганизмы изучено еще мало.

Проведенные исследования (А.А. Кудряшова) показывают, что реакция на воздействие лазерного излучения у различных видов микроорганизмов может различаться значительно, при этом споры более устойчивы, чем вегетативные клетки. Выявлено, что ультрафиолетовый спектр лазерного излучения обладает более высоким антимикробным действием, чем синий и красный.

В зависимости от природы спектра, мощности излучений и продолжительности облучения можно получить как стимулирующий, так и повреждающий (подавление роста), и летальный эффекты.

Это направление использования лазерного излучения представляет теоретический и практический интерес.

Радиоактивные излучения, α -лучи, β -лучи (высокоскоростные электроны) и γ -лучи (коротковолновые рентгеновские лучи) обладают высокой энергией, в связи с чем химически и биологически чрезвычайно активны.

Особенностью радиоактивных излучений является их способность вызывать ионизацию атомов и молекул, которая сопровождается разрушением молекулярных структур.

Микроорганизмы радиоактивно значительно более устойчивы, чем высшие организмы. Смертельная доза для них в сотни и тысячи раз выше, чем для животных и растений.

Эффективность действия ионизирующих излучений на микроорганизмы зависит от поглощенной дозы облучения и многих других факторов. Очень малые дозы активизируют некоторые жизненные процессы микроорганизмов, воздействуя на их ферментные системы. Они вызывают наследственные изменения свойств микробов, приводящие к появлению мутаций. С повышением дозы облучения обмен веществ нарушается значительно, наблюдаются различного рода патологические изменения клеток (лучевая болезнь), которые могут привести к их гибели. При дозе ниже смертельной может восстановиться нормальная жизнедеятельность облученных клеток.

Радиоустойчивость различных видов и даже штаммов обладают неодинаковой чувствительностью.

Радиационная устойчивость различных видов и даже штаммов микроорганизмов колеблется в широких пределах (табл. 11). Наиболее радиоустойчивы микроорганизмы с повышенной карбогидразной и протеолитической активностью, содержащие в клетках большее количество магния и кальция, а также обладающие высоким уровнем защитных метаболических реакций. Чувствительны к облучению кишечная палочка, протей, многие бактерии рода *Pseudomonas* – распространенные возбудители порчи мясных и рыбных продуктов. Микрококки отличаются повышенной устойчивостью. Весьма радиоустойчивы споры бактерий и грибов. Высока радиоустойчивость вирусов; у некоторых она превосходит даже устойчивость бактериальных спор.

Чувствительны к действию ионизирующих излучений многие ферментные системы, мембранные структуры, ядерный аппарат, особенно ДНК, что отражается при облучении на функции размножения.

Таблица 11 – Радиационная устойчивость различных микроорганизмов

Наименование микроорганизмов	Доза облучения, снижающая количество микроорганизмов в 10 раз кГр ¹	Наименование микроорганизмов	Доза облучения, снижающая количество микроорганизмов в 10 раз кГр ¹
Бактерии:		Дрожжи:	
<i>Escherichia coli</i>	0,2-0,4	<i>Saccharomyces vini</i>	0,39-0,63
<i>Proteus vulgaris</i>	0,1-0,2	<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	0,38
<i>Salmonella typhimurium</i>	0,2-0,7	<i>Saccharomyces globosus</i>	1,1
<i>Streptococcus faecalis</i>	0,5	<i>Zygosaccharomyces lactis</i>	0,44
<i>Aerobacter aerogenes</i>	0,3	<i>Zygosaccharomyces mongolicus</i>	0,84
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,1	<i>Hansenula anomala</i>	0,7
<i>Micrococcus varians</i>	1,1	<i>Torulopsis pulcherima</i>	0,72
<i>Micrococcus radiodurans</i>	2,1 -2,9	Грибы (споры):	
<i>Micrococcus caseolyticum</i>	1,0	<i>Aspergillus niger</i>	1,9
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,7-2,7	<i>Monilia fructigena</i>	0,3
<i>Bacillus subtilis</i>	1,3-3,0	<i>Rhizopus nigricans</i>	2,1
<i>Bacillus cereus</i>	1,8	<i>Penicillium expansum</i>	2,8
<i>Bacillus megaterium</i>	2,2	<i>Penicillium puberulum</i>	2,3
<i>Clostridium sporogenes</i>	2,1		
<i>Clostridium perfringens</i>	1,2-2,0		
<i>Clostridium putrificum</i>	2,0		
<i>Clostridium botulinum:</i>			
вегетативные клетки	1,1-1,7		
споры	1,5-4,0		

¹ В Международной системе единиц (СИ) в качестве измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения принят грей (Гр) вместо прежней внесистемной единицы радиан (рад). Энергия 100 эрг на 1 г облучаемого объекта соответствует 1 рад; 1 Гр=100 рад=1 Дж/кг; кГр (килогрей)=100 000 рад.

А.А. Кудряшовой предложено распределить по этому признаку микроорганизмы на следующие группы:

- радиочувствительные с летальной дозой – до 5 кГр;
- относительно радиостойчивые – до 10 кГр;
- мезорадиостойчивые – до 15 кГр;
- радиостойчивые – до 20 кГр;
- весьма радиостойчивые – более 20 кГр.

При одной и той же поглощенной дозе радиопоражаемость микроорганизмов одного и того же вида изменяется в зависимости от возраста клеток, состава среды, температуры, а также мощности дозы – дозы облучения в единицу времени.

Влияние мощности дозы γ -излучения радиоактивного ^{60}Co на микроорганизмы плодов и овощей (поглощенная доза 3 кГр), по данным А.А. Кудряшовой, показано в таблице 12.

Таблица 12 – Влияние мощности дозы радиоактивного излучения на жизнеспособность микроорганизмов, находящихся на поверхности плодов и овощей

Объекты	Мощность дозы*, Гр/с	Количество микроорганизмов на 1 г продукции**		
		мицелиальные грибы	дрожжи	бактерии
Груши несортные	0 (контроль)	15	$8,0 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^2$
	0,2	9	$1,3 \cdot 10^4$	60
	1,5	4	$8,6 \cdot 10^2$	32
Абрикосы сорта Краснощекий	0 (контроль)	$1,1 \cdot 10^2$	$6,3 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^2$
	0,2	76	$2,1 \cdot 10^2$	$3,4 \cdot 10^2$
	8,0	8	30	85
Земляника сорта Комсомолка	0 (контроль)	83	$2,4 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^3$
	0,05	71	$3,9 \cdot 10^4$	63
	2,4	8	$1,7 \cdot 10^3$	32
Малина сорта Новость Кузьмина	0 (контроль)	$3,7 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^4$
	0,05	$2,1 \cdot 10^2$	$9,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^2$
	2,4	49	$1,9 \cdot 10^2$	55
Перец сладкий сорта Болгарский	0 (контроль)	$3,4 \cdot 10^2$	$7,3 \cdot 10^5$	$6,9 \cdot 10^6$
	0,2	62	$2,6 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^2$
	1,5	11	$1,1 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$

*Мощность дозы выражается в греях в единицу времени (Гр/с, Гр/мин, и т.д.)

**Среднее из десятков определений.

По реакции на воздействие мощности дозы γ -излучения микроорганизмы подразделяются на: не реагирующие на изменение мощности дозы; эффективнее повреждающиеся при ее увеличении; эффективнее повреждающиеся при ее понижении.

При адекватных поглощенных дозах излучения многие анаэробные споровые бактерии, в том числе и *Clostridium botulinum*, не реагируют на изменение мощности дозы в пределах от сотых долей до десятков Гр/с. Аэробные спорообразующие бактерии сильнее повреждаются при снижении мощности дозы, а большинство неспорообразующих бактерий – при увеличении ее. При облучении мицелиальных грибов эффект усиливается с увеличением мощности дозы.

Установлено, что микроорганизмы способны восстанавливать лучевые повреждения. Темп и характер репарации определяются видовыми особенностями микроорганизмов, их

физиологическим состоянием, а также величиной поглощенной дозы и мощностью дозы γ -излучения.

В настоящее время диапазон использования ионизирующих излучений все расширяется. Так, их используют для задержки прорастания картофеля и овощей, дезинфекции зерна и зернопродуктов, сухофруктов; ускорения или замедления созревания плодов и в других целях.

В нашей стране и во многих других проведены и продолжают проводиться исследования возможности радиационной обработки пищевых продуктов в целях предотвращения их быстрой микробной порчи.

Наиболее приемлемы для этих целей γ -лучи, обладающие наибольшей проникающей способностью и не вызывающие при облучении появления в продукте «наведенной» радиации.

Источником излучения для радиационной обработки продуктов служат преимущественно радиоактивные изотопы ^{60}Co и ^{137}Cs .

При обработке пищевых продуктов радиобиологический эффект зависит от состава микрофлоры, ее численности, химического состава и агрегатного состояния продукта, поглощенной дозы и мощности дозы.

Применительно к радиационной обработке МАГАТЭ¹ предложены специальные термины: радисидация (4-6 кГр), радуризация (6-10 кГр) и радаппертизация (10-50 кГр).

Радисидация – это обработка пищевых продуктов в дозах, достаточных для гибели патогенных для человека микроорганизмов.

Радуризация – применяется для снижения численности микроорганизмов, вызывающих порчу и потери массы пищевых продуктов.

Радаппертизация осуществляется для промышленной стерилизации пищевых продуктов в условиях, исключающих повторное инфицирование микроорганизмами.

По решению Объединенного комитета экспертов, ряда Международных организаций (ФАО, МАГАТЭ, ВОЗ¹), в облученных пищевых продуктах не должно быть патогенных микроорганизмов и микробных токсинов, а также токсических веществ, которые могут образовываться в результате облучения.

Международными организациями утвержден перечень пищевых продуктов, которые разрешено подвергать радиационной обработке. В нашей стране в каждом отдельном случае разрешение выдают органы здравоохранения.

¹ МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии при ООН.

¹ ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения при ООН (World Health Organization, WHO), ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организации при ООН (Food and Agriculture Organization, FAO).

В необходимых случаях для повышения эффекта облучение можно сочетать с другими факторами воздействия (холодом, нагреванием, химическими консервантами и др.).

В нашей стране проведение в настоящее время радиационной обработки продуктов сдерживается отсутствием достаточного количества стационарных и передвижных установок, а также специалистов нужной квалификации, для управления этой новой технологией хранения пищевых продуктов. Кроме того, нельзя не принимать во внимание и определенную настороженность потребителя к облученным продуктам питания.

Радиоволны. Короткие электромагнитные волны длиной от 10 до 50 м и ультракороткие длиной от 10 м до миллиметров обладают стерилизующим эффектом. Это объясняется тем, что при прохождении коротких и ультракоротких волн через среду возникают переменные токи высокой (ВЧ) и сверхвысокой частоты (СВЧ). В электромагнитном поле электрическая энергия преобразуется в тепловую.

Характер нагревания в СВЧ-поле отличается от характера нагрева при обычных способах и обладает рядом преимуществ. Так, объект нагревается быстро и равномерно по всей массе. Например, воду в стакане можно довести до кипения в течение 2-3 с. Рыба (1 кг) варится до готовности в течение 2 мин, мясо (1 кг) – 2,5, курица – 6-8 мин. Нагрев может происходить избирательно, т.е. отдельные части облучаемого неоднородного объекта в зависимости от их электрофизических свойств нагреваются в разной степени.

Гибель микроорганизмов в СВЧ-поле наступает в результате теплового эффекта, но полностью механизм действия СВЧ-энергии на микроорганизмы пока не раскрыт и мало изучен. Некоторые исследователи считают, что существует специфическое воздействие электромагнитных волн. Установлено, что СВЧ-поля малой интенсивности, не вызывающей нагревания среды, влияют на некоторые физиологические и биохимические свойства микробных клеток. Имеются данные о гибели некоторых бактерий и дрожжей в СВЧ-поле при 35-40 °С (А.И. Педенко и др.).

Благодаря специфическим особенностям перспективно применение этого способа нагревания для пастеризации и стерилизации пищевых продуктов, в частности плодово-ягодных консервов. По сравнению с обычной паровой стерилизацией в автоклавах время нагревания СВЧ-энергией до одной и той же температуры сокращается во много раз, поэтому полнее сохраняются вкусовые и питательные свойства продукта, а эффект воздействия на его микрофлору практически одинаков. Так, уровень промышленной стерилизации фарша мясных продуктов при излучении от 2,5 до 5,0 кВт достигается а течение 1-2 мин при 140 °С. Термодеструкция термочувствительных компонентов минимальна – не выше 10% (Л.А. Сухарева, М.И. Губанова и др.). Остаточной микрофлоры – не более

чем в продукте, обработанном при той же температуре традиционным способом; в составе ее преобладают спороносные бактерии и микрококки.

Установлено, что СВЧ-энергия при воздействии на мясо и мясной фарш оказывает губительное действие на бактерии рода *Salmonella* и *Escherichia*. При номинальной мощности 410-540 Вт при разных режимах обработки эти микроорганизмы, а также их токсины, погибают через несколько минут (Редькин С.В.).

Сверхвысокочастотную электромагнитную обработку пищевых продуктов все шире применяют в пищевой промышленности и общественном питании (для варки, сушки, выпечки, при разогревании и др.)

Ультразвуковые колебания

Ультразвуковыми колебаниями называют механические колебания с частотами более 20 000 колебаний в секунду (20 кГц). Колебания такой частоты находятся за пределами слышимости человеческого уха. УЗ-волны могут распространяться в твердых, жидких и газообразных средах. Они обладают большой механической энергией и вызывают ряд физических, химических и биологических явлений. С помощью УЗ можно вызвать распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, инактивацию ферментов и токсинов, разрушить полностью или частично много- и одноклеточные организмы, в том числе микроорганизмы. Эффективность их действия зависит от природы организмов, интенсивности УЗ-энергии и частоты колебаний.

УЗ малой мощности ускоряет некоторые физиологические процессы, повышает ферментативную активность, вызывает механическое разделение скоплений клеток; при этом сарцины, стрептококки распадаются на отдельные жизнеспособные клетки. Бактерицидное действие ультразвука начинает проявляться при интенсивности 1,0-0,5 Вт/см² и частоте колебаний порядка десятков килогерц.

Различные микроорганизмы обладают неодинаковой чувствительностью к воздействию ультразвука. Бактерии более чувствительны, чем дрожжи, при этом кокковидные бактерии более стойки, чем палочковидные. Споры бактерий значительно выносливее вегетативных клеток. Дикае дрожжи более резистентны, чем культурные (рис. 49).

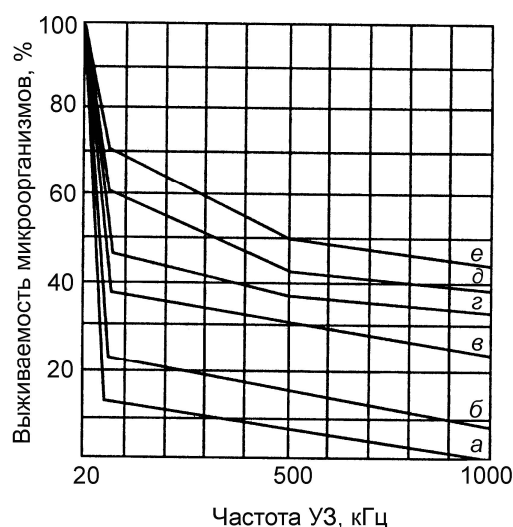


Рис. 49. Выживаемость (% к контролю) микроорганизмов при различных частотах воздействия ультразвука (по данным Г.П. Авакяна): *а* – *Sacch. ludwigii*; *б* – *Acetobacter aceti*; *в* – *Sacch. vini*; *г* – *Lactobacillus plantarum*; *д* – *Torulopsis utilis*; *е* – *Candida mycoderma*

Эффективность действия УЗ при одной и той же интенсивности и частоте колебаний зависит от продолжительности воздействия, химического состава облучаемой среды, ее вязкости, рН, температуры. Имеет значение и число бактерий в объекте, обрабатываемом УЗ; чем их больше, тем продолжительнее должно быть воздействие для получения стерилизующего эффекта.

Природа бактерицидного действия ультразвука в полной мере еще не раскрыта. Основной причиной является, по-видимому, *кавитационный¹ эффект*. При распространении УЗ-волн в жидкости происходит быстро чередующееся разрежение и сжатие частиц жидкости. При разрежении в среде образуются мельчайшие полые пространства – «пузырьки», заполняющиеся парами окружающей жидкости и газами. При сжатии, в момент захлопывания кавитационных «пузырьков», возникает мощная гидравлическая ударная волна, оказывающая разрушительное действие. Гибель микроорганизмов зависит, очевидно, не только от механического, но и от электрохимического действия УЗ-энергии. В водной среде происходят ионизация молекул воды и активация растворенного в ней кислорода. При этом образуются вещества, обладающие большой реакционной способностью, которые и обуславливают возникновение ряда химических процессов, неблагоприятно действующих на живые организмы.

¹ От англ. «cavity» – полость, впадина.

В настоящее время ведутся исследования по применению УЗ-энергии для стерилизации питьевой воды, пищевых продуктов (молока, фруктовых соков, вин), мойки и стерилизации стеклянной тары, трудно очищаемой обычными приемами.

Влияние аэроионов – действие смеси электролитов, отрицательно заряженных молекул кислорода воздуха.

Сотрудниками ТИПРО-центра Л.В. Шульгиной, М.М. Горшковой, Г.И. Загородной установлено, что обработка чистых тест-культур микроорганизмов бактерий группы кишечных палочек *Escherichia coli* М-17 и спорообразующих аэробных форм *Bacillus subtilis* аэронами дозой $60 \cdot 10^6$ ион/см³ в течение 16 мин и более обеспечивает бактерицидный эффект в отношении бактерий не образующих споры. С увеличением продолжительности обработки бактерицидное действие потока электронов возрастает.

Изучено влияние аэроионов на микробную обсемененность рыбы и полуфабрикатов на поверхности кожных покровов и в мышечной ткани при концентрации аэроионов $60,0 \cdot 10^6$ в течение 24 ч. Анализ полученных данных показал, что количество микроорганизмов на поверхности снизилось более чем в 10 раз, а внутри ткани – незначительно, т.е. аэроны подавляют рост только на поверхности и не обладают проникающей способностью.

В конце XX в. возник повышенный интерес к нетермическим способам пастеризации пищевых продуктов при помощи сверхвысокого гидростатического давления (D. Farr, J.C. Cheftel, C.E. Leadly и др.).

Нетермический способ пастеризации пищевых продуктов при помощи сверхвысокого давления – экологически безопасная технология, имеющая ряд преимуществ:

- ✓ возможность использования для широкого круга продуктов (мясо-, рыбо-, морепродукты, молочные продукты, овощи, фрукты и продукты их переработки, готовые к употреблению продукты и т. д.);

- ✓ исключение из рецептур продуктов питания консервантов и добавок, увеличивающих сроки хранения;

- ✓ увеличение сроков хранения продуктов в несколько раз с сохранением их органолептических свойств, структуры и пищевой ценности;

- ✓ уничтожение посторонней микрофлоры, в том числе патогенных микроорганизмов;

- ✓ малая энергоемкость и экологичность (Н.В. Скорокопудов, Н.И. Мячикова и др.).

Пороговая величина давления при обработке 300 МПа, ниже ее микробные клетки не погибают. Метод позволяет обезвредить мясо от *E. coli*, бактерий рода *Proteus*.

Обработка продуктов питания высоким давлением (100-800 МПа) при 20-80 °С с выдержкой до 30 мин успешно применяется для стерилизации продуктов питания в Европе, Северной Америке, Японии и т.д. (G. Tewari и др.).

Более эффективен циклический режим обработки давлением в 500 МПа, чем статистический при 700 МПа (Л.А. Сухарева, М.И. Губанова, Г.В. Семенов, Ю.М. Басин).

Биотические факторы

В естественных условиях обитания, в том числе и на пищевых продуктах, совместно развиваются различные микроорганизмы. В процессе эволюции возникли и сформировались различные типы взаимоотношений между микроорганизмами, адаптировавшимися к совместному существованию – *симбиозу*. Наблюдаются разные виды симбиоза, различающиеся по относительной выгоде, получаемой каждым из партнеров.

Мутуализм (взаимовыгодный симбиоз) – в этом случае сожительство благоприятно для обоих симбионтов, совместно они развиваются даже лучше, чем каждый в отдельности. Примером может служить совместное развитие молочно-кислых бактерий и дрожжей. Молочно-кислые бактерии, продуцируя молочную кислоту, создают условия, благоприятные для роста дрожжей, а продукты жизнедеятельности дрожжей (например, витамины) используются молочно-кислыми бактериями. Дрожжи, кроме того, потребляют кислоту, а снижение кислотности среды благоприятствует росту молочно-кислых бактерий. Симбиотические взаимоотношения этих микроорганизмов используются в процессе изготовления некоторых кисло-молочных продуктов (кефира, кумыса).

Синергизм – содружественное действие двух или нескольких видов, когда при совместном развитии усиливаются отдельные физиологические функции, например повышается синтез определенных веществ.

Метабиоз (комменсализм) – случай, когда один из симбионтов живет за счет продуктов жизнедеятельности другого, не причиняя ему вреда. Например, микроорганизмы, расщепляющие белки, создают среду для развития таких микроорганизмов, которые способны использовать только продукты распада белка.

Паразитизм – вид симбиоза, когда пользу получает только один из партнеров, принося вред, вплоть до гибели, своему сожителю. Паразитами являются возбудители инфекционных заболеваний людей и животных, бактерии рода *Bdellovibrio* (вибриопиявка), паразитирующие преимущественно на грамотрицательных бактериях.

Антагонизм – случай, когда один вид микробов угнетает или приостанавливает развитие другого, либо даже вызывает его гибель. Антагонистические взаимоотношения в мире микробов являются одним из важных факторов, обуславливающих состав микрофлоры природных субстратов. Во многих случаях антагонистические взаимоотношения определяются неблагоприятным воздействием продуктов жизнедеятельности одного вида на другой. Например, молочнокислые бактерии являются антагонистами гнилостных бактерий, так как продукт энергетического обмена первых – молочная кислота – тормозит развитие вторых. Антагонистические взаимоотношения между этими группами микроорганизмов используют при переработке ряда пищевых продуктов (при квашении овощей, изготовлении кисломолочных продуктов и др. – см. главу 7).

Идея использования антагонизма между молочнокислыми и гнилостными бактериями принадлежит И.И. Мечникову.

Антибиотики, фитонциды

Во многих случаях губительное действие микробов-антагонистов связано с выделением ими в среду специфических биологически активных химических веществ. Эти вещества названы *антибиотиками*. Микроорганизмы, выделяющие антибиотики, широко распространены в природе. Этой способностью обладают многие грибы, бактерии, особенно актиномицеты. Некоторые микроорганизмы образуют несколько антибиотиков.

Химическая природа антибиотиков разнообразна. Характерным свойством их является избирательное действие – каждый действует только на определенные микроорганизмы, т.е. характеризуется специфическим антимикробным «спектром» действия. Одни антибиотики активно действуют на грибы, другие – на бактерии.

Имеются антибиотики, действующие как на грибы, так и на бактерии, существуют и противовирусные антибиотики.

Активность антибиотиков очень высока, в десятки тысяч раз превышает активность сильнодействующих антисептиков. Поэтому антимикробное действие проявляется при чрезвычайно малых их концентрациях.

Механизм повреждения антибиотиками микробных клеток разнообразен и полностью пока еще не изучен.

Некоторые антибиотики нарушают генетический аппарат клетки и другие клеточные структуры; подавляют синтез белков, нуклеиновых кислот и веществ клеточной стенки. Многие инактивируют ферменты энергетического обмена и другие ферментные системы.

Эффективность действия антибиотиков может изменяться в зависимости от их концентрации, температуры, состава среды и других факторов.

Со временем микроорганизмы адаптируются к антибиотикам, в результате чего возникают нечувствительные (устойчивые) к ним формы.

Называют антибиотики обычно по родовому или видовому названию выделяющего их микроорганизма или по характеру действия. Например, пенициллин именуется по родовому названию его продуцента – гриба пеницилла *Penicillium*; антибиотик грамицидин назван так потому, что воздействует преимущественно на грамположительные бактерии.

В настоящее время известно и налажено промышленное производство многих антибиотиков.

Благодаря открытию и освоению промышленного производства антибиотиков медицина получила высокоэффективные средства борьбы со многими болезнями.

Используют антибиотики и в сельском хозяйстве для борьбы с возбудителями заболеваний растений. Применяют их также в качестве стимуляторов роста растений и животных. Добавление небольших количеств, например биомицина, в пищевой рацион молодняка птиц и домашних животных способствует ускорению их роста и снижению заболеваемости.

Многими исследователями показана эффективность применения антибиотиков для задержки микробной порчи скоропортящихся пищевых продуктов, особенно в сочетании с действием холода.

Установлено (Г.Б. Дуброва, А.М. Теплицкая, Ю.А. Равич-Щербо и др.), что сроки хранения свежей рыбы (трески, пикши, камбалы и др.), которую перед укладкой в лед кратковременно погружали в раствор биомицина (25 мг/л), или рыбы, сохраняемой во льду, содержащем биомицин, увеличиваются примерно на 5-10 дней.

К применению антибиотиков для консервирования пищевых продуктов органы здравоохранения в нашей стране относятся с большой осторожностью. Это объясняется следующим: возможностью при многократном поступлении с пищей даже ничтожно малых количеств антибиотиков появления в организме человека устойчивых форм болезнетворных микроорганизмов, что приводит к потере лечебного действия данного антибиотика. Кроме того возможно даже вытеснение антибиотиками полезных микроорганизмов из нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека. Не исключаются также аллергические явления, вызываемые антибиотиками.

В некоторых странах разрешено использование антибиотиков для обработки сырых продуктов (мясо, птица, рыба), которые затем сохраняются на холоде. Допустимое

содержание антибиотика в продукте строго регламентируется и, кроме того, требуется, чтобы в процессе обычной тепловой кулинарной обработки он полностью разрушался.

Для консервирования пищевых продуктов целесообразно иметь специальные, не применяемые в медицине антибиотики. Таким антибиотиком является вырабатываемый некоторыми молочнокислыми стрептококками *низин*. Он ингибирует рост многих стафилококков и стрептококков, задерживает прорастание спор анаэробных термостойких бактерий. Низин используют в консервной промышленности для снижения термостойкости бактериальных спор, что позволяет несколько уменьшить температуру и продолжительность стерилизации продуктов. Применяют низин также при приготовлении сгущенного молока, плавленых сыров, икры.

Для обработки плодов и овощей, закладываемых на длительное хранение, предложено (Р.А. Максимова и др.) использовать *трихотецин*. Этот антибиотик немедицинского назначения, вырабатываемый грибом *Trichothecium roseum*, обладает высоким противогрибковым действием и уже применяется в РФ для борьбы с болезнями овощных и плодовых культур при выращивании. В результате обработки моркови 0,1%-ной суспензией *трихотецина* потери массы корнеплодов при хранении в течение 7 мес. в производственных условиях были сокращены на 15-17%.

Антибиотические вещества вырабатываются не только микроорганизмами, но также растениями и животными.

Антибиотические вещества растительного происхождения были открыты Б.П. Токиным (1928 г.) и названы *фитонцидами* (греч. *фито* – растение). Б.П. Токин обнаружил, что летучие вещества, выделяемые многими растениями, а также их тканевые соки вызывают гибель инфузорий, бактерий, дрожжей, мицелиальных грибов.

Фитонциды широко распространены в мире растений. Они обнаружены в разных органах большинства культурных и дикорастущих растений. Фунгицидные и бактерицидные вещества содержатся в некоторых овощах (лук репчатый, редька, чеснок), в пряностях (гвоздике корице, в семенах горчицы, мускатного ореха и др.). Фитонциды играют немалую роль во взаимовлиянии растений в природных условиях, они являются одним из факторов естественной сопротивляемости растений поражению их микробами. Действие фитонцидов на микроорганизмы избирательно: сок того или иного растения губителен для одних микробов и безвреден для других.

Химическая природа фитонцидов разнообразна. Антимикробным действием обладают многие вещества, находящиеся в растениях: эфирные масла, алкалоиды, глюкозиды, антоцианы, дубильные вещества и многие другие, химическая природа которых еще не раскрыта.

Эфирные масла различных пряноароматических растений обладают неодинаковым антибактериальным действием: более активны в отношении кокковых форм микроорганизмов по сравнению с палочковидными и проявляют более сильное действие в отношении грамположительных бактерий, чем грамотрицательных (Н.Н. Толкунова, В.И. Криштафович).

Антимикробные вещества некоторых растений выделены в виде препаратов и используются в медицинской практике, а также в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями растений, стимуляции их роста, повышения урожайности. Ведутся исследования по применению фитонцидов (в виде препаратов или измельченной растительной массы) в практике хранения пищевых продуктов.

Перспективны в этом отношении вещества, выделенные (Л.Р. Щербаковским) из росянки (насекомоядное растение), по противомикробному действию в сотни раз превосходящие сорбиновую кислоту и ее соли.

В целях сокращения потерь массы плодов, овощей и продуктов их переработки перспективно применение аллилгорчичного масла, получаемого из семян горчицы. При концентрации 0,002% оно обладает консервирующим действием.

К эффективным фитонцидным консервантам относится *юглон* (5-окси-1,4-нафтахинон). Он содержится в плодах грецкого ореха, получают его и химическим путем. Производственное испытание консерванта, проведенное на широком ассортименте напитков, показало, что *юглон* в концентрации 0,5-0,7 мг/л не изменяет органолептические показатели напитков и значительно продлевает их биологическую стойкость.

Обработка препаратами из хвои ели и сосны, листьев лавра и эвкалипта, крапивы и тысячелистника позволяет сократить на 10-23% потери яблок и моркови вследствие микробных поражений (А.А. Кудряшова и др.).

При пересыпке в хранилище клубней картофеля измельченной растительной массой (полынью, коноплей, чешуями луковиц репчатого лука, хвоей пихты и др.) поражение клубней фомозом и сухой гнилью уменьшается на 5-14%.

Обработка томатов *аренарином* (выделен из бессмертника) снижает заболевание мокрой и вершинной гнилью (А.В. Красикова и др.).

В США, Японии разработаны антимикробные составы из вытяжек и эфирных масел разнообразных пряностей для обработки пищевых продуктов (мяса, птицы и др.).

В последние годы в нашей стране и за рубежом интенсивно ведется поиск новых растительных средств борьбы с микробной порчей пищевых продуктов. Дикорастущие растения – перспективное сырье для производства антимикробных препаратов.

Из антибиотических веществ животного происхождения известны следующие.

Лизоцим – белковое вещество, вырабатываемое различными тканями и органами животных и человека. Оно содержится в яичном белке, слезах, слюне, рыбной икре. Лизоцим не только убивает чувствительных к нему бактерий, но и растворяет их.

Эритрин – вещество, получаемое из красных кровяных шариков (эритроцитов) животных. Эритрин проявляет бактериостатическую активность в отношении стафилококков и стрептококков.

Экмолин – получен из тканей рыб. Активен в отношении бактерий, вызывающих кишечные заболевания.

Памалин – вещество, полученное из слюнных желез крупного рогатого скота. Препарат обладает бактерицидной и фунгицидной активностью.

Возможные пути регулирования жизнедеятельности микроорганизмов при хранении пищевых продуктов

Задача рационального использования и эффективного хранения пищевых ресурсов имеет большое социально-экономическое значение. При нарушении правил заготовки, транспортирования, хранения и реализации пищевых продуктов возникают их большие потери.

В практике хранения продуктов, на всех стадиях продвижения их от производства к потребителю, необходимо создавать условия, тормозящие развитие микроорганизмов. В настоящее время все шире изучают и используют способы воздействия на микроорганизмы.

При выборе способов воздействия на микроорганизмы учитывают их эффективность, совместимость с объектами, безвредность для человека, продукции и окружающей среды, приемлемость для промышленных условий, автоматизации и механизации технологических процессов.

Уже применяемые на практике и разрабатываемые приемы хранения продуктов с учетом схемы, предложенной Я.Я. Никитинским, можно подразделить на четыре группы.

1. Методы хранения, основанные на принципе *биоза* («биоз» – жизнь), направлены на поддержание жизненных процессов на более низком уровне, но с сохранением естественного иммунитета. На этом принципе основано хранение плодов и овощей в свежем виде, а также хранение живой рыбы.

2. Методы хранения, основанные на принципе *абиоза* («абиоз» –отсутствие жизни), направлены на уничтожение микробов в продукте. К ним относятся использование высоких температур (пастеризацию и стерилизацию), добавление антисептиков,

облучение различными формами лучистой энергии, применение антибиотиков, обработку ультразвуком, фильтрование жидкостей с помощью стерилизующих фильтров.

3. Методы хранения, основанные на принципе *анабиоза* («анабиоз» – подавление жизни), направлены на приостановление жизнедеятельности микробов в продуктах. Создают такие условия, при которых микроорганизмы могут сохраниться живыми, но не жизнедеятельными. Это использование низких температур (охлаждение и замораживание), удаление воды из продукта ниже предела, необходимого для развития микробов (сушка, вяление), добавление к продукту веществ (соли, сахара), создающих высокое осмотическое давление, повышение кислотности продукта путем добавления уксусной кислоты (маринование), создание анаэробных условий, предотвращающих развитие наиболее активных возбудителей порчи – аэробных микроорганизмов (хранение продуктов в газонепроницаемом упаковочном материале, вакуумной упаковке, атмосфере азота).

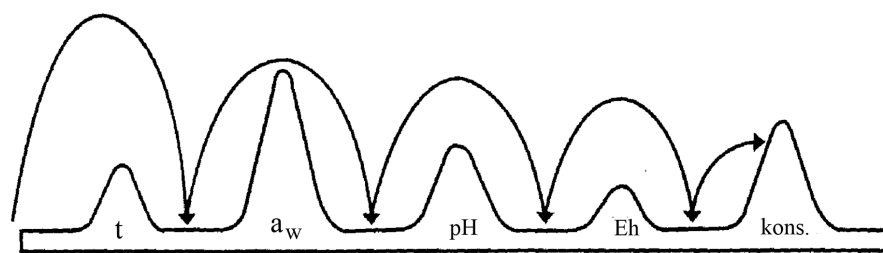
4. Методы хранения, основанные на принципе *ценоанабиоза*, направлены на использование антагонистических взаимоотношений между микроорганизмами, входящими в состав микрофлоры продукта. При этом вызывают развитие микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности хотя и изменяют свойства продукта, но не только не портят, а даже улучшают его пищевые и вкусовые достоинства. В то же время продукты жизнедеятельности этих микроорганизмов подавляют развитие микробов – возбудителей порчи. На этом принципе основано квашение овощей и плодов, производство кисломолочных продуктов.

Эффективность всех мероприятий, направленных на предупреждение порчи пищевых продуктов, во многом зависит от степени обсемененности продукта микроорганизмами и от соблюдения общих санитарно-гигиенических требований и выполнения установленного режима хранения, товарной обработки и переработки.

В настоящее время считается, что микробиологическая стойкость продуктов питания основывается на комбинации нескольких сохраняющих факторов, называемых барьерами, которые не могут преодолевать микроорганизмы.

Понятие барьерного эффекта впервые в 1978 г. ввел немецкий микробиолог Л. Ляйстер.

Барьерный эффект – это комплексное взаимодействие температуры (T), активности воды (a_w), кислотности среды (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh), консервантов ($kons.$).



Барьерный эффект позволяет создать барьерную технологию, обеспечивающую микробиологическую стойкость и безопасность пищевых продуктов посредством целенаправленной комбинации процессов.

Каждый пищевой продукт должен иметь несколько барьеров, обеспечивающих контроль нормированного техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹ числа микроорганизмов в этом продукте. Микроорганизмы, присутствующие в сырье, не должны преодолевать имеющиеся барьеры, иначе продукт испортится или вызовет пищевое отравление.

В пищевом продукте, проходящем шесть барьеров защиты – высокую температуру обработки (Т), низкую температуру хранения (t), действие активности воды (a_w), кислотности среды (pH), величину окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и наличие консервантов (kons.), которые микроорганизмы не могут преодолеть, обеспечивается микробиологическая стойкость и безопасность, т.к. все барьеры имеют одну и ту же высоту и одинаковую интенсивность. Однако это теоретический случай.

Поскольку микробиологическая стойкость основывается на барьерах разной интенсивности, в продуктах главными барьерами являются a_w и консерванты; менее значимыми барьерами являются температура хранения, pH и Eh.

Если с самого начала имеется немного микроорганизмов, тогда для обеспечения стойкости продукта достаточны барьеры низкого уровня или небольшое их количество, чему способствует также сверхчистая или асептическая упаковка скоропортящихся пищевых продуктов. Тот же результат можно получить, если первоначальная микробиологическая обсемененность мяса в тушах значительно подавляется, например, после обработки паром. В этом случае сохраняется только небольшое количество микроорганизмов, которое гораздо легче подавить.

Если же вследствие плохих гигиенических условий на начальном этапе присутствует слишком много нежелательных микроорганизмов, даже обычные барьеры в этом продукте не смогут предотвратить снижение качества или пищевые отравления.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

В пищевом продукте богатыми питательными веществами и витаминами, способствующими росту микроорганизмов барьеры должны быть усилены, в противном случае они могут быть преодолены.

Если при производстве соблюдается последовательность применения барьеров, например в ферментированных колбасах: консервант, Ен, коптильный препарат, рН, a_w , то в результате будет получен стойкий в хранении продукт.

В последние годы введены такие понятия в микробиологических процессах как гомеостаз, метаболическое истощение и стрессовые реакции микроорганизмов.

Гомеостаз – это тенденция к единообразию и стабильности во внутреннем состоянии (внутреннем окружении) микроорганизмов.

В пищевой микробиологии гомеостаз – ключевое явление, которое заслуживает большого внимания. Если гомеостаз этих микроорганизмов, т.е. их внутренне равновесие, нарушается благодаря использованию барьеров, они не размножаются, т.е. остаются в лаг-фазе или даже погибают, прежде чем восстановится их гомеостаз. Таким образом, сохранение пищевых продуктов достигается за счет нарушения гомеостаза микроорганизмов.

Возможен также синергический эффект барьеров, который можно отнести к многоцелевому нарушению гомеостаза в пищевых продуктах.

Другим значимым явлением является «*метаболическое истощение*», которое может привести к «самостерилизации» пищевых продуктов. Так, бактериальные споры, которые выживают при тепловой обработке продуктов, могут прорасти в них в менее благоприятных условиях, по сравнению с условиями, в которых могут размножиться вегетативные клетки. Поэтому число спор в продуктах стабилизированных с помощью барьерной технологии, при хранении фактически снижается, особенно в неохлажденных пищевых продуктах.

Это можно объяснить тем, что вегетативные микроорганизмы, которые не могут расти погибают. Они погибнут быстрее, если стойкость продукта близка к пороговой для их роста, температура хранения повышена, присутствуют антимикробные вещества и организмы смертельно повреждены, например, теплом.

Ограничивающим фактором для успешного применения барьерной технологии могут быть *стрессовые* реакции микроорганизмов, т.к. некоторые бактерии становятся более стойкими (например, к теплу) в условиях стресса, поскольку они синтезируют белки, устойчивые к стрессу. Синтез защитных белков, устойчивых к стрессу, происходит под действием тепла, рН, a_w , спирта и т.д., а также голодания. Эти реакции

микроорганизмов в условиях стресса могут снизить качество пищевых продуктов и осложнить применение барьерной технологии.

При правильном регулировании барьеры в пищевых продуктах могут находиться в оптимальном диапазоне с точки зрения безопасности, а следовательно и общего качества пищевого продукта.

Основы генетики микроорганизмов

Генетика – наука о наследственности и изменчивости, которая изучает механизмы передачи наследственных признаков от материнской клетки к дочерней из поколения в поколение.

Носителями генетической информации являются нуклеиновые кислоты – ДНК (в основном) и РНК. ДНК у прокариотов локализуется в нуклеоиде, а у эукариотов – в ядре. Нуклеоид бактерий называется хромосомой. Кроме хромосом, в некоторых бактериальных клетках содержатся внехромосомные генетические структуры – *эпиосомы* или *плазмиды*. Это тоже молекулы ДНК. Вдоль хромосомы в линейном порядке располагаются неоднородные генетические участки – гены. Каждый ген контролирует развитие определенных свойств организма. Совокупность генов, которыми обладает организм, составляет *генотип*, т.е. наследственные признаки, полученные им от материнской клетки. Сумма признаков, которые имеет генотип, реализованных в конкретных условиях, составляет его *фенотип*. В зависимости от условий организмы одного генотипа могут образовывать особи с разными фенотипами.

Сохранение определенных свойств организма на протяжении ряда поколений называется *наследственностью*. Под влиянием экологических факторов наследственные признаки могут изменяться. Различают фенотипическую и генотипическую изменчивость.

Генотип микроорганизмов передается по наследству. Однако он подвержен изменениям в связи с тем, что генетическая информация, закодированная в ДНК, не стабильна и образуется в результате структурных изменений генов, приводящих к появлению нового признака. Это так называемая генотипическая изменчивость. Один из видов генотипической изменчивости – *мутация* микроорганизмов – внезапные, случайные изменения наследственных признаков у микроорганизмов; если они стойки, необратимы, то передаются по наследству. Особенно часто получение стойких мутаций микроорганизмов возможно при воздействии лучистой энергии (рентгеновскими, ультрафиолетовыми лучами), некоторых химических веществ (азотистой кислотой и др.). Такие факторы называются мутагенными.

Кроме мутаций к изменению наследственности приводят *рекомбинации* – изменение комбинации генов. Рекомбинации представляют собой процесс обмена фрагмента ДНК донорской клетки (клетки, передающей свойственный ей признак) с подобным фрагментом ДНК клетки-реципиента (клетки, воспринимающей новое для нее свойство). Рекомбинации осуществляются путем трансформации, конъюгации, трансдукции и фаговой конверсии.

Трансформация – перестройка генотипа клетки-реципиента под влиянием поглощенной из среды свободной ДНК. Выделенной из бактерии донора. Ее источником могут быть свежееубитые микроорганизмы.

Конъюгация (спаривание) – передача генетического материала от донорской к реципиентной клетке путем их непосредственного контакта через цитоплазматический мостик.

Трансдукция – перенос генетического материала из одной клетки в другую бактериофагом.

Фаговая конверсия – это изменение свойств клетки (фенотипа), обусловленное заражением клетки фагом.

При *фенотипической изменчивости* бактерии, образовавшиеся из одной материнской клетки, могут различаться между собой по ферментативной активности, морфологическим признакам, потребности в источниках питания. Фенотип не наследуется. Фенотипические изменения не затрагивают генотипа и могут носить временный характер. К фенотипической изменчивости относятся:

- физиологическая адаптация – изменение, связанное с приспособлением микроорганизмов к развитию в новых условиях жизни;
- диссоциация – культурная изменчивость, когда, например, из засеянной на плотную питательную среду чистой культуры вырастают резко отличающиеся по морфологической структуре колонии (тип S – гладкие, тип R – шероховатые, тип M – слизистые);
- модификация – обратимые изменения, легко исчезающие при устранении условий, их вызывавших.

Процессы развития изменчивости микроорганизмов хотя и подчиняются общим биологическим законам, происходят гораздо быстрее, чем у растений и животных. Одной из задач генетики является улучшение полезных свойств уже применяющихся производственных рас микроорганизмов и выведение новых рас с ценными свойствами. Так, с помощью мутагенных факторов были получены грибы рода *Penicillium*, продуцирующие в промышленных условиях много пенициллина. Адаптация стала одним

из методов селекции микроорганизмов для производственных целей, например адаптация дрожжей к повышенному содержанию спирта.

В Японии применяют протеазы из морской бактерии *Pseudomonas sp.* в процессе изготовления очень соленого ферментированного рыбного соуса. Из морских бактерий получают эйкозапентаеновую кислоту – самый ценный компонент рыбьего жира. Белок, полученный из холодоустойчивых бактерий, используется для получения снега (снегопада). Подобные «антифризные» белки могут быть использованы в производстве мороженого и подобных продуктов, а гены, кодирующие их, – для создания трансгенных организмов.

В 1983 г. в продажу поступил человеческий инсулин (под коммерческим названием «хемулин») выработанный кишечными палочками, несущим в себе искусственно встроенную генетическую информацию об этом гормоне, который необходим для больных диабетом.

В нашей стране первые работы с рекомбинантными молекулами ДНК были начаты в 1974 г. в Институте молекулярной биологии Российской академии наук, Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина Российской академии наук, Государственном научно-исследовательском институте генетики и селекции промышленных микроорганизмов, а также в Институте биоорганической химии имени М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук. Специалистами этих институтов были созданы бактериальные штаммы-продуценты гормона роста человека и сельскохозяйственных животных, проинсулина человека и многих других веществ.

ГЛАВА 5. ПАТОГЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ И ПИЩЕВЫЕ (АЛИМЕНТАРНЫЕ) ЗАБОЛЕВАНИЯ ВЫЗЫВАЕМЫЕ ИМИ

На пищевых продуктах встречаются самые разнообразные микроорганизмы. Одни из них вызывают порчу продуктов, другие могут оказаться причиной тяжелых заболеваний. Учение о болезнетворных микробах, инфекции и иммунитете лежит в основе профилактики пищевых заболеваний и комплексной оценки качества пищевых продуктов.

Патогенные микроорганизмы

В процессе эволюции многие виды микробов приспособиливаются к существованию за счет веществ макроорганизма, причиняя ему вред. Такие микробы называют *патогенными*. Одни из них являются облигатными паразитами, другие – факультативными. Последние могут существовать как сапрофиты, но в определенных условиях способны вызывать заболевания, поэтому их называют *условно-патогенными*. К условно-патогенным микроорганизмам относятся: *E. coli*, *S. aureus*, бактерии рода *Proteus*, *B. cereus* и сульфитредуцирующие клостридии, *Vibrio parahaemolyticus*.

Патогенность является видовым свойством и передается по наследству. Однако в пределах вида патогенность отдельных штаммов может колебаться. Для характеристики степени патогенности микробов предложен термин *вирулентность* (от лат. *virulentus* – ядовитый). Вирулентность микробов не постоянное свойство и может изменяться в различных естественных и экспериментальных условиях. Путем неблагоприятного для жизнедеятельности патогенного микроорганизма воздействия физических, химических и биологических факторов можно добиться ослабления его вирулентности.

Патогенные микробы отличаются способностью проникать в макроорганизм, распространяться и размножаться в нем, преодолевать его защитные приспособления, вырабатывать особые ядовитые вещества – *токсины*, многие из которых по активности превосходят наиболее известные химические яды.

Различают две группы микробных токсинов: экзотоксины и эндотоксины.

Экзотоксины микроорганизмы выделяют в среду при жизни. Это высокоядовитые белки, проявляющие активность в минимальных концентрациях. Действие экзотоксинов – избирательное, направлено на определенные органы и ткани, сопровождается проявлением характерных внешних признаков болезни. Экзотоксины легко разрушаются при температуре свыше 70 °С. Исключение составляют ботулинический и

стафилококковой экзотоксины, выдерживающие кипячение в течение определенного времени.

Эндотоксины при жизни микроорганизма не выделяются в окружающую среду и освобождаются только после разрушения клетки. Они состоят из липополисахаридов, связанных с белком. Эндотоксины менее ядовиты, чем экзотоксины, и вызывают общую интоксикацию организма, поэтому воздействие эндотоксинов разных микробов проявляется сходными симптомами. Эндотоксины обладают высокой термостойкостью, многие из них выдерживают не только продолжительное кипячение, но и обработку в автоклаве.

Инфекция, источники и механизмы передачи возбудителей

Инфекция (от лат. *infectio* – заражение) – совокупность биологических процессов, возникающих в организме человека (или животного) при внедрении и размножении в нем болезнетворных микробов.

Источником (резервуаром) возбудителей инфекционных заболеваний являются больные люди и животные, а также бактерионосители, выделяющие патогенные микробы во внешнюю среду.

Люди становятся бактерионосителями обычно после перенесенного инфекционного заболевания или при контакте с больными. Бактерионосительство может быть кратковременным – до нескольких недель (холерный вибрион) и длительным – до десятков лет (возбудитель брюшного тифа). Большую роль в распространении инфекционных заболеваний играют живые переносчики, например некоторые насекомые.

Для возникновения инфекционного процесса имеют значение количество патогенных микробов, их активность, способ заражения и место внедрения возбудителя («входные ворота инфекции»), обеспечивающие контакт возбудителя с чувствительными клетками.

Различают алиментарный (от лат. *alimentum* – пища) механизм передачи – при локализации возбудителя в кишечнике (брюшной тиф, дизентерия и др.); воздушно-капельный и воздушно-пылевой (грипп и пр.); контактный – проникновение возбудителя через кожу и слизистые оболочки (сифилис, грибковые поражения) и др.

Возникновение и течение инфекции в значительной степени зависят от состояния макроорганизма, в который проникли патогенные микробы, его возраста, пола, физиологического состояния, обмена веществ. Большое влияние на сопротивляемость организма инфекции оказывают характер питания, санитарно-гигиенические условия

труда и быта, климатические и сезонные факторы, сопутствующие заболевания и др. Решающую роль играет иммунная система человека.

Проявления инфекции могут быть различными. Наряду с выраженными типичными инфекционными заболеваниями встречаются стертые и даже скрытые формы. Инфекционные заболевания заразны, имеют тенденцию к распространению. С момента заражения и до появления первых признаков болезни проходит определенный промежуток времени, называемый *инкубационным*, или *скрытым периодом*. За это время микробы размножаются в организме, накапливаются их токсические вещества. Продолжительность инкубационного периода при разных болезнях различна и исчисляется для большинства сроков от нескольких дней до нескольких недель. Для каждого инфекционного заболевания характерны определенные симптомы (клинические признаки).

Понятие об иммунитете. Первоначально понятие «иммунитет» (от лат. *immunitas* – освобождение или избавление от чего-либо) означало невосприимчивость организма к патогенным микробам. В настоящее время иммунитет рассматривается как биологический защитный механизм, направленный на распространение генетически чужеродных молекул и поддержание постоянства внутренней среды организма. Таким образом, иммунитет – защита не только от патогенных микробов и их токсинов, но также от любых чужеродных белков, соединений, тканей и даже собственных мутировавших клеток.

Иммунитет может быть *наследственным* и *индивидуально приобретенным*.

Факторами защиты наследственного иммунитета являются кожа и слизистые оболочки (полости рта, носа, кишечника и др.), которые служат как бы барьером: они не только механически задерживают микробы, препятствуя их проникновению в ткани и органы, но и выделяют различные антимикробные вещества. Так, слизистая оболочка желудка секретирует соляную кислоту, в которой инактивируются многие микроорганизмы. В выделениях потовых и сальных желез находятся вещества, угнетающие многие виды патогенных бактерий. Бактерицидность кожи зависит от ее чистоты и находится в прямой зависимости от физиологического состояния организма. Мощным естественным барьером являются лимфатические узлы, в которых задерживаются и обезвреживаются многие микробы. В жидкостях организма (слезы, молоко, сыворотка крови и др.) содержатся различные бактерицидные вещества (лизоцим и др.)

Важнейшей клеточной защитной реакцией организма является *фагоцитоз*, открытый и изученный И.И. Мечниковым. Суть явления состоит в том, что определенные

клетки, называемые И.И. Мечниковым *фагоцитами*, способны захватить и переваривать микробы. Фагоцитарными свойствами обладают клетки крови, печени, селезенки и других органов. Активность фагоцитоза зависит от вида микроба. Патогенные микроорганизмы обладают антифагоцитарными свойствами (образуют капсулы, антифагины и др.). Немалую роль в защите микроорганизма играет нормальная микрофлора его тела, проявляющая антагонистические и антибиотические свойства по отношению к патогенным микробам.

Существует также *видовой иммунитет* (врожденная невосприимчивость), направленный против определенных паразитов. Так, человек невосприимчив к некоторым заболеваниям животных (например, к чуме рогового скота), а животные устойчивы к возбудителям ряда инфекционных болезней людей.

Особое место в защите организма человека и высших позвоночных животных занимает *приобретенный иммунитет*, обусловленный *иммунной системой организма*. Иммунная система состоит из центральных и периферических органов (вилочковая железа – тимус, костный мозг, лимфатические узлы, кровь и др.). Основными клетками иммунной системы являются лимфоциты, циркулирующие по всему организму. Лимфоциты регулируют силу иммунного ответа, взаимодействуют с фагоцитами и антигенами.

На внедрении в организм патогенных микробов, их токсинов, различных чужеродных веществ иммунная система реагирует образованием специфических белков – *антител*. Все высокомолекулярные вещества, способные вызывать образование антител, принято называть *антигенами*. Микроорганизмы содержат много различных антигенов. Одни из них связаны со жгутиками или оболочкой клетки. Токсины тоже обладают антигенными свойствами.

Реакция между антигеном и антителом высоко чувствительна и имеет специфический характер, т.е. определенные антитела могут реагировать только с теми антигенами, в ответ на введение которых они были выработаны организмом.

В результате взаимодействия с антителами живые микроорганизмы разрушаются (лизуются), склеиваются (агглютинируются), токсины обезвреживаются. Комплексы антиген-антитело выводятся из организма или захватываются и перевариваются фагоцитами.

Приобретенный иммунитет возникает естественным путем в результате перенесенного заболевания (активный) или при передаче ребенку материнских антител в период внутриутробного развития (пассивный). Существуют также способы создания искусственно приобретенного иммунитета – путем вакцинации (активный) или введения

готовых антител (пассивный).

Вакцинацию (искусственную иммунизацию) проводят путем введения *вакцин* – препаратов из живых микробов с ослабленной вирулентностью, убитых микробных клеток, полных антигенных комплексов (химические вакцины), а также анатоксинов – обезвреженных экзотоксинов.

Препараты, содержащие антитела, – *иммунные сыворотки* и очищенные фракции сывороточных белков (иммуноглобулины) готовят из крови иммунизированных доноров и лабораторных животных. Эти препараты применяют с лечебной целью, для профилактики некоторых инфекционных заболеваний и для исследований.

Для определения вида микробов, выявления патогенных микроорганизмов и их токсинов в пищевых продуктах, диагностики инфекционных заболеваний, в криминологических исследованиях (выявления фальсификации пищевых продуктов, определение видовой принадлежности кровавого пятна и т.п.) в лабораторной практике широко используют наборы стандартных антигенов и иммунных сывороток

Заболевания, передающиеся через пищевые продукты

Заболевания, причиной которых служит пища, инфицированная патогенными или условно-патогенными микроорганизмами, называют *алиментарными* (пищевыми). Пищевые заболевания в зависимости от их специфических особенностей обычно подразделяют на две группы: *пищевые инфекции* и *пищевые отравления*. Сравнительная характеристика пищевых заболеваний приведена в таблице 13. Эти микроорганизмы попадают на продукты разными путями. Они могут быть занесены руками персонала, обрабатывающего или отпускающего пищевые продукты, воздушно-капельным или воздушно-пылевым путем, с загрязненной водой, льдом, тарой и упаковочными материалами. Некоторые продукты (мясо, молоко и др.) представляют опасность, если они получены от больного животного. Патогенные микробы также распространяются насекомыми и домашними животными.

Таблица 13 – Сравнительная характеристика пищевых заболеваний

Пищевые инфекции	Пищевые отравления
1. Заразные заболевания	1. Незаразные заболевания
2. Распространяются не только через пищу, но также через воду, воздух, контактно-бытовым путем и др.	2. Возникают только при употреблении инфицированной пищи
3. Большинство возбудителей в пищевых	3. Возбудители интенсивно размножаются в

продуктах не размножается, но длительное время сохраняется жизнеспособность и вирулентность	пищевых продуктах и образуют токсины
4.Заражающая доза микробов может быть невелика	4.Заболевание возникает при значительной концентрации микробов в продукте
5.Инкубационный период довольно продолжительный, характерный для каждого заболевания: от нескольких дней до нескольких недель и более	5.Инкубационный период короткий, обычно несколько часов

Пищевые инфекции

Для возникновения пищевых инфекций достаточно содержания в пище относительно небольшого числа живых клеток возбудителя. Пищевые продукты служат чаще лишь передатчиками патогенных микроорганизмов, которые в них обычно не размножаются, но длительное время сохраняют свою жизнеспособность и вирулентность. Источником заражения продуктов питания – возбудителями пищевых инфекций – являются люди (больные, бактерионосители) и животные. Пищевые инфекции заразны и могут принимать характер эпидемии.

Наибольшую опасность представляют так называемые *кишечные инфекции*: холера, брюшной тиф, паратифы, дизентерия. Их объединяют: источник заражения – человек, способ заражения – через рот, пути распространения – инфицирование пищи, воды, посуды и др.

Холера – древнейшая, особо опасная инфекция. Возбудитель – холерный вибрион (*Vibrio cholerae*), подвижный, не образует спор и капсул, грамотрицательный. Холерный вибрион – факультативный анаэроб, растет только в щелочной или нейтральной среде при 14-42 °С (оптимум составляет 25-37 °С). Погибает при нагревании до 80 °С через 5 мин, при 100 °С – мгновенно. Чувствителен к действию УФО, кислот, высушиванию. Хорошо сохраняется при низких температурах. На пищевых продуктах остается жизнеспособным до 10-15 сут, в почве – до 2 мес., в воде – несколько суток. Холерный вибрион продуцирует экзотоксин (холероген), эндотоксин и множество ферментов патогенности. Инкубационный период от нескольких часов до 2-3 сут. Степень тяжести заболевания различна; бывают тяжелые формы инфекции с высокой летальностью.

Возбудители брюшного тифа, паратифов и дизентерии входят в семейство кишечных бактерий *Enterobacteriaceae*. Они имеют много общих признаков. Все палочки грамотрицательны, не образуют спор, факультативные анаэробы, растут при 15-41 °С (оптимум составляет 37 °С). При кипячении и при обработке дезинфицирующими средствами они погибают через несколько секунд. Различаются биохимической

активностью, антигенным составом и вызываемыми заболеваниями. Источником и «резервуаром» инфекции служит человек (больной или носитель).

Брюшной тиф и паратифы – возбудители относятся к роду *Salmonella*. Бактериальные клетки содержат сильнодействующий стабильный эндотоксин. В природе (воде, почве), на пищевых продуктах сохраняются длительное время, например на сливочном масле, сыре, сале, на овощах, фруктах – до нескольких недель. Инкубационный период длится 10-14 дней. Заболевание характеризуется воспалением и изъязвлением тонкого кишечника, при попадании патогена в кровь происходит интоксикация всего организма. Перенесенное заболевание нередко приводит к длительному бактерионосительству.

Бактериальная дизентерия вызывается рядом биологически близких бактерий, объединенных в род *Shigella*. Наиболее распространенными возбудителями являются виды Зонне и Флекснер. Отличительные особенности шигелл – неподвижность, наличие микроворсинок, способность проникать в клетки толстого кишечника и размножаться в них, вызывая язвенное воспаление. Шигеллы содержат сложный эндотоксин. Инкубационный период продолжается от 2 до 7 дней. В пищевых продуктах, на посуде сохраняются до 10-20 дней. Палочки Зонне способны размножаться при повышенной температуре в пищевых продуктах, особенно в молочных (сметана, творог, крем). При употреблении в пищу таких продуктов, содержащих большое количество бактерий, заболевание протекает нетипично, как пищевое отравление типа токсикоинфекции.

Вирусный гепатит А (болезнь Боткина) – одна из наиболее распространенных пищевых инфекций. Возбудитель – мелкий, РНК-содержащий вирус. Вирус выдерживает нагревание до 60 °С в течение почти 2 с, длительно сохраняется на холоде. Источник заражения – человек (больной или вирусоноситель). Вирусным гепатитом А заражаются в основном через пищевые продукты и воду. Переносчиками могут быть мухи. Инкубационный период 3-6 недель. Вирус поражает печень, циркулирует в крови. Выделяется с испражнениями.

В профилактике бактериальных кишечных инфекций и гепатита А особое значение имеет соблюдение работниками торговых и пищевых предприятий правил личной и производственной гигиены.

К *пищевым инфекциям, передающимся человеку от животного* (больного или бактерионосителя), относятся бруцеллез, туберкулез, сибирская язва, ящур, медленные вирусные инфекции. Их называют *зоонозами*.

Бруцеллез – заболевание, которое поражает крупный и мелкий рогатый скот, свиней, крыс, и других животных. Возбудители – бруцеллы – мелкие кокковидные бактерии,

неподвижные, грамтрицательные, не образуют спор, аэробы. Содержат эндотоксин. Крайние границы роста 6-45 °С, оптимум составляет 37 °С. При нагревании до 60-65 °С погибают через 20-30 мин, при кипячении – через несколько секунд.

Бруцеллы характеризуются большой устойчивостью и жизнеспособностью. В пищевых продуктах – масле, брынзе, замороженном мясе, сыре – они сохраняются в течение нескольких месяцев.

Люди заражаются бруцеллезом алиментарным путем – через молоко и молочные продукты, а также при контакте с животными и разделке туш. Для человека наиболее опасен возбудитель бруцеллеза овец и коз. Инкубационный период- 1-3 недели и более. Заболевание протекает тяжело, с поражением опорно-двигательного аппарата, печени, селезенки, нервной и половой систем и нередко принимает хроническую форму. Молоко из зараженных хозяйств пастеризуют при повышенной температуре (70°С) в течение 30 мин; кипятят 5 мин или стерилизуют. Мясо подвергают длительному провариванию небольшими кусками или направляют на переработку в консервное производство.

Туберкулез вызывают микобактерии рода *Mycobacterium*, относящиеся к актиномицетам. Форма клеток изменчива: палочки прямые, изогнутые и ветвистые. Они аэробы, неподвижны, спор не образуют, но благодаря высокому содержанию миколовой кислоты и липидов, устойчивы к воздействию кислот, щелочей, спирта, нагреванию и высушиванию. В воде, замороженном мясе сохраняются до года, в сыре – 2 мес., в масле – до 3 мес. Микобактерии чувствительны к солнечному свету, УФО, высокой температуре: при 70 °С они погибают через 10 мин, при 100 °С – через 10 с. Существует несколько видов возбудителей, из них для человека опасны три: человеческий, бычий и птичий. Туберкулез отличается от других инфекций и инкубационным периодом – от нескольких недель до нескольких лет – и продолжительностью заболевания. Микобактерии содержат ряд токсичных веществ, освобождающихся при распаде их клеток.

Возбудители проникают в макроорганизмы контактным и алиментарным путями. С целью профилактики пищевых заболеваний не разрешено использовать в пищу молоко от больных животных. Куриные яйца из зараженных хозяйств используют в кондитерском производстве при условии высокой температурной обработки. Мясо в зависимости от степени поражения проваривают несколько часов, перерабатывают в консервы или подвергают технической утилизации.

Сибирская язва относится к числу особо опасных инфекций. Возбудитель *Bacillus anthracis* – крупная, неподвижная споровая палочка; клетки часто располагаются цепочкой, аэроб. Вегетативные формы погибают при 75 °С через 2-3 мин. Споры термоустойчивы – выдерживают кипячение в течение более часа и даже

автоклавирование до 10 мин; десятки и сотни лет сохраняются в почве. Возбудитель образует сложный экзотоксин.

Сибирской язвой болеют почти все виды домашних животных, поглощая с кормом споры возбудителя. Люди заражаются при прямом контакте с больным животным, через инфицированное кожевенное и меховое сырье, предметы и изделия из него. Сибирская язва у человека может протекать в трех формах: кишечной, легочной и кожной. В России благодаря систематическим профилактическим мероприятиям ветеринарной и медицинских служб случаи заболевания встречаются редко.

Ящур – острозаразная болезнь крупного рогатого скота, овец, коз, свиней. Возбудитель – мелкий, РНК-содержащий вирус. Вирус ящура сохраняется в масле до 25 дней, в мороженом мясе – до 145 дней; чувствителен к нагреванию (70 °С выдерживает 15 мин, при 100 °С погибает моментально), формалину и щелочам. Человек может заразиться через молоко, мясо, а также при контакте с больными животными и предметами ухода за ними. Инкубационный период – от 2 до 18 дней. Вирус проникает в кровь. Заболевание сопровождается появлением на слизистой ротовой полости пузырьков, которые затем лопаются и превращаются в болезненные язвы.

Мясо от больных или подозрительных на заболевание ящуром животных подвергают длительному провариванию и используют для приготовления колбас, консервов. Молоко подвергают тепловой обработке при 80 °С в течение 30 мин или кипятят 5 мин и реализуют в хозяйстве.

Медленные вирусные инфекции. К таким инфекциям относятся аденоматоз, Висна-Маеди и скрепи овец, а также губкообразная энцефалопатия крупного рогатого скота, а у людей – болезнь куру, Крейтцфельтда-Якоба и др. Это особая группа инфекционных болезней, вызванных вирусами (аденоматоз, Висна-Маеди) или возбудителем белковой природы, не содержащим нуклеиновых кислот, – прионом (скрепи, губкообразная энцефалопатия крупного рогатого скота).

В настоящее время эти болезни широко распространены во многих странах, в т.ч. и в России. Гибель животных при этих заболеваниях может достигать от 30 до 80%.

Люди заболевали болезнью Крейтцфельтда-Якоба в результате поражения кожи и слизистой оболочки глаз при обработке туш больных овец и коз или при употреблении в пищу их мяса. Потребление молока от больных скрепи овец вызывает также заболевание у человека. Природа скрепи окончательно не выяснена, существует несколько гипотез, по одной из которых это вирус, но с необычными свойствами, по другой – это новый тип инфекционного агента, состоящий только из белка, получивший термин «прион». Прион устойчив к физическим и химическим факторам: он переносит кипячение в течение 30

мин, устойчив к действию ультразвука, УФО, ионизирующей радиации, а также формалину, 2% фенолу. Патогенность его не изменяется в пределах рН 2-10 (Г.И. Браги). При скрепи происходит вакуолизация и образование губчатости мозгового вещества.

Прижизненная диагностика медленных вирусных инфекций затруднена. При подозрении и подтверждении диагноза на эти заболевания, все продукты убоя (туша, внутренности, шкура) уничтожаются и проводится дезинфекция согласно инструкции по борьбе с особо опасными инфекциями.

Пищевые отравления

По природе пищевые отравления могут быть микробными и немикробными. Микробные пищевые отравления возникают при размножении микроорганизмов и накоплении токсинов в пищевых продуктах в результате нарушения санитарных и технологических правил их изготовления, хранения и реализации. Пищевые отравления обычно незаразны. Они характеризуются острым течением и проявляются вскоре после употребления зараженной пищи, внешне, как правило, вполне доброкачественной.

Пищевые отравления микробного происхождения условно подразделяются на пищевые токсикоинфекции и пищевые интоксикации.

Пищевые токсикоинфекции возникают только при наличии в пище значительного количества живых токсигенных микробов и их токсинов.

Пищевые интоксикации (токсикозы) возникают при употреблении продуктов, содержащих микробные токсины. При этом живых токсинообразующих микроорганизмов может уже не быть.

Пищевые токсикоинфекции

Для возникновения бактериальных пищевых токсикоинфекций необходимы два условия: размножение возбудителя в пищевом продукте до больших количеств и накопление токсических веществ. Эндотоксины освобождаются в результате естественного отмирания возбудителей при хранении пищи, а также при их массовой гибели в кишечном тракте человека. Всасываясь в кишечнике, токсины вызывают отравление. Пищевые токсикоинфекции протекают как острые кишечные заболевания; инкубационный период обычно составляет несколько часов.

Сальмонеллы. Они занимают ведущее место среди пищевых токсикоинфекции. Возбудители – бактерии семейства *Enterobacteriaceae* рода *Salmonella*. Первое место среди сальмонелл (23-70% всех случаев; В.А. Килессо) занимает *S. typhimurium* (палочка

мышинного тифа). Сальмонеллы – короткие, подвижные, грамотрицательные палочки, не образующие спор, факультативные анаэробы. Оптимум роста составляет 37 °С, но хорошо растут и при 18-20 °С. При температуре ниже 4-6 °С они, как правило, не растут. Сохраняются при температуре от минус 10 до минус 20 °С в течение нескольких месяцев, а также в присутствии 10-12% NaCl, однако содержание поваренной соли 6-8% тормозит размножение сальмонелл. Нагревание до 60 °С выдерживают в течение часа, при 100 °С погибают моментально, в толще пищевых продуктов, особенно мясных, могут сохраняться даже при длительном (до 3 ч) проваривании. В соленых и копченых продуктах выживают несколько месяцев. Для них неблагоприятна кислая среда (рН ниже 5,0), довольно чувствительны сальмонеллы к УФО и γ -облучению.

Сальмонеллы содержат термостабильный эндотоксин. Основным источником возбудителей являются животные, особенно крупный рогатый скот, водоплавающая домашняя птица, голуби, грызуны, а также больные и бактерионосители.

Заражение мяса сальмонеллами может происходить при жизни животного и после его убоя. Особенно опасно мясо животных вынужденного убоя. Мясо здоровых животных может быть обсеменено при разделке туш, транспортировке и хранении. Особого внимания требует мясной фарш. Измельчение и перемешивание мяса создают благоприятные условия для размножения микробов. Кроме того, большая поверхность фаршевой массы способствует ее инфицированию извне.

При кулинарной обработке мясопродуктов, особенно кратковременной (при жарке), некоторые сальмонеллы могут выжить. За последнее десятилетие получили распространение легко приготовляемые в домашних условиях, на предприятиях малого бизнеса готовые блюда, которые обрабатывают в микроволновых печах в течение короткого времени. Время, рекомендуемое для обработки таких блюд, часто оказывается недостаточным для уничтожения бактерий рода *Salmonella*. Оставшиеся в продукте сальмонеллы быстро размножаются при комнатной температуре – значительно быстрее на вареных изделиях, чем на сырых. Размножение сальмонелл в пищевых продуктах не всегда вызывает органолептические изменения в них. Продукты могут быть заражены сальмонеллами вторично – после их кулинарной обработки – через посуду, ножи, оборудование, загрязненные руки. Сальмонеллами нередко бывают заражены тушки и яйца птицы, особенно водоплавающей. Поэтому яйца уток и гусей запрещено использовать для продажи и употреблять при изготовлении мороженого, майонеза и кулинарных изделий. Такие яйца в специально маркированной таре отправляют на хлебопекарные предприятия для выработки мелкоштучных изделий из теста при высокой тепловой обработке.

Причиной сальмонеллезов нередко являются молочные продукты, кремы, сливочное масло, студни, ливерные и кровяные колбасы, вареные овощи и рыбопродукты. Рыба, выловленная из водоемов, загрязненных сточными водами, нередко заражена сальмонеллами. В распространении возбудителей и инфицировании ими пищевых продуктов могут участвовать мухи, мыши, крысы.

Сальмонеллезная токсикоинфекция у человека проявляется через несколько часов после употребления зараженной пищи. Острота и длительность заболевания различны. Некоторые из переболевших остаются бактерионосителями.

Листерииоз. Листерии были открыты в 1926 г. Название рода *Listeria* было дано в честь Д. Листера. Считалось, что листериоз опасен только для животных. Первая массовая вспышка листериоза среди людей была отмечена в Канаде в 1981 г.; из 41 случая заболевания 17 окончились летальным исходом.

Установлено существование 7 различных видов *Listeria*, из которых *Listeria monocytogenes* – основной возбудитель тяжелых заболеваний человека и очень редко – *Listeria seeligeri*.

Листерии – мелкие аэробные полиморфные палочки (иногда овоидной или кокковидной формы), подвижные, грамположительные, спор и капсул не образуют. Температурный диапазон развития 2,5-60 °С, оптимум составляет 30-37 °С, могут размножаться при 0 °С, не погибают при замораживании. Широко распространены в природе, наиболее часто встречаются в почве, воде, морских осадках, обладают высокой приспособляемостью к условиям окружающей среды. Листерииоз встречается у домашних и диких животных, в том числе и промысловых, а также у птиц и грызунов.

Как показывает зарубежный опыт, источником заражения листериозом в первую очередь может стать продукция молочной и мясной промышленности, зафиксированы случаи листериоза, связанные с потреблением морепродуктов. Так, в мороженой баранине листерии сохраняются в течение 20 дней, свинине – 14 мес., во льду – 5,5 мес., в крепких соленых растворах, содержащих 30% соли, и температуре 4 °С – 2 мес. При варке кусков баранины массой 1-2,5 кг, толщиной 8-10 см они погибают в течение 1 ч; в колбасе при варке батона диаметром 35-50 мм – через 75 мин, а диаметром 65 мм – через 90 мин. Ингибируют рост *Listeria monocytogenes* кислая среда с рН < 4,7, а также копильная жидкость.

Listeria monocytogenes выделена из многих других пищевых продуктов, в том числе из сырого молока, мороженого, мягкого сыра, рисового супа, мороженых и консервированных омаров, крабов, салатов, разнообразных холодных закусок.

Заболевание характеризуется сепсисом (острым и хроническим), явлениями

менингоэнцефалита, который в большом проценте случаев приводит к смертельному исходу, и тифоподобным течением с появлением сыпи. Наряду с тяжелыми клиническими проявлениями встречаются легкие формы болезни и бактерионосительство.

В действующем техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹ отсутствие листерий в нормируемой массе является обязательным требованием при санитарно-гигиенической оценке многих пищевых продуктов (мясных, молочных, морепродуктов, плодоовощных, спредов и др.)

Пищевые токсикоинфекции, вызываемые условно-патогенными бактериями. Пищевые токсикоинфекции может вызывать также большая группа микроорганизмов, получивших название условно-патогенных.

Большинство из них встречается в составе нормальной микрофлоры кишечника человека и животных, для других природной средой обитания служат почва, а также вода. Объединяет эти микроорганизмы способность интенсивно размножаться в пищевых продуктах, продуцировать токсины и вызывать пищевые отравления.

При пищевых отравлениях, вызванных условно-патогенными микроорганизмами, большое значение имеют образующиеся в процессе жизнедеятельности микробов неспецифические токсические вещества – мускарин, гистамин, кадаверин, путресцин и др.

Протей – бактерии рода *Proteus* из семейства *Enterobacteriaceae*, мелкая грамотрицательная палочка, очень подвижная, не образующая спор. Диапазон роста 5-43 °С, оптимум составляет 25-37 °С, факультативный анаэроб, устойчив к посолу (10-12% NaCl). Обитает в кишечнике ряда теплокровных животных и человека, встречается в почве, сточных водах, гниющих белковых продуктах.

Известно пять видов протей, два из них – *P. vulgaris* и *P. mirabilis* – вырабатывают энтеротоксины (кишечные яды). Чаще всего протей развивается в мясных, рыбных продуктах, особенно измельченных, овощных гарнирах, салатах. Инкубационный период составляет 4-20 ч.

Энтеропатогенные кишечные палочки относятся к семейству *Enterobacteriaceae* рода *Escherichia*, виду *E. coli*. Бактерии этого вида являются постоянными обитателями кишечника человека и животных. Они выполняют ряд полезных функций: синтез витаминов (К, В, U) и антимикробных веществ – колицинов, воздействующих на сальмонелл, шигелл и другие патогенные бактерии. В то же время среди кишечных

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

палочек встречаются варианты, способные вызывать острые кишечные заболевания (особенно у детей). Эти бактерии получили название энтеропатогенных кишечных палочек. Они отличаются тем, что содержат термостабильные эндотоксины, а некоторые штаммы образуют и экзотоксины (энтеротоксигенные формы).

Энтеропатогенные кишечные палочки мелкие, подвижные, грамотрицательные, не образуют спор, факультативные анаэробы (рис. 50). Диапазон роста от 5 до 45 °С, оптимум составляет 30-37 °С, но хорошо растут и при комнатной температуре. Сбраживают лактозу и ряд других сахаров до кислот и газа, образуют индол. При нагревании до 60 °С *E. coli* погибает через 15-20 мин, при 75 °С – через 4-5 мин.

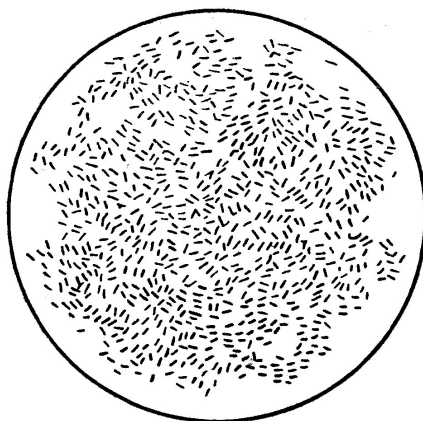


Рис. 50. Кишечная палочка

Энтеропатогенные кишечные палочки попадают в пищевые продукты от больных людей и бактерионосителей. Пищевые токсикоинфекции, вызванные этим микробом, чаще всего связаны с употреблением мясных и молочных продуктов (готовые блюда из рубленого мяса, домашняя простокваша, кефир, творог) и блюд из сырых овощей и фруктов.

Bacillus cereus (бацилла цереус) – подвижная, спорообразующая палочка, грамположительная, аэроб. Оптимальная температура развития 30-32 °С, минимальная составляет 5-10 °С. Бацилла устойчива к высокой концентрации соли (до 10-15%) и сахара (до 40-60%). Споры *Bacillus cereus* термоустойчивы и могут сохраняться в продукте не только при обычной кулинарной обработке, но даже и при стерилизации консервов (Н.Н. Мазохина-Поршнякова). Возбудитель широко распространен во внешней среде, является постоянным обитателем почвы, обнаруживается в различных сухих продуктах (в сухом молоке, яичном порошке, суповых концентратах), на овощах. Причиной отравления могут служить продукты животного и растительного происхождения, в которых не наблюдаются органолептические изменения даже при

накоплении 10^5 - 10^6 клеток *B. cereus* в 1 г продукта. *B. cereus* продуцирует энтеротоксин и ряд других биологически активных веществ. Отравление могут вызвать и образующиеся под влиянием протеолитических ферментов этих бацилл продукты расщепления белка (например, токсичные амины). Инкубационный период – от 4 до 16 ч, длительность заболевания 1-2 сут.

Clostridium perfringens (кlostридиум перфрингес) – крупная грамположительная, неподвижная, спорообразующая, анаэробная бактерия. Оптимальная температура роста 37-43 °С (крайние границы – 6-50 °С). Не развивается в кислой среде (рН ниже 3,5-4,0) и в присутствии 10-12% NaCl. Споры выдерживают кипячение в течение 30-60 мин, а у отдельных штаммов – до 6 ч. При обычной кулинарной обработке споры могут сохраняться; не исключено выживание и отдельных вегетативных клеток.

Существует шесть (А, В, С, Д, Е, F) типов *Cl. perfringens*, каждый из которых играет определенную роль в патологии человека и животных. Различаются они по составу образуемых ими токсинов. Имеются слаботоксикогенные штаммы, есть и не образующие токсина. В основном возникновение пищевых токсикоинфекций вызывает тип А. Этот микроб обитает в кишечнике человека и животных, широко распространен в природе (в почве, воде), обнаруживается на различных пищевых продуктах. Из продуктов животного происхождения наибольшую обсемененность имеют мясо и мясопродукты, а из растительных – мука и крупа (Ю.П. Пивоваров).

Установлено (Н.Н. Мазохина-Поршнякова), что сырье и полуфабрикаты для консервной промышленности обсеменены в основном вегетативными клетками *Cl. perfringens*, а пряности, зелень, свежие овощи, мука, крупа – спорами. Перфрингес продуцирует энтеротоксин, а также ряд ферментов-токсинов. Отравления чаще связаны с употреблением мяса и мясных продуктов, рыбных и овощных блюд. Тяжесть течения отравлений различна. Инкубационный период 6-20 ч.

Streptococcus faecalis, или фекальные стрептококки – энтерококки, представляют собой кокки, расположенные попарно или цепочками. Факультативные анаэробы, спор не образуют. Растут при 10-45 °С в бульоне с 6,5% NaCl в присутствии 40% желчи. Хорошо переносят замораживание и кислую среду, устойчивы к высушиванию. Погибают при 60 °С через 30 мин. Энтерококки входят в состав нормальной микрофлоры кишечника человека и теплокровных животных. Обладают антагонистическими свойствами по отношению к возбудителям кишечных инфекций. Отравления могут быть вызваны разными продуктами (студни, салаты, сосиски, отварная рыба, мясо и др.).

Обнаружение энтерококков служит одним из критериев фекального загрязнения воды, а также пищевых продуктов.

Vibrio parahaemolyticus (парагемолитический вибрион) – очень подвижный грамотрицательный устойчивый к посолу и замораживанию. При минус 18 °С сохраняется 19 дней. Нагревание до 80 °С переносит в течение 15 мин. Вибрион широко распространен в морской воде, обнаруживается в рыбе, моллюсках, креветках, омарах, устрицах и других обитателях морей и океанов. Впервые вспышки этого заболевания отмечены в 50-х годах в Японии, с тех пор случаи отравления участились. Вибрион продуцирует гемолизин (разрушает эритроциты крови) и энтеротоксин. Пищевые токсикоинфекции возникают у лиц, употреблявших в пищу сырую рыбу, моллюски. Описано бактерионосительство, особенно среди работников рыбной промышленности. Существует опасность заноса вибриона с замороженными продуктами (креветками, крилем и др.).

В последние годы в отечественной и зарубежной литературе довольно часто появляются сообщения о роли некоторых бактерий родов *Citrobacter*, *Iersinia*, *Klebsiella*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* и др. в возникновении пищевых токсикоинфекций и других кишечных заболеваний. К наиболее изученным возбудителям относятся иерсинии (род *Iersinia* из семейства *Enterobacteriaceae*). Пищевые токсикоинфекции вызывают два вида этих бактерий, образующих эндотоксин: *I. pseudotuberculosis* и *I. enterocolitica*.

Иерсинии – овальные или палочковидные клетки, грамотрицательные, подвижные, спор не образуют, факультативные анаэробы. Растут в диапазоне от минус 2 до 45 °С, оптимум составляет 30-37 °С. Переносят замораживание при минус 15...минус 25 °С; при 60 °С погибают через 30 мин, а при 100 °С – через 30-40 с. Особенностью этих бактерий является повышение вирулентности при пониженной температуре.

I. pseudotuberculosis неприхотливые бактерии, обладающие широким диапазоном адапционных свойств. Они могут длительно существовать и размножаться в условиях охлаждаемых хранилищ на свежих и особенно квашеных овощах. За способность размножаться при низкой температуре эти бактерии называют «микробы из холодильника». Иерсинии распространяются грызунами, загрязняющими пищевые продукты на предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания. В естественных условиях возбудитель существует как паразит многих млекопитающих и птиц.

I. enterocolitica – паразит диких и домашних животных (свиней, коров, кур, индюков и др.). Пищевые продукты инфицируются первично (мясо, молоко от больных животных) и вторично – грызунами, загрязненной водой, с оборудования. Заболевание протекает как инфекция или как пищевое отравление.

Пищевые интоксикации (токсикозы)

Заболевания вызывают токсины микроорганизмов; присутствие живых микробов не обязательно. Пищевые интоксикации бывают бактериальные и грибковые (микотоксикозы).

Стафилококковые пищевые интоксикации. Они занимают одно из ведущих мест среди отравлений бактериальной природы.

Патогенные стафилококки – семейство *Micrococcaceae*, род *Staphylococcus*, обитают на коже человека, в носоглотке и известны как возбудители гнойничковых и ряда других заболеваний. Они вырабатывают разные токсины. Род *Staphylococcus* включает несколько видов: пищевые отравления вызываются в основном *S. aureus* (золотистым стафилококком). При размножении в пищевых продуктах он продуцирует энтеротоксин (кишечный яд), вызывающий отравление, и ряд ферментов. Среди них ведущее место занимает плазмокоагулаза – фермент, свертывающий плазму крови, поэтому патогенные стафилококки получили название коагулазоположительных.

Золотистые стафилококки – грамположительные, факультативные анаэробы. Диапазон роста и токсинообразования от 6 до 45 °С, оптимум составляет 30-37 °С. Интенсивно размножаются при комнатной температуре (18-20 °С). Образуют пигмент – липохром золотистого цвета. Устойчивы к высушиванию, замораживанию, действию солнечного света и химических веществ. Могут развиваться в пищевых продуктах при концентрации NaCl 10-15% и высоком содержании сахара – до 50%. Прогревание при 70 °С выдерживают в течение часа, при 80 °С погибают через 20-40 мин. Имеются сведения (Г.Л. Носкова), что некоторые штаммы переносят нагревание до 100 °С в течение получаса. Не растут при pH ниже 4,2-4,5. Описано шесть типов энтеротоксина.

Наиболее частой причиной пищевых интоксикаций считается энтеротоксин А, весьма устойчивый к нагреванию. Для его полного разрушения необходимо кипячение около 2 ч или 30-минутное прогревание при 120 °С. Основным источником заражения пищевых продуктов энтеротоксигенными стафилококками служат люди, страдающие гнойничковыми заболеваниями кожи, или носители. Распространение возбудителя происходит воздушно-капельным, воздушно-пылевым и контактным путями. Иногда энтеротоксигенный стафилококк попадает в пищу от больных животных, например в молоко – от коров, страдающих стафилококковым воспалением вымени (маститом). При комнатной температуре токсины накапливаются в молоке, салатах уже через 6-10 ч, а при 35-37 °С – через 2-5 ч.

Причиной отравления могут послужить различные продукты (мясные, рыбные,

кулинарные изделия, кондитерские, особенно с заварным кремом, сметана, творог и др.). Пищевые продукты, пораженные стафилококками, обычно не имеют внешних признаков порчи. Инкубационный период от 30 мин до 6 ч. Типичные симптомы: рвота, боли в области живота, сердечная слабость. Профилактика отравлений: отстранение от работы с пищевыми продуктами людей с гнойничковыми поражениями кожи, заболеваниями носоглотки и верхних дыхательных путей, создание условий, исключающих размножение стафилококков и накопление образуемых ими токсинов.

Ботулизм (от лат. *botulus* – колбаса) – тяжелое пищевое отравление токсином *Clostridium botulinum*. Это крупные, подвижные, грамположительные палочки, образующие субтерминально расположенные споры, превышающие поперечник клетки, что придает им вид теннисной ракетки (рис. 51). Клостридии ботулизма – строгие анаэробы, оптимальная температура роста 30-37 °С. Не развиваются и не продуцируют токсин при рН ниже 4,0, при температуре ниже 4-5 °С, содержании NaCl 6-10% (в зависимости от температуры). Вегетативные клетки погибают при 80 °С через 30 мин; споры выдерживают кипячение до 6 ч, прогревание при 105 °С – 1-2 ч, при 120 °С – до 25 мин. В больших кусках мяса, в банках большой вместимости споры могут оставаться жизнеспособными и после автоклавирования. В замороженных пищевых продуктах споры сохраняют способность прорасти в течение нескольких месяцев. Клостридии ботулизма продуцируют экзотоксин (нейротоксин) – наиболее сильный из всех известных микробных и химических ядов. Экзотоксин устойчив к действию соляной кислоты желудочного сока, к кипячению в течение 10-15 мин, а также замораживанию продуктов, маринованию, посолу, копчению. В консервах экзотоксин может сохраняться несколько месяцев.

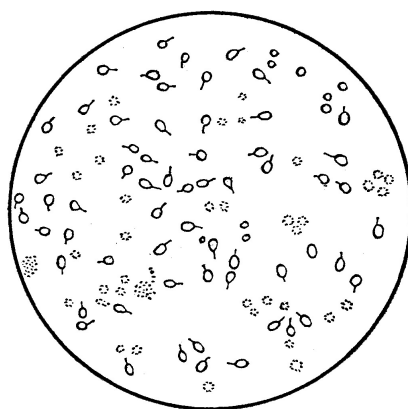


Рис. 51. *Clostridium botulinum*

Попадая с пищей в кишечник, токсин всасывается в кровь и поражает центральную нервную и сердечнососудистую системы.

Инкубационный период чаще 12-24 ч, но может быть и короче (2-6 ч) и длительнее (несколько суток). Основные признаки заболевания: расстройство зрения, речи, параличи, дыхательная недостаточность. Смертность от ботулизма довольно высокая. Только раннее введение лечебной антитоксической сыворотки позволяет добиться благоприятного исхода болезни.

Возбудитель ботулизма широко распространен в природе: в почве, воде, придонном иле, кишечнике рыб (особенно осетровых), теплокровных животных и птиц. Продукты, послужившие причиной отравления, различны: чаще всего это растительные консервы, особенно с низкой кислотностью, сырокопченые окорока, мясные и рыбные слабозасоленные, вяленые и копченые изделия, в большинстве случаев приготовленные в бытовых условиях или упакованные с вакуумированием. Развитие микроба и накопление токсических веществ могут происходить «гнездно» – в виде очагов в толще продуктов, где создаются анаэробные условия. Этим объясняются единичные случаи отравления при употреблении одной и той же пищи многими лицами.

При размножении возбудителя обычно не наблюдаются органолептические изменения продукта; лишь в некоторых случаях отмечаются бомбаж банок консервов, сырный запах и прогорклого масла.

Основные мероприятия по предупреждению ботулизма: защита сырья от попадания на него возбудителя, соблюдение режима стерилизации и хранения консервов, выполнение санитарно-технологических требований при вылове, обработке, копчении и солении рыбы.

В России случаи ботулизма вследствие употребления в пищу консервов промышленной выработки редки. В последние годы причиной ботулизма чаще являются консервы (фруктовые, овощные, грибные) домашнего приготовления, а также рыбные продукты домашнего копчения и соления. Это, очевидно, следствие недостаточно тщательного мытья сырья, неправильных термической обработки его и температуры хранения. Продукты домашнего консервирования лучше всего перед едой подвергать дополнительной тепловой обработке.

За последнее время усилилась опасность отравления, обусловленная *Cl. botulinum*, в связи с расширением использования продуктов, хранящихся в пленках под вакуумом и в газовых смесях.

Пищевые интоксикации грибковой природы (микотоксикозы). Микотоксикозы – отравления токсическими веществами плесневых грибов, называемыми микотоксинами. Особенности большинства микотоксинов: термостойкость (сохраняются в продуктах при всех видах кулинарной обработки), высокая токсичность (способность вызывать

злокачественное перерождение тканей организма). Примерами могут служить следующие тяжелые заболевания.

Алиментарно-токсическая алейкия возникает при употреблении в пищу продуктов переработки зерна хлебных злаков, перезимовавших в поле или несвоевременно убранных, пораженных грибом *Fusarium sporotrichiella*.

Пьяный хлеб – следствие употребления хлеба, выпеченного из муки, которая получена из зерна, пораженного грибом *Fusarium graminearum*. Фузариозное зерно сохраняет токсичность даже при длительном (несколько лет) хранении.

Эрготизм – возникает в результате потребления продуктов из зерна (ржи, пшеницы), загрязненного склероциями (называемыми рожками) спорыньи *Claviceps purpurea*. В склероциях гриба содержатся алкалоиды, токсичные для человека и животных. Эти микотоксикозы в стране в настоящее время встречаются редко благодаря проведению профилактических мероприятий.

Установлено, что многие широко распространенные мицелиальные грибы различных систематических групп при развитии на пищевых продуктах способны продуцировать токсичные для человека и животных вещества. Описано около двухсот видов мицелиальных грибов, синтезирующих более сотни токсинов. Микотоксины различны по химической природе, характеру и силе действия.

Наиболее известны и изучены афлатоксины (производные кумаринов), вырабатываемые грибами рода *Aspergillus*. Они обнаружены на кормах животных и во многих пищевых продуктах растительного происхождения (на зерне злаков, сухих фруктах и овощах, арахисе и в арахисовом масле, в продуктах из риса и кукурузы и др.). Найдены афлатоксины и в продуктах животного происхождения (в молоке, мясе, сыре). Афлатоксины термостойки; они не разрушаются даже при автоклавировании продуктов (Н.Н. Мазохина-Поршнякова). Они обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, сильные иммунодепрессанты. В нашей стране установлены предельно допустимые концентрации афлатоксина В₁ в пищевых продуктах – не более 0,005 мг/кг, а в молоке и молочных продуктах – не более 0,0005 мг/кг афлатоксина М₁¹.

Способны продуцировать различные токсические вещества (патулин, цитринин, охратоксин и др.) и некоторые виды грибов рода *Penicillium*, которые нередко встречаются на различных пищевых продуктах. Например, патулин выделен из груш и яблок, пораженных *Penicillium expansum*, из абрикосового и яблочного сока, повидла, заплесневелого хлеба, картофеля, морковного сока. Причиной микотоксикозов могут быть

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

также продукты тепловой и сублимационной сушки растительного и животного происхождения.

Несмотря на то, что не все виды и штаммы мицелиальных грибов, развивающихся на пищевых продуктах, являются токсигенными, употребление даже незначительно заплесневевших пищевых продуктов опасно.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует при видимом заплесневении контролировать наличие микотоксинов в продуктах. Механическое удаление плесеней с продукта не обеспечивает его безопасности.

Отравления бывают и немикробной природы. Причиной могут служить: потребление несъедобных ядовитых грибов, дикорастущих растений; наличие в продукте природных токсинов, радионуклидов, токсичных элементов (меди, мышьяка, свинца, кадмия и др.); пестицидов, гербицидов.

Химическая промышленность производит огромное количество разнообразных потенциально опасных веществ, которые могут попадать из окружающей среды в пищевые цепи.

В настоящее время таких веществ, которые являются потенциальными загрязнителями, насчитывается десятки тысяч. Они включают в себя полихлорбифенилы, в состав некоторых из них входит бензпирен, известный в качестве потенциального канцерогенного агента.

Опасность для здоровья человека представляют добавки, специально вводимые в пищевые продукты в незначительных количествах, но постоянно. Кроме того, в пищу могут попадать такие вещества, как гормоны, антибиотики, используемые в качестве стимуляторов роста и антимикробных агентов при выращивании птицы, товарной рыбы и др.

Компания SCA Hygiene Products разработала программу «Чистые руки», в которой каждому предприятию предлагается комплексный подход к решению проблемы гигиены, в т.ч. оснащение необходимыми гигиеническими материалами. Специалисты определяют на предприятии зоны повышенного гигиенического риска и предлагают рекомендации по их гигиеническому оснащению. Эффект мероприятий усиливается информационными наклейками, обучающими и методическими материалами для сотрудников.

Профилактика пищевых заболеваний

Причиной пищевых заболеваний чаще всего являются использование недоброкачественного сырья, нарушения санитарных правил и технологического режима изготовления продукта, а также сроков и температурных режимов хранения,

транспортировки и реализации продуктов.

Важнейшими профилактическими мероприятиями являются следующие:

1. Систематический ветеринарно-санитарный надзор за убойными животными, условиями убоя скота, первичной обработкой, разделкой туш.

2. Строгое соблюдение санитарно-гигиенического режима на предприятиях пищевой промышленности, общественного питания, торговли.

3. Выполнение гигиенических требований к содержанию помещения, оборудования, инвентаря, посуды и тары на предприятиях общественного питания, пищевой промышленности и торговли; периодическая санитарная обработка помещений для хранения продуктов, холодильных камер, тары и т.п.

4. Соблюдение:

- санитарных правил, предотвращающих инфицирование микроорганизмами перерабатываемого сырья и полуфабрикатов;
- технологического режима подготовки и тепловой обработки сырья;
- условий хранения, транспортирования и реализации продуктов, исключающих повторное обсеменение и размножение в них микробов;
- недопущение соприкосновения продуктов, прошедших тепловую обработку, с сырыми (особенно мясными) продуктами.

5. Систематическая борьба с грызунами, мухами на предприятиях общественного питания, в торговле и быту.

6. Постоянное проведение санитарно-просветительной работы среди персонала предприятий общественного питания и торговли; строгое соблюдение персоналом правил личной гигиены, повышение санитарной культуры.

7. Периодическое медицинское обследование работников, соприкасающихся с пищевыми продуктами, отстранение от работы бациллоносителей, лиц с гнойничковым поражением кожи, катаром верхних дыхательных путей и другими заболеваниями.

8. Расширение торговли продуктами, расфасованными и упакованными на промышленных предприятиях, что исключает контакт работников торговли с продуктами и предотвращает вторичное обсеменение этих продуктов микроорганизмами.

9. Систематический санитарно-микробиологический контроль перерабатываемого сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, санитарного состояния технологического оборудования и инвентаря.

Современные зарубежные пищевые предприятия для устранения возможности бактериального загрязнения продукта наряду с жесточайшим контролем температурных режимов обработки и хранения продукции принимают все необходимые меры для

защиты сырья и готовой продукции от внешнего загрязнения.

Микробиологический контроль качества пищевых продуктов

Санитарно-показательные микроорганизмы. Качество пищевых продуктов определяется комплексом органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в соответствии с требованиями действующей нормативной документации.

Важнейшими характеристиками продовольственных товаров являются их безопасность и микробиологическая стойкость. Под безопасностью понимают отсутствие вредных примесей химической и биологической природы, в том числе патогенных микроорганизмов и ядовитых продуктов их жизнедеятельности. Понятие «микробиологическая стойкость» подразумевает потенциальные возможности сохранения продукта без порчи.

Микрофлора пищевых продуктов представляет собой сложную динамическую систему, связанную с внешней средой. Это значительно осложняет способы ее исследования и трактовку полученных результатов. Для оценки качества пищевых продуктов, а также условий их производства и хранения пользуются количественными и качественными микробиологическими показателями.

Количественные показатели указывают общее число микроорганизмов в 1 г (1 см³) продукта.

Основным количественным тестом является КМАФАнМ продукта – количество живых мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в 1 г (1 см³) его. В зависимости от вида продукта и способа его изготовления этот показатель может свидетельствовать об общем санитарно-эпидемиологическом состоянии продукта, свежести или начальной стадии порчи внешне доброкачественного продукта, нарушении технологических режимов при производстве, возможности вторичного загрязнения, стойкости при хранении в заданных условиях и позволяет своевременно реализовать продукт. Кроме этого на основании исследования динамики КМАФАнМ устанавливаются сроки годности новых пищевых продуктов.

Для многих продуктов КМАФАнМ нормируется.

Стойкость пищевых продуктов при хранении оценивают также по количеству мицелиальных грибов, дрожжей, молочнокислых бактерий и специфических для каждого вида продукции возбудителей порчи.

Качественные показатели указывают на отсутствие (присутствие) микробов конкретных видов в определенной массе продукта. Их применяют для характеристики микрофлоры продукта в целях прогнозирования возможных видов его порчи, а также

безопасности продукта для здоровья населения.

Прямое выявление в пищевых продуктах патогенных или условно-патогенных микробов (см главу 5) и их ядов проводится в соответствии с существующими нормативными документами. Обычно проверяют наличие сальмонелл, золотистого стафилококка, листерий, протей. Для ряда пищевых продуктов установлены дополнительные требования – выявление *Cl. botulinum* и их токсинов, *Cl. perfringens*, *Bac. cereus* и др. Согласно действующим санитарным требованиям¹ патогенные микроорганизмы и их токсины должны отсутствовать в определенном объеме (массе) материала, подвергнутого исследованиям (25, 50 г и т.д.).

Непосредственное выявление патогенных микробов в естественных субстратах, в том числе и в пищевых продуктах, связано с большими трудностями, главным образом из-за небольшой концентрации. Поэтому кроме прямых методов обнаружения патогенных микроорганизмов применяют косвенные, позволяющие установить факт загрязнения исследуемых объектов выделениями человека и теплокровных животных. Индикатором такого загрязнения служат санитарно-показательные микроорганизмы, к которым относятся КМАФАнМ, бактерии группы кишечных палочек – БГКП (колиформы), бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, энтерококки.

Санитарно-показательные микроорганизмы входят в состав нормальной микрофлоры тела человека и животных и с его выделениями поступают во внешнюю среду. Так как подавляющее большинство патогенных микробов попадает во внешнюю среду также с выделениями, то обнаружение на объекте сопутствующих им специфических для этих выделений представителей нормальной микрофлоры тела может служить сигналом санитарного неблагополучия и потенциальной опасности объекта. Например, выявление кишечной палочки и энтерококка – бактерий, специфических для кишечных выделений (фекалий), косвенно указывает на возможность присутствия возбудителей кишечных инфекций (дизентерии, брюшного тифа и др.).

В настоящее время в качестве показателя фекального загрязнения пищевых продуктов и различных объектов окружающей среды используются бактерии группы кишечных палочек (БГКП – колиформные). В эту группу, кроме *Escherichia coli*, входят бактерии других родов семейства *Enterobacteriaceae*: *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, которые также встречаются в кишечнике человека и теплокровных животных, но в отличие от *E. coli* имеют более широкий ареал распространения. Некоторые виды этих микроорганизмов обитают в почве, в воде, на растениях. Истинная (фекальная) кишечная

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

палочка *E. coli* считается показателем свежего фекального загрязнения и отличается от других БГКП своими биохимическими свойствами. Одно из них – способность сбраживать углеводы при повышенной температуре (44-44,5 °С).

Содержание БГКП нормировано техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹.

Допустимое содержание БГКП выражается: или в виде «титра БГКП» (коли-титр) – минимального количества (массы, объема) продукта, в котором могут быть обнаружены эти бактерии, или определенной массой (объемом) продукта, в которой БГКП должны отсутствовать.

Выявление БГКП при обследовании предприятий торговли или общественного питания свидетельствует о низком санитарном состоянии объекта.

В целях гарантии качества выпускаемой продукции, ее безопасности в России, как и за рубежом, внедряется система менеджмента безопасности пищевой продукции. Она включает в себя принципы ХАССП (англ. *HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points*) – анализ рисков и критические контрольные точки. ХАССП – это концепция, предусматривающая систематическую идентификацию, оценку и управление опасными факторами, существенно влияющими на безопасность продукции.

Характерная особенность данной системы – планомерный надзор и контроль пищевых продуктов при предварительном определении всех возможных рисков возникновения опасных факторов, начиная с условий выращивания животных, среды обитания промысловых животных и гидробионтов, сырья, его переработки, производства продуктов, кончая исследованием готового продукта, контролем за его хранением, транспортировкой и реализацией. При этом особое внимание уделяется:

- ✓ идентификации потенциального риска или рисков (опасных факторов), которые сопряжены с производством продуктов питания, включая все стадии жизненного цикла продукции (обработку, переработку, хранение и реализацию) с целью выявления условий возникновения потенциального риска (рисков) и установления необходимых мер для их контроля;

- ✓ выявлению критических контрольных точек в производстве для устранения (минимизации) риска или возможности его появления.

Анализ опасностей является ключом к повышению результативности системы менеджмента безопасности пищевой продукции, так как его проведение позволяет получить знания, требуемые для разработки эффективной комбинации мероприятий по

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

управлению.

Это существенно отличается от ранее применявшегося метода санитарно-гигиенического контроля и надзора, в котором основное внимание было уделено надзору лишь конечных продуктов.

Вначале эта система была разработана для микробиологического контроля пищевых продуктов, но в последнее время система ХАССП применяется и для контроля и предотвращения попадания и них остаточных химических веществ, в том числе химикатов сельскохозяйственного назначения (удобрений, гербицидов, пестицидов и др.), антибактериальных веществ, гормонов, а также включений в пищевые продукты инородных веществ.

Принципы ХАССП рекомендованы к практическому применению Комиссией «Codex Alimentarius» и являются обязательными для стран ЕС. С 1 июля 2013 года вступил в силу технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹. Согласно этому регламенту внедрение принципов ХАССП для предприятий, производящих пищевую продукцию, стало обязательным.

В России основные требования к системе управления качеством и безопасностью на основе принципов ХАССП сформулированы в:

- ГОСТ Р 51705-2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования;
- ГОСТ Р ИСО 22000-2007. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. Этот стандарт объединяет принципы, на которых основана система ХАССП, и мероприятия по применению данной системы, разработанные Комиссией «Codex Alimentarius».

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»² предприятиям, изготавливаемым пищевую продукцию, необходимо разрабатывать, внедрять и поддерживать следующие мероприятия:

- выбор необходимых для обеспечения безопасности пищевой продукции технологических процессов производства, а также последовательности и поточности технологических операций с целью исключения загрязнения продовольственного сырья и пищевой продукции;

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

² Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

- определение контролируемых этапов технологических операций и пищевой продукции на этапах ее производства;
- проведение контроля за продовольственным сырьем, технологическими средствами, упаковочными материалами, используемыми при производстве пищевой продукции;
- проведение контроля за функционированием технологического оборудования;
- обеспечение документирования информации о контролируемых этапах технологических операций и результатов контроля пищевой продукции;
- соблюдение условий хранения и транспортирования пищевой продукции;
- содержание производственных помещений, технологического оборудования и инвентаря, используемых в процессе производства пищевой продукции, в состоянии, исключающим загрязнение пищевой продукции;
- обеспечение соблюдения работниками правил личной гигиены в целях обеспечения безопасности пищевой продукции;
- установление способ и периодичности проведение уборки, мойки, дезинфекции, дезинсекции и дератизации производственных помещений, технологического оборудования и инвентаря;
- ведение и хранение документации, подтверждающей соответствие произведенной пищевой продукции установленным требованиям.

ГЛАВА 6. ИСТОЧНИКИ ИНФИЦИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ МИКРООРГАНИЗМАМИ

Источников возможного инфицирования пищевых продуктов микроорганизмами немало. Основной из них – внешняя среда: почва, воздух, вода. Опасность представляют все объекты, контактирующие с продуктами: оборудование, тара, упаковочные материалы, руки и спецодежда рабочих и др.

Микрофлора окружающей среды в большой мере зависит от антропогенных факторов.

Антропогенные факторы и природная окружающая среда

Антропогенные факторы – это изменения, происходящие в природе, т.е. окружающей среде в результате хозяйственной деятельности человека.

Под загрязнением окружающей среды понимается поступление в нее любых твердых, газообразных или жидких веществ, микроорганизмов или тепловой, электромагнитной, радиационной, звуковой энергий. Виды загрязнений многообразны. Основные из них: выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; попадание в водную среду всевозможных производственных и коммунально-бытовых отходов; нефтепродуктов, минеральных солей; засорение ландшафтов мусором и твердыми отходами; широкое применение пестицидов; повышение уровня ионизирующих излучений; накопление тепла в атмосфере и гидросфере.

Интенсификация промышленного и сельскохозяйственного производства шла до недавнего времени по экстенсивному пути без учета экологических последствий.

Химическое загрязнение – основной фактор неблагоприятного антропогенного воздействия на окружающую среду и ее обитателей, в том числе на микроорганизмы. В окружающую среду выбрасывается большое количество различных химических веществ, в том числе и неприродных соединений.

Ежегодно производятся десятки миллионов тонн различных, в т.ч. и неизвестных, синтетических материалов. В почвы сельскохозяйственных угодий вносится огромное количество минеральных удобрений и пестицидов (химические вещества для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков).

Одни из этих соединений не разлагаются естественным путем или же разлагаются частично, другие очень медленно (радиоактивный изотоп стронция имеет период распада около 200 лет). Неразложившиеся остатки радиоактивных и органических соединений накапливаются в различных объектах внешней среды. Возникает опасность их попадания в пищевые продукты, а с ними в организм человека (Ю.И. Скурлатов и др.).

Сейчас в атмосферу ежегодно выбрасываются сотни миллионов, тонн оксидов азота и серы, углекислоты, твердых и жидких взвешенных частиц (аэрозолей), миллионы тонн газообразных органических веществ. Загрязнение атмосферы приобретает глобальный характер, что приведет к возможному изменению климата, увеличению потока жесткой УФ-радиации на поверхности земли, увеличению числа заболеваний среди людей.

Антропогенное загрязнение почв связано с твердыми и жидкими отходами промышленности, строительства, городского хозяйства и сельскохозяйственного производства.

Человечество активно использует около 55% суши и 50% ежегодного прироста леса. В результате строительства и горных разработок ежегодно перемещается более 4 тыс. км³ породы, сжигается 7 млрд. т топлива.

Из всех сред обитания (атмосфера, почва, вода) наибольшим воздействием со стороны человека подвержена вода. Загрязнения, выбрасываемые в атмосферу или вносимые в почву в трансформированном или неизменном виде поступают в водоемы.

За счет выпадения осадков и в период весеннего половодья вместе с поверхностным стоком в воду попадают загрязняющие вещества. Загрязнение природных вод связано также с использованием водных ресурсов в промышленности и сельском хозяйстве, в энергетике, на хозяйственно-бытовые нужды, в связи с развитием водного транспорта, мелиоративных преобразований и т.д. После использования вода возвращается в природные водные объекты, неся в себе следы воздействия в виде изменения химического состава, температуры, биологического загрязнения (множество микроорганизмов, в том числе и патогенных).

Для ирригации, промышленного производства, бытового снабжения отбирается более 13% речного стока и сбрасывается в водоемы ежегодно сотни миллиардов кубических метров промышленных и коммунальных стоков. Их нейтрализация требует 5-10-кратного, а в отдельных случаях и более, разбавления природной чистой водой.

Способы и пути борьбы с антропогенным загрязнением окружающей среды разнообразны. Среди них строительство очистных сооружений, установка пылегазоулавливающих фильтров, создание безотходных и малоотходных технологий, утилизация отходов, использование их в качестве вторичного сырья для получения полезной продукции, применение замкнутых циклов водоиспользования, применение биологических методов борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных и лесных растений, оптимизация режима использования техники, улучшение конструкций двигателей внутреннего сгорания, поиски новых видов топлива и источников энергии.

Роль микроорганизмов в охране окружающей среды от загрязнения

Микроорганизмы могут осуществлять разрушение и обезвреживание целого ряда загрязнений воды и почвы.

Перед пуском в открытые водоемы сточные воды должны подвергаться очистке. Степень очистки зависит от количества и химического состава вод, а также характера водоема, в который они могут быть спущены. В естественных условиях очистка сточных вод осуществляется путем их фильтрации через слои почвы на специальных земельных участках, называемых полями фильтрации и полями орошения, а также в биологических (очистных) прудах.

Примером значимости микроорганизмов могут служить биологические методы очистки сточных вод. Они делятся на аэробные и анаэробные. Основаны на использовании биохимической деятельности аэробных и анаэробных микроорганизмов – их способности перерабатывать органические и минеральные вещества в процессах конструктивного и энергетического обменов клетки.

Аэробная биологическая очистка. Проводится в естественных и искусственных условиях.

Почвенные микроорганизмы окисляют органические вещества просачивающейся воды, превращая их в неорганические соединения, т.е. минерализуя их, очищают воду. Помимо органических соединений в почве задерживается до 99% находившихся в сточной воде бактерий. Прошедшая через почву очищенная сточная вода поступает в сборные дренажные трубы, по которым отводится в открытый водоем.

Поля орошения отличаются от полей фильтрации тем, что одни и те же земельные участки используются одновременно для очистки сточных вод и для выращивания сельскохозяйственных культур (трав, овощей, плодовых деревьев и др.). На полях орошения очищается значительно меньше сточной воды, чем на полях фильтрации, но зато используются растениями ценные вещества, получающиеся при минерализации органических веществ сточной жидкости.

Биологические (очистные) пруды – это искусственные последовательно соединенные водоемы, в которые отводится сточная разбавленная вода. Очистка воды в них сходна с процессами естественного самоочищения водоемов.

В месте спуска сточных вод, которые содержат загрязнения, развивается множество сапрофитных микроорганизмов (до нескольких миллионов в 1 см³ воды) и в воде активно протекают вызываемые ими процессы гниения и брожения. По мере минерализации органических веществ уменьшается и количество сапрофитных бактерий, число их

составляет 10^5 - 10^4 в 1 см^3 воды. В загрязненной зоне водоема начинают развиваться и другие водные организмы (простейшие, коловратки, водоросли и др.).

Сапрофитные бактерии отмирают в результате недостатка пищи, под воздействием выделяемых некоторыми водорослями антибиотических веществ. Коловратки и простейшие поедают бактерии, лизируются они и бактериофагом. Число сапрофитных бактерий снижается до 10^2 - 10^1 клеток в 1 см^3 воды.

Кроме естественной очистки используется очистка сточных вод в искусственных условиях на специальных очистных сооружениях – биологических фильтрах и в аэротенках. Биологической очистке предшествует; механическая.

Биологические фильтры (биофильтры) представляют собой резервуары, заполненные крупнозернистым материалом (шлаком, щебнем или пластмассовыми пористыми блоками). Через толщу этого загрузочного материала фильтруют сточную воду. Подача воздуха (аэрация) в биофильтры может быть естественной и искусственной (принудительной), когда воздух продувается через толщу загрузки вентиляторами. Такие биофильтры называют *аэрофильтрами*. На поверхности загрузочного материала обильно развиваются разнообразные организмы (микроорганизмы, простейшие и др.), образуя более или менее мощную пленку, называемую биологической.

Процесс очистки сточной воды под влиянием микроорганизмов биологической пленки состоит из двух фаз. Сначала окисляются углеродсодержащие органические вещества и идет аммонификация азотсодержащих органических веществ. После окисления главной массы органических веществ окислению подвергают образовавшиеся аммиачные соли, которые переходят в соли азотистой и азотной кислот (процесс нитрификации). Первая фаза протекает главным образом в самых поверхностных слоях загрузочного материала, вторая – в более глубоких его слоях.

Аэротенки представляют собой бассейны, в которые вместе с отстаиванной сточной водой вводят определенное количество так называемого активного ила (в виде хлопьев), основная масса которого состоит из различных микроорганизмов. Смесь сточной воды с илом, протекая через аэротенк, подвергается активной аэрации. Поступающий в аэротенк воздух – источник кислорода – поддерживает ил во взвешенном состоянии и осуществляет энергичное перемешивание жидкости, что способствует постоянному и быстрому контакту организмов активного ила с питательными веществами сточной воды и кислородом.

В аэротенках происходит такой же процесс, как и в биофильтрах, – последовательное биохимическое окисление органических веществ сточной жидкости. Однако в аэротенках процесс протекает значительно интенсивнее, чем в биофильтрах из-за лучшей аэрации

сточной жидкости. Качественный состав микронаселения биопленки и активного ила может служить индикатором работы очистного сооружения.

После прохождения через биофильтр и аэротенк вода поступает в отстойники для освобождения от биопленки и активного ила, а затем сбрасывается в водоем. Иногда вода перед выпуском дезинфицируется хлором или хлорной известью.

Анаэробная биологическая очистка. В процессе очистки сточных вод накапливается большое количество осадков, содержащих много органических веществ, микроорганизмов, в том числе и патогенных. Обработка и обезвреживание осадков проводится в метантенках, септиктенках и двухъярусных отстойниках.

Независимо от типа очистного сооружения в них происходят разнообразные микробиологические процессы. Сложные органические соединения осадка (белки, жиры, клетчатка и др.) в результате брожения и гниения превращаются в жирные кислоты, спирты и газообразные продукты (углекислый газ, аммиак, метан, водород). Среди газообразных продуктов 60-65% составляет метан, который может быть использован как горючий газ. Сброженный осадок обезвоживают, сушат и вывозят на сельскохозяйственные поля в качестве удобрения, а в брикетированном виде он может быть использован и как топливо.

Аналогичные процессы, осуществляемые микроорганизмами, протекают и при естественном самоочищении от загрязнений природных водоемов и почвы.

Одним из путей предотвращения загрязнения окружающей среды является утилизация отходов промышленности на основе биотехнологии, с помощью штаммов промышленных микроорганизмов. Например, в настоящее время известны способы получения с использованием микроорганизмов десятки различных продуктов из молочной сыворотки (отхода пищевой промышленности), превосходящих по своей пищевой и биологической ценности затраченное сырье. Получены заменители растительных масел из плодово-ягодных выжимок с помощью дрожжей-липидообразователей.

С появлением в нашей стране гидролизного производства отходы после брожения и отделения спирта стали использовать для выращивания кормовых дрожжей.

Разработаны и внедряются процессы культивирования дрожжей и бактерий, потребляющих в качестве субстрата метанол, этанол, метан, отходы органического синтеза или селективно извлекающих n-алканы непосредственно из дизельной фракции прямой перегонки нефти. Исследования в этой области продолжаются.

Микрофлора почвы

Почва является естественной средой обитания микроорганизмов. Они находят в почве все условия, необходимые для развития: пищу, влагу, защиту от губительного влияния солнечных лучей и высушивания.

Микрофлора почвы по количественному и видовому составу значительно колеблется в зависимости от региональных и климатических условий, химического состава и физических свойств почвы, реакции (рН среды), температуры, влажности, степени аэрации. Существенно влияют также время года, агротехнические мероприятия, характер растительного покрова и многие другие факторы.

Микроорганизмы распространены по горизонтам почвы неодинаково. Меньше всего микроорганизмов содержится обычно в самом поверхностном слое почвы толщиной несколько миллиметров, где они подвергаются неблагоприятному воздействию солнечного света и высушиванию. Особенно обильно населен следующий слой почвы толщиной до 5-10 см. По мере углубления число микроорганизмов уменьшается. На глубине 25-30 см количество их в 10-20 раз меньше, чем в поверхностном слое толщиной 1-2 см (А.С. Разумов). Изменяется с глубиной и видовой состав микрофлоры. В верхних слоях почвы, содержащих много органических веществ и подвергающихся хорошей аэрации, преобладают аэробные сапрофитные организмы, способные разлагать сложные органические соединения. Чем глубже почвенные горизонты, тем беднее они органическими веществами, доступ воздуха в них затруднен, поэтому здесь численность анаэробных бактерий увеличивается.

Микрофлора почвы представлена разнообразными видами бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей и простейших организмов.

К постоянным обитателям почвы относятся различные гнилостные, преимущественно спорообразующие, аэробные и анаэробные бактерии; бактерии, разлагающие клетчатку; нитрифицирующие, денитрифицирующие, азотфиксирующие, серо- и железобактерии.

Деятельность почвенных микроорганизмов играет большую роль в формировании плодородия почвы. Последовательно сменяя друг друга, микроорганизмы осуществляют процессы, определяющие круговорот веществ в природе. Органические вещества, попадающие в почву в виде остатков растений, трупов животных и с другими загрязнениями, постепенно минерализуются, и происходит самоочищение почвы. Соединения углерода, азота, фосфора и других элементов из недоступных для растений форм преобразуются микробами в усваиваемые ими вещества.

Наряду с обычными обитателями в почве встречаются и болезнетворные микроорганизмы, преимущественно спорообразующие бактерии: например, возбудители

столбняка, газовой гангрены, пищевого отравления (ботулизма) и др. Поэтому загрязнение пищевых продуктов почвой представляет опасность для здоровья человека.

Патогенные бесспорные бактерии (например, брюшно-тифозные, дизентерийные), попадая в почву, сохраняются в ней неделями и месяцами, споры бактерий и некоторые аспорогенные виды – годами.

Санитарно-микробиологические исследования почвы проводят с целью выявления бактерий группы кишечных палочек общего числа сапрофитных бактерий, бактерий рода *Proteus*, анаэробов (*Cl. perfringens*) и термофильных микроорганизмов, определяющих характер ее загрязнения.

Микрофлора воды

Природные воды являются, как и почва, естественной средой обитания многих микроорганизмов, где они способны жить, размножаться, участвовать в процессах круговорота углерода, азота, серы, железа и других элементов. Численный и видовой состав микрофлоры природных вод разнообразен.

Состав микрофлоры *подземных вод* (артезианской, ключевой, грунтовой) зависит главным образом от глубины залегания водоносного слоя, его защищенности от попадания загрязнений извне. Артезианские воды, находящиеся на больших глубинах, содержат очень мало микроорганизмов. Подземные воды, добываемые через обычные колодцы из некоторых водоносных слоев, куда могут просачиваться поверхностные загрязнения, содержат обычно значительные количества бактерий, среди которых могут быть и болезнетворные. Чем ближе к поверхности расположены грунтовые воды, тем обильнее микрофлора.

Поверхностные воды – воды открытых водоемов (рек, озер, водохранилищ и др.) – характеризуются большим разнообразием видов микрофлоры в зависимости от химического состава воды, характера использования водоема, заселенности прибрежных районов, времени года, метеорологических и других условий. Помимо постоянных обитателей, в открытые водоемы попадает много микроорганизмов извне. Например, в реке, протекающей в районе крупных населенных пунктов или промышленных предприятий, вода может содержать сотни тысяч и миллионы бактерий в 1 см³, а выше этих пунктов – всего лишь сотни или тысячи бактерий в таком же объеме.

В воде прибрежной зоны водоемов, особенно стоячих, микроорганизмов больше, чем вдали от берега. Больше микроорганизмов содержится также в поверхностных слоях воды, но особенно много их в иле, главным образом в его верхнем слое, где образуется как бы пленка из бактерий, играющая большую роль в процессах превращения веществ в водоеме.

Значительно возрастает число бактерий в открытых водоемах во время весеннего половодья или после обильных дождей, а также при сбрасывании хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. С различными органическими и минеральными загрязнениями сточных вод в водоемы попадают как сапрофитные, так и патогенные микроорганизмы.

Хотя вода и не является благоприятной средой для размножения болезнетворных микроорганизмов, многие из них в ней длительно сохраняют жизнеспособность и вирулентность. Например: бруцелла – 72 дня, туберкулезная палочка – 5 мес., некоторые патогенные вирусы – более 100 дней.

Для хозяйственно-питьевых целей, в качестве источников водоснабжения используют, кроме открытых водоемов, и подземные (артезианские, родниковые) воды.

Питьевая вода по составу и свойствам должна быть безопасной в эпидемиологическом отношении, безвредной по химическому составу и иметь хорошие органолептические показатели.

Наиболее удовлетворяют этим требованиям артезианские воды, многие из них не нуждаются в очистке. Воду из открытых водоемов подвергают на водопроводных станциях обработке с целью улучшения ее физических и химических свойств и обеззараживания – освобождения от микроорганизмов, главным образом болезнетворных.

Обеззараживают (дезинфицируют) воду обычно методом хлорирования. В практику водоснабжения внедряются новые методы дезинфекции воды – озонирование и облучение бактерицидными ультрафиолетовыми лучами и др. Ультрафиолетовое облучение может быть применено только для обработки воды с незначительной цветностью и мутностью. Озонирование, кроме бактерицидного действия, улучшает органолептические свойства воды.

Санитарно-микробиологическое исследование воды, поступающей в систему централизованного водоснабжения осуществляется в районных и городских центрах санитарно-эпидемиологического надзора. В воде определяют количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерий группы кишечных палочек (БГКП), фекальных кишечных палочек, энтерококков, сальмонелл, бактерий рода *Proteus*, *Clostridium perfringens*, энтеровирусов.

Оценку качества питьевой воды проводят по комплексу химических, органолептических и бактериологических показателей. В соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» общее микробное число (КМАФАнМ)

должно составлять не более 50 клеток в 1 см³, термотолерантные колиформные бактерии должны отсутствовать в 100 см³, общее количество колиформных бактерий должно отсутствовать в 100 см³, колифаги БОЕ (бляшкообразующих единиц) должны отсутствовать в 100 см³, споры сульфитредуцирующих клостридий должны отсутствовать в 20 см³; число цист лямблий должны отсутствовать в 50 л.

Вода колодцев и открытых водоемов признается доброкачественной при колититре – не менее 100 см³, общее число бактерий должно быть не выше 1000 в 1 см³.

В отдельных случаях при санитарной оценке воды в качестве санитарно-показательного микроорганизма наряду с бактериями группы кишечных палочек используют энтерококк (*Enterococcus*).

В Международном Европейском стандарте на питьевую воду энтерококк введен как дополнительный показатель фекального загрязнения воды.

Санитарно-гигиенические нормы для воды, используемой в торговле, в пищевой промышленности и на предприятиях общественного питания, такие же, как и нормы для питьевой воды централизованного водоснабжения.

Микрофлора воздуха

В атмосферный воздух микроорганизмы попадают из почвы, с растений, тела человека и животных. Попадают они и с пылью, поднимающейся с различных объектов.

Воздух не является благоприятной средой для развития многих видов микроорганизмов из-за отсутствия в нем капельно-жидкой влаги. В воздухе микроорганизмы сохраняют жизнеспособность лишь определенное время, а некоторые из них довольно быстро погибают под влиянием солнечной радиации и частичного обезвоживания клетки.

Численный и видовой состав микрофлоры воздуха существенно изменяется в зависимости от географических и климатических особенностей региона, времени года, метеорологических условий, санитарного состояния местности и ряда других факторов.

Единичные клетки микроорганизмов в 1 м³ обнаружены над морями, океанами, льдами Арктики, высоко в горах, в тайге. В воздухе населенных пунктов (особенно крупных промышленных городов) содержится значительно больше микроорганизмов. Особенно много их в местах скопления отходов, свалок. По мере удаления от населенных мест количество микроорганизмов в воздухе снижается.

Большую роль в снижении численности микробов в воздухе играют зеленые насаждения. Листья деревьев и кустарников обладают значительной пылезадерживающей

способностью. Кроме того, фитонциды растений оказывают на микроорганизмы губительное воздействие.

В воздухе находятся обычно микрококки, сарцины, различные спороносные и бесспорные бактерии, дрожжи, споры грибов. Встречаются патогенные микроорганизмы: вирусы, туберкулезная палочка, пневмококки, возбудители стрептококковых и стафилококковых инфекций.

Основными источниками инфицирования воздуха патогенными микроорганизмами являются больные люди и животные, различные отходы и отбросы.

Численный и видовой состав микрофлоры воздуха жилых и производственных помещений изменяется в широких пределах в зависимости от скопления людей, санитарно-гигиенического состояния помещений, периодичности их уборки и вентилирования, а также вида перерабатываемой продукции и характера технологических операций. Так, в 1 м³ воздуха холодильных камер (при 1-0 °С), где хранились корнеплоды, число спор мицелиальных грибов достигало нескольких десятков тысяч, дрожжей и бактерий – несколько тысяч, а в 1 м³ воздуха холодильной камеры с яблоками были обнаружены лишь единичные споры мицелиальных грибов, несколько десятков дрожжей и сотен бактерий (А.А. Кудряшова). При сортировке и расфасовке овощей число микробов в воздухе помещения увеличивается в сотни тысяч раз, а в местах складирования отходов их еще больше.

Существенное влияние на численный и видовой состав микрофлоры воздуха камер хранения оказывает их санитарное состояние (степень обсеменения микробами стен, потолка, пола). При наличии на стенах и потолке визуально обнаруженного роста микроорганизмов количество их в 1 м³ воздуха помещения составляет сотни тысяч и даже миллионы клеток. Воздух таких помещений является источником инфицирования микроорганизмами хранящихся в них пищевых продуктов.

Развиваются на стенах и потолке чаще грибы родов *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*. Встречаются и представители родов *Mucor*, *Botrytis*, *Rhizopus*.

Микрофлора воздуха, стен, потолка камер хранения изменяется в зависимости от температуры, вида продукции и длительности ее хранения. Чем ниже температура, тем меньше микроорганизмов; с увеличением срока хранения число их возрастает, при этом изменяется и видовой состав микрофлоры – он становится менее разнообразным.

Для предотвращения развития микробов в камерах хранения необходимо регулярно проводить побелку и окраску стен и потолков, а также систематически мыть и дезинфицировать пол. В побелку целесообразно добавлять дезинфицирующие средства. Обработать производственные помещения следует до закладки продукции на хранение, а

также непосредственно после освобождения складов от длительно хранившейся продукции.

При санитарно-гигиенической оценке помещений определяют в воздухе общую бактериальную обсемененность (в 1 м³), содержание санитарно-показательных микроорганизмов, наличие патогенных форм, дрожжей и мицелиальных грибов. Санитарно-показательными микроорганизмами служат гемолитические (растворяющие эритроциты крови) стрептококки и стафилококки.

Воздух закрытых помещений считается чистым, если количество микроорганизмов в 1 м³ его не превышает 2000 клеток, содержание гемолитических стрептококков – не более десяти (Е.И. Гончарук).

На предприятиях пищевой промышленности основное внимание должно быть уделено выявлению санитарно-показательных микроорганизмов, возбудителей пищевых заболеваний, а также микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов. Считается, что в воздухе пищевых производственных цехов должно содержаться не более 100-500 бактерий в 1 м³ в зависимости от характера производства.

Воздух помещений цехов, например на предприятиях молочной промышленности, оценивается на «хорошо», если в посевах (5 мин оседания микрофлоры воздуха) на поверхности питательной среды в чашке Петри вырастает: колоний бактерий – 20-50, дрожжей и мицелиальных грибов – до 5; «удовлетворительно» – соответственно – 50-70 и до 5 (Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина).

Воздух холодильных камер исследуют на загрязненность спорами мицелиальных грибов.

Для промышленных холодильников установлена Инструкция по определению и оценке зараженности стен и воздуха холодильных камер плесенями, которая изложена в Санитарных правилах для холодильников (разработчик – ВНИИКТИхолодпром, 1988 г.). Санитарная оценка холодильных камер по степени зараженности их плесенями представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Санитарная оценка холодильных камер по степени зараженности их плесенями при минус 12 °С

Оценка санитарного состояния холодильной камеры	Воздух	Стены
	общее количество плесеней, осевших на чашку Петри за 5 мин (среднее по пяти чашкам)	общее количество колоний плесеней на 1 см ² поверхности (среднее по трем чашкам)
Хорошо	0-10	0-20
Удовлетворительно	11-50	21-100
Плохо	Более 50	Более 100

Для обеззараживания воздуха пищевых производственных помещений, холодильных камер, технологических цехов пропускают через специальные фильтры, задерживающие микроорганизмы. Применяют также дезинфицирование воздуха химическими веществами, безвредными для человека, продукции и оборудования. Используют озонирование воздуха, ультрафиолетовое облучение его и др.

Первая попытка применения *озона* для дезинфицирования воздуха холодильных камер была сделана еще в 1909 г. (в г. Кельне) с целью увеличения сроков хранения пищевых продуктов. В СССР в 1938 г. в Ленинграде М.В. Тухнайдом проводилось озонирование холодильных камер с плодами, яйцом, мясом при концентрациях озона 3-6 мг/м³.

Эффективность озонирования существенно зависит от концентрации озона, продолжительности обработки, численности и видового состава микрофлоры объекта.

В результате озонирования камеры хранения в течение 3,5-4 ч при концентрации озона 10 мг/м³ количество микроорганизмов резко снижается не только в воздухе, но и на полу и стенах. Количество мицелиальных грибов на поверхности стен уменьшается на 97-98%, бактерий – на 87-88%, а дрожжи почти все погибают; в воздухе гибнет до 99% всех видов микроорганизмов (А.А. Кудряшова).

Высокий бактерицидный и фунгицидный эффект дает даже непродолжительная (в течение 10 мин) обработка воздуха производственных помещений *двуокисью азота*, которая, как и озон, обладает сильными окислительными свойствами, что и обуславливает широкий антимикробный спектр действия и высокий эффект.

Обработку двуокисью азота и озоном осуществляют в соответствии с санитарными правилами только в камерах, имеющих хорошую герметизацию.

Молочная кислота в виде аэрозоля также дает положительные результаты при дезинфицировании воздуха производственных помещений.

Наиболее эффективным способом снижения микроорганизмов в воздухе в производственных помещениях предприятий пищевой промышленности является совместное использование химических и физических методов дезинфекции: распыление в виде аэрозоля водного раствора глутарового альдегида, его производных или надуксусной кислоты и сообщение аэрозольным частицам отрицательного электрического заряда; аэрозольного распыления различных химических препаратов и облучение ультрафиолетовым светом; сочетание аэрозольного распыления препарата с получением биполярных аэроионов; распыление дезинфицирующего средства и последующее электростатическое воздействие; ионизирующее излучение в небольших дозах с добавлением биоцидов и др. (Л.А. Сухарева, М.И. Губанова, Г.В. Семенов, Ю.М. Басин).

Микрофлора тары и упаковочных материалов

Тара и упаковочные материалы непосредственно контактируют с пищевыми продуктами на всех этапах их продвижения к потребителю. Поэтому их санитарное состояние, степень обсемененности микробами имеют большое значение, особенно при хранении продукции.

Численный и видовой состав микрофлоры существенно изменяется в зависимости от вида тары и упаковочных материалов, структуры их поверхности, степени использования, санитарного состояния, условий содержания и других факторов.

Обсемененность тары микробами резко увеличивается при затаривании невымытых овощей с почвой на поверхности.

Особо опасно затаривание продукции во влажные тару и упаковочные материалы. На них могут быстро и активно, даже при температуре около 0°C, развиваться мицелиальные грибы, что приводит к инфицированию затаренной продукции.

На 1 см² применяемой упаковочной бумаги обнаруживаются обычно сотни и тысячи микроорганизмов (споры мицелиальных грибов, бактерии, дрожжи).

На поверхности новых тканевых и полимерных материалов встречаются многочисленные виды микроорганизмов в разных количествах в зависимости от природы и вида материала. При этом на поверхности тканевых материалов микроорганизмов в 10-100 раз больше, чем на полимерных пленках, и видовой состав микрофлоры более разнообразен. Это различные дрожжи, спорообразующие и бесспорные, слизиобразующие и кислотообразующие бактерии.

На тканевых и полимерных упаковочных материалах и упаковочной бумаге встречаются грибы рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Rhizopus*; среди них преобладают виды рода *Penicillium*.

Одним из достижений в области упаковки пищевых продуктов являются пленки.

Барьерные пленки состоят из комбинации материалов, каждый из которых обладает определенными физическими свойствами. Сочетание этих свойств создает внутри упаковки оптимальные для хранения продукта условия.

Барьерные пленки применяются для вакуумной упаковки мяса, рыбы, птицы, и других продуктов питания, увеличивается при этом срок хранения в среднем в 1,5-2 раза. (М. Быковский).

В настоящее время в России и за рубежом разрабатываются и внедряются новые упаковочные материалы, так называемые «активные упаковки», содержащие функциональные добавки (поглотитель газов, адсорбенты влаги, антимикробные препараты и т.д.)

Тару, бывшую в употреблении, необходимо мыть и дезинфицировать. Мойка тары позволяет на 2-4 логарифмических порядка снизить численность микроорганизмов на ее поверхности. Степень снижения численности микроорганизмов в процессе мойки зависит от санитарного состояния и характера поверхности тары, температуры воды и степени ее обсемененности микроорганизмами.

Дезинфицируют тару химическими веществами, горячей водой или паром, ионизирующим излучением, озоном и др. Так, эффективна обработка тары двуокисью азота, имеющая ряд преимуществ – кратковременное воздействие, высокие фунгицидный и бактерицидный эффекты. После обработки тара не оказывает отрицательного влияния на товарное качество пищевых продуктов, не приобретает постороннего запаха и не претерпевает нежелательных изменений. Диоксид азота, как и озон, не адсорбируется поверхностью тары.

Эффективна обработка жестяной, полимерной, стеклянной тары, полимерных и тканевых упаковочных материалов стандартным и разбавленным раствором *йодинола*. Разбавленные растворы (1:10, 1:25) йодинола эффективны при невысокой ($10\text{-}10^4$ клеток на 1 см^2) степени обсемененности объектов.

Разработан способ обеззараживания ультрафиолетовым излучением тары из полимерного материала, на которую предварительно нанесен тонкий слой раствора перекиси водорода с концентрацией от 9 до 36%. Это способствует максимальному обеззараживанию тары. Антимикробное действие ультрафиолетового излучения проявляется в деструктивно-модифицирующих фотохимических повреждениях ДНК в клеточном ядре микроорганизмов, что приводит к гибели микробной клетки в первом или последующих поколениях (О.Б. Федотова, С.Г. Шашковский, патент РФ № 2333872).

Тару с шероховатой поверхностью и неровностями, где могут накапливаться микроорганизмы, а также тюки и рулоны тканевых и полимерных материалов возможно подвергать радиационной обработке. Для некоторых видов тары может применяться термическая обработка водой (98-100 °С) или перегретым паром.

Дезинфицируют тару в соответствии с действующей нормативной документацией в специальных камерах фумигационного типа, удаленных от основных производственных помещений.

Для предотвращения обсеменения упаковочных материалов и для защиты продуктов от порчи используют модифицированные упаковочных материалы, обработанные (внешне или в процессе изготовления упаковки) антисептическими средствами, такими как:

- антибиотики (пимарицин, натамицин и др.);

- средства на основе нетоксичных добавок с антибактериальным, консервирующим, антиоксидантным и другими свойствам (хелатные соединения (D.L. Wilhoit), хмелевые кислоты и смолы (W. King, X. Ming), экстракты бересты (Ю.А. Ткаченко, М.Ю. Кулькин) и др.);
- неорганические вещества (ионы меди и цинка (Erna Kast), серебра и др.);
- гуанидинсодержащие полимеры (N.F. Falendysh, G.F. Mysan и др.).

Микрофлора тела человека

Люди, соприкасающиеся с пищевыми продуктами, также являются источником их инфицирования микроорганизмами.

Микрофлора тела здорового человека составляет по данным разных авторов от 2 до 4 кг и представлена постоянными обитателями, составляющими «нормальную» микрофлору организма, и временными микробами, попадающими из воздуха, с одежды и других объектов с водой, пищевыми продуктами.

Микрофлора кожи. На поверхности тела человека общее количество микроорганизмов может достигать больших количеств. Особенно много микроорганизмов на коже рук. Японскими исследователями показано, что на 1 см² середины ладони находятся до 450000 бактерий, а в содержимом подногтевой пластинки, в зависимости от объема (коротко или длинно остриженные ногти) от $4,2 \cdot 10^3$ до $1,5 \cdot 10^6$ микробных клеток (С. Ковабата, М. Харута). Постоянные обитатели кожи сарцины, стафилококк, стрептококки, некоторые виды дрожжей и мицелиальных грибов, могут присутствовать патогенные и условно-патогенные микроорганизмы. Микроорганизмы кожи питаются выделениями потовых и сальных желез и слущенными клетками эпителия. Временная (непостоянная) микрофлора тела человека разнообразна и находится в инертном состоянии.

При наличии на теле фурункулов и абсцессов запрещается контакт работников с пищевыми продуктами.

Микрофлора полости рта. В полости рта человека насчитывается более 150 видов микроорганизмов. Численный и видовой состав микрофлоры зависит от возраста человека, особенностей питания, состояния зубов, десен и миндалин. При заболевании зубов, десен и миндалин количество микроорганизмов в полости рта значительно увеличивается. Разрушение плотной ткани зубов вызывают *Spirochaeta microdentium* и некоторые другие микробы, а заболевание десен и миндалин – патогенные стафилококки и стрептококки. В полости рта постоянно обитают микрококки, диплококки, стафилококки, стрептококки, кислотообразующие палочки, вибрионы, спириллы, спирохеты. Среди случайной микрофлоры могут быть разнообразные вирусы, бактерии, актиномицеты, дрожжи и др.

Микрофлора дыхательных путей. Она изменяется в зависимости от состава микрофлоры вдыхаемого воздуха. Большинство микроорганизмов задерживается в полости носа, но небольшое количество их проникает в верхние отделы дыхательных путей. Бронхиолы и альвеолы не содержат микроорганизмов.

Несмотря на то, что слизистая оболочка носа продуцирует бактерицидные вещества (муцин, лизоцим), в полости носа всегда присутствуют стрептококки, микрококки, стафилококки, диплококки, а также капсульные грамотрицательные бактерии. На слизистой оболочке верхних дыхательных путей микрофлора беднее, так как осевшие микробы погибают под действием бактерицидных свойств слизи, содержащей лизоцим. Помимо кокковых форм бактерий встречаются микоплазмы, аденовирусы.

Микрофлора желудочно-кишечного тракта. Она значительно различается по численному и видовому составу на разных его участках. При этом имеют значение возраст человека, состояние его здоровья. При нормальном функционировании желудка микрофлора его относительно бедна вследствие высокой кислотности и бактерицидных свойств желудочного сока.

В тонком отделе кишечника микроорганизмов содержится немного больше, чем в желудке (несмотря на щелочную среду), что обусловлено бактерицидными свойствами секрета. В этом отделе кишечника содержатся в основном кислотообразующие бактерии и энтерококки.

В толстом отделе кишечника и в прямой кишке находится очень большое количество разнообразных микроорганизмов. В 1 г экскрементов человека насчитывается несколько миллиардов микробных клеток. Масса выделяемых человеком во внешнюю среду микробов составляет более 30% сухого вещества испражнений. Среди этой микрофлоры преобладают грамположительные анаэробные бактерии – бифидобактерии (близкие к молочнокислым), кишечная палочка (*Escherichia coli*) и родственные ей формы. Постоянно обнаруживаются энтерококки, лактобациллы, протей, споровые анаэробные бактерии *Clostridium perfringens*, *Cl. sporogenes*.

Микрофлора кишечника активно участвует в пищеварении, разложении пектиновых веществ и клетчатки, в синтезе витаминов (В₁₂, К, Е, Н и др.). *E. coli* и молочнокислые бактерии обладают антибиотическими свойствами по отношению к патогенным и гнилостным бактериям.

При избыточном употреблении антибиотиков, неправильном питании, снижении иммунитета нередко происходит изменение состава нормальной микрофлоры – вытеснение ее неспецифическими видами микроорганизмов (дисбактериоз).

При несоблюдении правил личной гигиены больной человек и бациллоноситель могут послужить источником инфицирования пищевых продуктов условно-патогенными и патогенными микроорганизмами.

ГЛАВА 7. МИКРОБИОЛОГИЯ И САНИТАРИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Многие пищевые продукты являются хорошей средой для развития микроорганизмов. В целях предотвращения микробной порчи при транспортировании, хранении и реализации необходимы знания микрофлоры продуктов, ее происхождения, свойств отдельных ее представителей, возможной их биохимической деятельности, условий развития. Микробиологическая характеристика качества продуктов питания, особенно не подвергнутых тепловой обработке перед употреблением, имеют первостепенное значение. В продуктах могут присутствовать не только возбудители их порчи, но и микробы, опасные для жизни потребителя.

Требования, предъявляемые к качеству продуктов по микробиологическим показателям, роль отдельных пищевых продуктов в возникновении заболеваний (инфекционных и отравлений) описаны ранее в главе 5.

Микробиология молока и молочных продуктов

Молоко. В сыром молоке даже при соблюдении санитарно-гигиенических условий его получения обычно обнаруживается некоторое количество бактерий. При несоблюдении санитарно-гигиенических условий получения молоко может быть обильно инфицировано микробами, находящимися на поверхности вымени, попадающими из соскового канала, с рук доильщиков, доильной аппаратуры и посуды, из воздуха и т.д. По данным Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности (ВНИМИ), в сборном молоке, отобранном непосредственно на фермах, общее количество бактерий колеблется от $4,6 \cdot 10^4$ до $1,2 \cdot 10^6$ в 1 см³.

Микрофлора свежего сырого молока разнообразна. В ней обнаруживаются бактерии молочнокислые, маслянокислые, группы кишечных палочек, гнилостные и энтерококки, а также дрожжи. Среди них имеются микроорганизмы, способные вызывать изменение белковых веществ и жира

молока, его цвета (посинение, покраснение), консистенции. Могут встречаться и возбудители различных инфекционных заболеваний (дизентерии, бруцеллеза, туберкулеза, вирус ящура) и пищевых отравлений (золотистый стафилококк, сальмонеллы, листерии, иерсинии).

При хранении молока количество содержащихся в нем микроорганизмов и соотношение между отдельными их видами изменяются. Характер этих изменений зависит от температуры и продолжительности хранения молока до момента потребления или переработки.

В свежесвыдоенном молоке содержатся антимикробные вещества лактенины, лизоцимы и др., которые в первые часы после дойки задерживают развитие в молоке бактерий и даже вызывают гибель некоторых из них. Период времени, в течение которого сохраняются антимикробные свойства молока, называют *бактерицидной фазой*. Бактерицидность молока снижается со временем и тем быстрее, чем больше в молоке бактерий и чем выше его температура.

Свежесвыдоенное молоко имеет температуру около 35 °С. При 30 °С бактерицидная фаза молока с небольшой исходной обсемененностью продолжается до 3 ч, при 10 °С – до 20, при 5 °С – до 36, при 0 °С – 48 ч. При одной и той же температуре выдержки молока с исходной бактериальной обсемененностью 10^4 в 1 см³, бактерицидная фаза при 3-5 °С длится 24 ч и более, а при содержании в 1 см³ 10^6 бактерий – только 3-6 ч (Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина). Для удлинения бактерицидной фазы молоко необходимо как можно быстрее охладить.

По окончании бактерицидной фазы начинается размножение бактерий, и тем быстрее, чем выше температура хранения молока. Если температура хранения выше 8-10 °С, то уже в первые часы после бактерицидной фазы в молоке начинают развиваться различные мезофильные бактерии. Этот период называется *фазой смешанной микрофлоры*. К концу этой фазы развиваются в основном молочнокислые бактерии, в связи с чем повышается кислотность молока. По мере накопления молочной кислоты развитие других бактерий, особенно гнилостных, подавляется, наступает *фаза молочнокислых бактерий*, молоко при этом сквашивается.

В молоке, сохраняемом при температуре ниже 8-10 °С, большинство молочнокислых бактерий почти не размножается, что способствует развитию холодоустойчивых (психротрофных) бактерий, преимущественно рода

Pseudomonas, способных вызывать разложение белков и жира; при этом молоко приобретает горький вкус. Прогоркание сырого молока вызывают также бактерии рода *Alcaligenes* и споровая бактерия *Bacillus cereus*. Многие исследования (Е.Л. Моисеева, S. Thomas и др.) указывают, что органолептические показатели качества молока изменяются, когда в 1 см³ его содержится 10⁶-10⁸ бактерий.

Физические и химические изменения состава молока могут быть связаны с появлением соматических клеток (Х. Хауке, В. Шанхерр). По происхождению различают клетки вымени и клетки крови. Клетки вымени (эпителиальные клетки) образуются в вымени в процессе естественного старения и обновления и являются составной частью молока. В молоке здоровой коровы они составляют 60-70 % общего количество соматических клеток. Остальная часть представлена клетками крови – лейкоцитами. Воспалительные явления в вымени (маститы, вызываемые стафилококками) связаны с повышением содержания соматических лейкоцитарных клеток. Поэтому общий высокий уровень соматических клеток служит индикатором того, что молоко получено от больных коров.

В настоящее время определение количества соматических клеток в молоке признано во всем мире в качестве показателя санитарного состояния молока. В связи с этим установлены верхние границы допустимого содержания соматических клеток в 1 см³ в сыром молоке высшего сорта – не более 2·10⁵, в сыром молоке первого и второго сорта – не более 1·10⁶ клеток¹.

Для сохранения в свежем виде молоко охлаждают на молочной ферме или сборном пункте до температуры 5-3 °С и в охлажденном состоянии доставляют на молокозаводы. Молоко очищают от механических загрязнений, пастеризуют или стерилизуют, охлаждают, разливают во фляги, Tetra Brik Aseptic или другую тару и упаковку и направляют на реализацию.

Основным показателем качества сырого молока является его общая бактериальная обсемененность. В нашей стране она определяется косвенным методом – по редуктазной пробе, т. е. по времени восстановления индикатора (метиленовой сини или резазурина), внесенного в пробу молока. Метод основан на том, что бактерии выделяют в среду анаэробную дегидрогеназу (по старой

¹ Данные нормы действуют до 01 июля 2017 г. В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) с 01 июля 2017 г. допустимое содержание соматических клеток в сыром молоке составит в 1 см³ не более 7,5·10⁵.

терминологии – редуктазу) – фермент, обладающий восстановительными свойствами. Чем больше бактерий, больше фермента, тем скорее восстанавливается индикатор, при этом меняется его окраска.

Во ВНИМИ при участии Государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии (ГНЦ ПМБ) разработан индикаторный биосенсорный анализатор «Биолак», предназначенный для контроля качества молока как экспресс-метод. Метод основан на корреляционной зависимости между количеством молочной кислоты, образуемой в ходе развития молочнокислых бактерий и бактериальной обсемененностью молока, т.е. количество лактата в пробах молока является критерием их бактериальной обсемененности (Л.П. Брусиловский, С.Ф. Драгунова, С.В. Ананьев и др).

Таблица 15 – Определение класса молока с помощью биосенсорного анализатора «Биолак»

Класс молока	Число бактерий, млн клеток/см ³	Концентрация лактата, %	Концентрация лактата, ммоль
I	До 0,5	До 0,012	До 1,3
II	0,5-4	0,012-0,018	1,3-2
III	4-20	0,018-0,023	2-2,5
IV	Более 20	Более 0,023	Более 2,5

Для повышения сохранности сырого молока помимо охлаждения в него вводят в ограниченных количествах тиоцианат натрия, перекись водорода, двуокись углерода.

Для сохранения качества молока его подвергают пастеризации, стерилизации или ультрапастеризации.

В соответствии техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»¹ пастеризация, стерилизация и ультрапастеризация – это процесс термической обработки сырого молока или продуктов его переработки в целях соблюдения установленных требований к микробиологическим показателям безопасности.

Пастеризация молока осуществляется при температуре 63-120 °С с выдержкой, обеспечивающей снижение количества любых патогенных микроорганизмов в сыром молоке до уровней, при которых эти микроорганизмы не наносят существенный вред здоровью

Целью пастеризации молока является уничтожение в нем болезнетворных бактерий и возможно более полное снижение общей обсемененности сапрофитными бактериями. Эффективность пастеризации молока зависит от количественного и качественного состава его микрофлоры, главным образом от количества термостойких бактерий. Чем выше обсемененность ими, тем менее эффективна термическая обработка. Питьевое молоко обычно пастеризуют при 76 °С с выдержкой 15-20 с. Режим пастеризации молока, используемого для изготовления кисломолочных продуктов, более жесткий.

Качество обработки устанавливается по отрицательной реакции на фосфатазу. Этот фермент, присутствующий в свежем молоке, разрушается при температуре более высокой (требуется большая выдержка нагревания), чем патогенные бактерии, которые могут находиться в молоке.

При пастеризации сохраняется некоторое количество вегетативных клеток термофильных и термостойких бактерий, а также бактериальные споры. В остаточной микрофлоре молока обнаруживаются главным образом молочнокислые стрептококки фекального происхождения (энтерококки), в небольших количествах – споровые палочки и микрококки.

Микрофлора пастеризованного молока, вышедшего из пастеризатора, и молока, выпускаемого заводом, может значительно различаться. На пути от пастеризатора до розлива в тару молоко инфицируется микроорганизмами (с молокопроводов, оборудования), среди которых многие способны размножаться при низких положительных температурах. Степень вторичного загрязнения

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

пастеризованного молока зависит от санитарно-гигиенических условий производства.

После пастеризации молоко подвергают глубокому охлаждению – до 4-6 °С, иначе оно быстро скисает.

Остаточная микрофлора пастеризованного молока может вызвать его порчу за счет брожения, расщепления белков, жиров и т.д. (рис. 52).

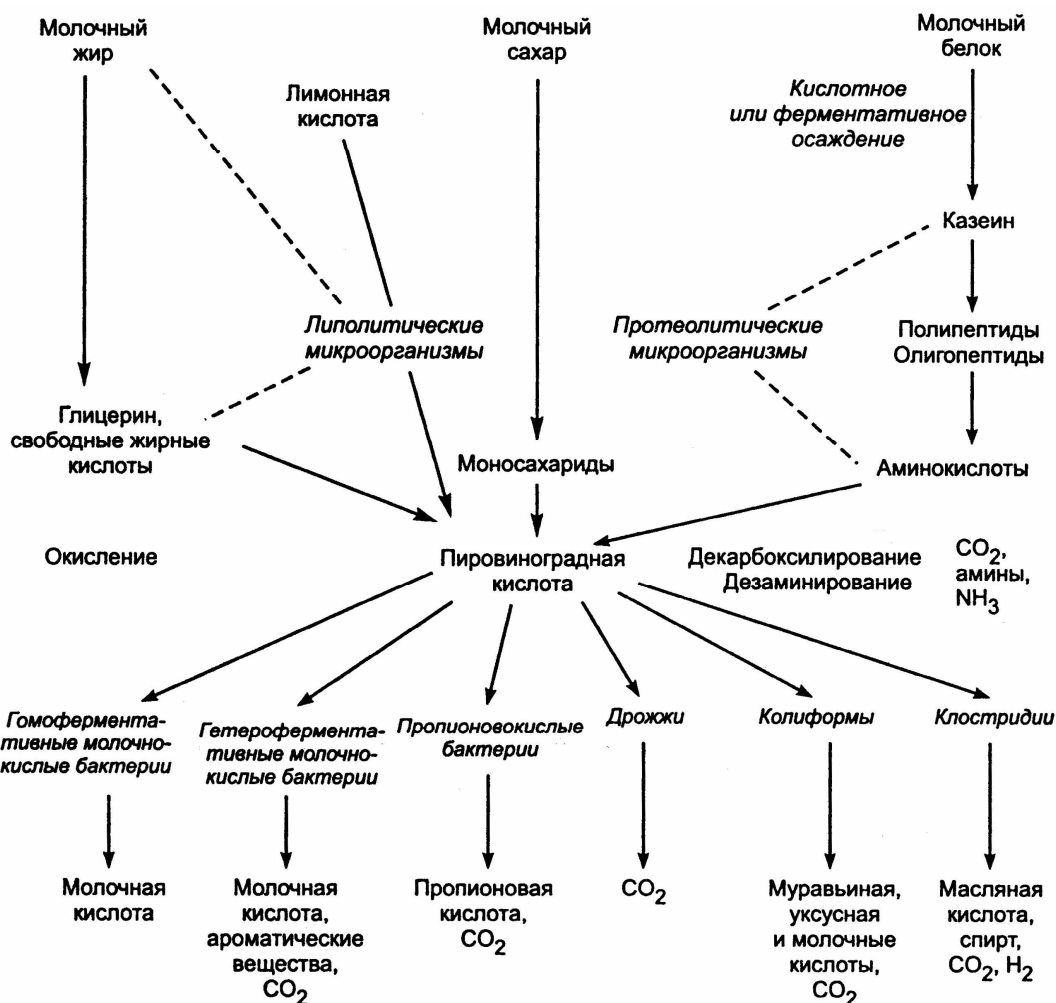


Рис. 52. Обмен веществ, осуществляемый микроорганизмами в молоке

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»¹ КМАФАНМ в пастеризованном молоке в потребительской таре допускается не более 1·10⁵ КОЕ/см³(г), во флягах и цистернах – не более 2·10⁵ КОЕ/см³(г). Не допускаются бактерии группы кишечных палочек (БГКП)

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

в 0,01 см³; золотистый стафилококк в 1 см³ для молока в потребительской таре, во флягах и цистернах в 0,1 см³. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы и листерии в 25 см³. Срок годности пастеризованного молока составляет 36 ч при температуре (4±2) °С (сроки годности и условия хранения стерилизованных, ультрапастеризованных и термизированных после фасовки продуктов указываются в документах на конкретные виды продукции)¹.

При хранении сверх допустимого срока пастеризованное молоко приобретает различного рода пороки вследствие развития представителей остаточной микрофлоры. Чаще всего это: прогорклость, фруктовый и сероводородный запах – при развитии бактерий родов *Pseudomonas* и *Alcaligenes*, а также некоторых споровых бактерий; повышенная кислотность – при росте холодостойких молочнокислых бактерий.

Фляжное молоко перед употреблением следует кипятить.

Стерилизованное молоко может храниться длительное время, не подвергаясь микробной порче, так как в процессе стерилизации его микрофлора уничтожается. Стерилизация осуществляется при температуре выше 100 °С с выдержкой, обеспечивающей соответствие готового продукта требованиям промышленной стерильности. Большое значение имеют бактериальная чистота предназначенного для стерилизации молока, и особенно содержание в нем спор, так как некоторые из них могут при стерилизации сохраниться и вызвать порчу молока при хранении.

Ультрапастеризация молока осуществляется в потоке в закрытой системе с выдержкой не менее чем две секунды одним путем его контакта с нагретой поверхностью при 125-140 °С или путем прямого смешивания стерильного пара с молоком при 135-140 °С. Ультрапастеризация с последующим асептическим упаковыванием обеспечивает соответствие продукта требованиям промышленной стерильности.

Стерилизованное и ультрапастеризованное (ультравысокотемпературнообработанное) молоко должно отвечать следующим требованиям (табл. 16).

¹ Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

Таблица 16 – Санитарные требования к стерилизованному и ультрапастеризованному молоку¹

Наименование продукта	Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более
Ультрапастеризованное молоко без асептического розлива	КМАФАнМ, КОЕ/см ³ (г), не более БГКП (колиформы) в 10 см ³ патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 100 см ³ стафилококки <i>S.aureus</i> в 10 см ³ Листерии <i>L.monocytogenes</i> в 25 см ³	100 не допускаются не допускаются не допускаются не допускаются
Стерилизованные и ультрапастеризованное молоко с асептическим розливом	Требования промышленной стерильности: 1) после термостатной выдержки при температуре 37 °С в течение 3-5 суток отсутствие видимых дефектов и признаков порчи (вздутие упаковки, изменение внешнего вида и другие), отсутствие изменений вкуса и консистенции; 2) после термостатной выдержки допускаются изменения: а) титруемой кислотности не более чем на 2 °Тернера; б) КМАФАнМ не более 10 КОЕ/см ³ (г)	

Кроме пастеризованного и стерилизованного выпускают молоко концентрированное или сгущенное стерилизованное, сгущенное с сахаром и сухое молоко.

Молоко сгущенное стерилизованное выпускают в виде баночных консервов. Микрофлора в этом молоке должна отсутствовать, однако иногда наблюдается его порча. Она проявляется чаще в виде бомбажа (вспучивания) банок, который вызывают термостойкие, спорообразующие анаэробные бактерии *Clostridium putrificum*, сбраживающие лактозу с образованием СО₂ и Н₂, и маслянокислые бактерии. Свертывание молока вызывают термоустойчивые аэробные споровые бактерии (*Bacillus coagulans*, *Bas. cereus*), продуцирующие фермент типа сычужного.

Молоко сгущенное с сахаром выпускают тоже в герметично закрытых упаковках, но его не стерилизуют. Стойкость этого продукта достигается повышенным содержанием сухих веществ, особенно большого количества сахарозы – создается высокое осмотическое давление. Микрофлора состоит из микроорганизмов используемого сырья (пастеризованного молока, сахара) и попавших извне (с аппаратуры, банок и др.) в процессе изготовления. Среди них преобладают микрококки, в меньших количествах обнаруживаются палочковидные бактерии (чаще

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

спорообразующие), а также дрожжи. Согласно техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»¹ в молоке сгущенном с сахаром в потребительской таре допускается КМАФАнМ не более $2 \cdot 10^4$ КОЕ/см³(г), БГКП (колиформы) не допускаются в 1,0 см³; патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 см³.

Наиболее распространенным пороком этого молока при длительном хранении является образование «пуговиц» – уплотнений разного цвета (от желтого до коричневого). Возбудителем чаще всего является шоколадно-коричневая плесень – рода *Catenularia*. Этот гриб обладает значительной протеолитической способностью и может развиваться при минимальном наличии воздуха и высокой концентрации сахара при температуре выше 5 °С (В.М. Богданов). Иногда обнаруживается бомбаж банок, вызываемый осмофильными дрожжами, которые сбраживают сахарозу. При этом снижается содержание сахара и повышается кислотность. Дефекты вкуса и запаха, связанные с изменением белков и жира, вызывают окрашенные и неокрашенные микрококки.

Сухое молоко благодаря низкой влажности (в герметичной таре – не более 4%, в негерметичной – не более 7%) сохраняется без микробной порчи в течение соответственно 8 и 3 мес. В сухом молоке для непосредственного употребления КМАФАнМ должно быть не более $5 \cdot 10^4$ КОЕ/см³(г), БГКП (колиформы) должны отсутствовать в 0,1 см³, золотистый стафилококк – в 1 см³, патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 см³ продукции².

Сливки. Свежие сливки по сравнению с молоком менее обсеменены микроорганизмами, так как большая часть их при сепарировании молока переходит в обезжиренное молоко. Состав микрофлоры сливок обычно сходен с составом сырого молока. При хранении (ниже 10 °С) сырые сливки могут подвергаться порче, сходной с порчей, наблюдаемой при хранении охлажденного сырого молока.

Пастеризация сливок при 80-87 °С (в зависимости от жирности) уничтожает до 99% и более микроорганизмов. В остаточной микрофлоре преобладают термофильные молочнокислые палочки и споры бактерий.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

² Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

В соответствии с санитарными нормами в 1 см³ пастеризованных сливок содержание КМАФАнМ допускается не более 1·10⁵ КОЕ/г в потребительской таре и 2·10⁵ – во флягах и цистернах, БГКП (колиформы) не допускаются в 0,01 см³, патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы и листерии – в 25 см³. Золотистый стафилококк в сливках в потребительской таре должен отсутствовать в 1 см³; во флягах и цистернах в 0,1 см³ продукта¹. Срок годности пастеризованных сливок установлен в 36 ч при температуре (4±2) °С (сроки годности и условия хранения стерилизованных, ультрапастеризованных и термизированных после фасовки продуктов указываются в документах на конкретные виды продукции)².

При превышении срока и температуры хранения может развиваться остаточная и вторичная микрофлора (бактерии группы кишечных палочек, уксуснокислые, рода *Pseudomonas* и др.), попавшая в пастеризованные сливки при прохождении их из пастеризатора через оборудование, что приводит к порче сливок.

Кисломолочные продукты играют большую роль в питании человека, так как кроме пищевой ценности имеют диетическое, а некоторые – и лечебное значение.

По сравнению с молоком, кисломолочные продукты обладают повышенной стойкостью при хранении. Кроме того, они являются неблагоприятной средой для развития многих патогенных бактерий. Это обусловлено их повышенной кислотностью и наличием антибиотических веществ, вырабатываемых некоторыми молочнокислыми бактериями.

Качество и специфические свойства кисломолочных продуктов во многом зависят от направленности и интенсивности протекающих при их выработке микробиологических процессов. Решающее значение имеет нормальное течение молочнокислого брожения.

Приготовление простокваши в домашних условиях (без специального оборудования) основано на естественном (самопроизвольно возникающем) сквашивании молока в результате деятельности находящихся в нем бактерий. Нередко такая простокваша имеет различные дефекты (горечь, неприятный запах и др.).

В условиях промышленной переработки молока при изготовлении различных кисломолочных продуктов, его предварительно пастеризуют, а затем заквашивают

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

² Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

специально подобранными заквасками из чистых или смешанных культур молочнокислых бактерий.

Применение заквасок микроорганизмов с известной биохимической активностью позволяет получить продукт с определенными химическими и органолептическими свойствами, избежать развития случайных микроорганизмов, нарушающих нормальное течение молочнокислого брожения, и обеспечить высокое качество готовой продукции. Для каждого вида продукта установлен определенный режим технологии его производства, который тесно увязан со свойствами заквасочной микрофлоры.

Характеристика используемых при производстве кисломолочных продуктов молочнокислых бактерий была приведена выше.

Большое значение имеют активность используемой закваски и качество перерабатываемого молока. Потеря активности закваской может быть обусловлена наличием в молоке бактериофага или антибиотиков, используемых при лечении коров. Имеет значение и состав остаточной микрофлоры пастеризованного молока. Между ее компонентами и заквасочными микроорганизмами могут возникать различные взаимоотношения, стимулирующие или тормозящие развитие полезной микрофлоры. При ослаблении молочнокислого процесса создаются условия для развития незаквасочной микрофлоры, что приводит к различного рода порокам готового продукта.

Как видно приготовление заквасок сопряжено с целым рядом трудностей.

Современные технологии молочных заквасок предусматривают централизованную подготовку чистых культур в таком виде, который освобождал бы производственные предприятия от необходимости приготовления собственных заквасок. В настоящее время на российских молочных заводах используются закваски прямого внесения – так называемые стартовые культуры, т.е. чистые культуры, которые непосредственно вносятся в перерабатываемое молоко. Это позволяет полностью исключить приготовление заквасок. Закваски прямого внесения содержат один или несколько видов специально подобранных микроорганизмов в различных сочетаниях, предназначенных для производства определенного вида кисломолочного продукта. Зарубежные фирмы предлагают заводам лиофилизированные концентрированные культуры прямого внесения торговых марок FD DVS, EZAL, Mausa и замороженные – ITALAC, F DVS и др. Также на молокоперерабатывающих заводах применяются закваски прямого внесения российских производителей – ЗАО «Вектор-БиАльгам», «Союзснаб» и др.

Достоинством стартовых культур являются: удобство применения, стабильная гарантируемая активность, улучшение микробиологического качества, простота введения, возможность быстрого изменения ассортимента, исключение затрат на приготовление заквасок на заводе.

Простокваша (обыкновенная), сметана, творог. В состав этих кисломолочных продуктов входят мезофильные гомоферментативные молочнокислые стрептококки (*Streptococcus lactis*, *S. cremoris*) и ароматобразующие стрептококки (*S. lactis subsp. diacetylactis*).

При изготовлении творога кроме закваски применяют сычужный фермент, который активизирует процесс. Творог иногда вырабатывают из непастеризованного молока. Такой творог предназначен только для изготовления изделий, подвергающихся перед употреблением термической обработке, так как в нем возможно размножение возбудителей пищевой интоксикации – стафилококков, находящихся обычно в сыром молоке.

При производстве *Любительской сметаны* используют смесь мезофильного стрептококка (*S. lactis*) и термофильного (*S. thermophilus*).

Свежевыработанную сметану, творог, жидкие кисломолочные продукты (кроме термизированных) при реализации в торговой сети не разрешается хранить более 72 ч (с момента выработки) при температуре не выше (4 ± 2) °С.

При более длительном хранении в этих продуктах могут развиваться психротрофные дрожжи, бактерии родов *Pseudomonas* и *Alcaligenes*, плесени – микроорганизмы, попадающие в продукт извне (с производственного оборудования, рук и одежды рабочих, из воздуха). При этом возникают дефекты вкуса и запаха продуктов, а также другие виды порчи.

При развитии дрожжей, сбраживающих молочный сахар, может происходить вспучивание продукта (за счет газообразования) и проявляться спиртовой привкус. Многие дрожжи обладают липолитической активностью – развитие их приводит к прогорканию. Одним из распространенных дефектов сметаны является излишняя кислотность, обусловленная развитием термофильных молочнокислых палочек незаквасочного происхождения (Н.С. Королева).

Творог нередко ослизняется в результате развития слизеобразующих молочнокислых стрептококков. Среди плесеней основным возбудителем порчи сметаны и творога является молочная плесень (*Geotrichum candidum*), растущая на

поверхности продукта в виде толстой, бархатистой пленки кремового цвета. При этом ощущается прогорклость продукта, посторонний неприятный запах, так как этот гриб обладает высокой протеолитической и липолитической способностью.

В целях снабжения населения в межсезонный период творог замораживают при минус 18 °С или минус 20 °С и хранят в холодильнике при температуре минус 18 °С или минус 25 °С в течение 8-12 мес.

Южная и болгарская простокваши (йогурт). Для изготовления этих простокваш используют симбиотическую закваску, содержащую термофильный молочнокислый стрептококк (*S. thermophilus*) и болгарскую палочку (*Lactobacillus bulgaricus*). Болгарская палочка обогащает аромат простокваши, а термофильный стрептококк смягчает ее вкус. Болгарская палочка вырабатывает антибиотические вещества, подавляющие гнилостную микрофлору кишечника. Болгарская палочка, также как и ацидофильная, – активные кислотообразователи, поэтому при допустимом кратковременном хранении этих кисломолочных продуктов развитие в них психротрофных бактерий рода *Pseudomonas* – возбудителей порчи – затруднено.

Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»¹ определяется количество живых молочнокислых микроорганизмов в йогурте и сметане на конец срока годности. Оно должно быть не менее 10⁷ КОЕ в 1 г, а для продуктов, обогащенных бифидобактериями и другими пробиотическими микроорганизмами, – не менее 10⁶.

Ацидофильная простокваша – продукт, близкий к болгарской простокваше, но в состав закваски кроме термофильного молочнокислого стрептококка входит ацидофильная палочка (*Lactobacillus acidophilus*). Для получения необходимой консистенции продукта используют слизеобразующие и не образующие слизи расы ацидофильной палочки.

Ацидофильное молоко и ацидофильную пасту готовят на закваске ацидофильной палочки в определенном соотношении слизистых и неслизистых рас.

Для *ацидофилина* применяют смесь трех заквасок: закваски ацидофильной палочки, закваски для творога и кефирной закваски в соотношении 1:1:1.

Ацидофильные продукты имеют лечебное значение. Ацидофильная палочка способна приживаться в кишечнике. Она вырабатывает вещества, подавляющие

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

развитие туберкулезных, многих гнилостных бактерий и возбудителей кишечных инфекций.

Кефир. При изготовлении кефира используют не чистые культуры микроорганизмов, а естественную симбиотическую кефирную закваску – пастеризованное молоко, сквашенное кефирным грибком.

Кефирный грибок внешне похож на миниатюрную головку цветной капусты; размеры его от 1-2 мм до 3-6 см и более. Микрофлора грибка разнообразна. При микроскопировании выявляется тесное переплетение палочковидных гетероферментативных молочнокислых бактерий (Е.П. Феофилова), которые образуют как бы остов (строму), удерживающий другие бактерии, преимущественно мезофильные и термофильные молочнокислые бактерии, уксуснокислые, дрожжи.

Основная роль в процессе сквашивания и созревания кефира принадлежит мезофильным молочнокислым стрептококкам. Некоторое значение имеют дрожжи и уксуснокислые бактерии. Последние, как и дрожжи, повышают активность молочнокислых бактерий и придают продукту специфические вкус и аромат.

Кефир является, таким образом, продуктом комбинированного (смешанного) брожения: молочнокислого и спиртового. Содержание спирта может достигать до 0,2-0,6% (в зависимости от длительности созревания), образующийся углекислый газ придает продукту освежающий вкус. Выпускаемый промышленностью кефир массового потребления содержит алкоголя очень мало – сотые доли процента (Н.С. Королева).

Ученые, занимающиеся изучением кефира, находят новые, неизвестные до сих пор свойства. Так, исследования устойчивости микрофлоры кефира к низким значениям рН желудка позволили определить, что до 40% микрофлоры кефира способны проходить через желудочно-кишечный тракт и сделать вывод, что кефир относится к пробиотическим продуктам. (В.Ф. Семенихина).

Японскими учеными установлено, что в кефирных грибках содержится полисахарид (кефиран), оказывающий противоопухолевое действие.

В кефире иногда появляется запах сероводорода; вызывают его, по-видимому, гнилостные бактерии. Пороком является образование «глазков» и броженного вкуса, что связано с излишним развитием дрожжей и ароматобразующих бактерий – компонентов кефирного грибка (Н.С. Королева).

Кумыс готовят из кобыльего молока. Приготовление кумыса так же, как и кефира, основано на молочнокислом и спиртовом брожении.

Кобылье молоко отличается от коровьего более высоким содержанием лактозы, растворенных азотистых соединений и витаминов, особенно витамина С, но в нем меньше жира. При сквашивании кобыльего молока казеин выпадает в виде очень мелких хлопьев. В состав закваски входят дрожжи, болгарская и ацидофильная палочки, сбраживающие лактозу и обладающие антибиотической активностью. Спиртовое брожение протекает активно; количество спирта достигает 2-2,5%. В настоящее время кумыс готовят и из коровьего молока, такой кисломолочный напиток называется кумысным продуктом. В зависимости от продолжительности сквашивания и степени созревания получают кумыс разной степени кислотности и с различным содержанием спирта.

Ряженку готовят, используя закваску, состоящую из термофильного молочнокислого стрептококка с добавлением или без добавления небольшого количества болгарской палочки. Ее вырабатывают из топленого молока с добавлением молочных продуктов (сливок) или без их добавления. Молоко перед заквашиванием нагревают до 95 °С в течение 2-3 ч, в результате чего она приобретает вкус и цвет топленого молока.

Имеются и другие кисломолочные продукты, которые изготавливают на естественных заквасках – молоко заквашивают сгустком (остатком) предыдущей выработки. В этом сгустке находятся активные молочнокислые бактерии, часто еще и дрожжи. Примером таких продуктов могут служить различные национальные молочнокислые напитки, например *чал, мацони, курунга, айран*.

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»¹ в готовой кисломолочной продукции контролируют отсутствие бактерий группы кишечных палочек, золотистого стафилококка, патогенных микроорганизмов, в т.ч. сальмонелл в определенном уровне продукта со сроком годности не более 72 ч. В продуктах сохраняемых более 72 ч как показатель стабильности учитываются дрожжи и плесени. В кисломолочных напитках кроме термически обработанных также нормируется содержание молочнокислых микроорганизмов.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

Обнаружение посторонней микрофлоры проводится методом микробиологического анализа.

В последние годы получило развитие новое направление – создание кисломолочных продуктов функционального назначения, способствующих поддержанию и восстановлению микробной экологии человека, в особенности микрофлоры желудочно-кишечного тракта.

По международной классификации в зависимости от способа восстановления микрофлоры человека принято различать продукты: пробиотические, пребиотические и синбиотические.

Пробиотические – содержат в своем составе пробиотики – полезные для человека непатогенные и нетоксикогенные живые микроорганизмы, обеспечивающие при систематическом употреблении в пищу благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и (или) повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника. К пробиотикам относятся живые молочнокислые бактерии и бифидобактерии (см. гл 3).

Пребиотические – продукты, содержащие в своем составе пребиотики – вещества, обеспечивающие при систематическом употреблении в пищу человеком в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате избирательной стимуляции роста и (или) повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника.

Основными видами пребиотиков являются: ди- и трисахариды; олиго- и полисахариды; многоатомные спирты; аминокислоты и пептиды; ферменты; органические низкомолекулярные и ненасыщенные высшие жирные кислоты; антиоксиданты; полезные для человека растительные экстракты и др. Так, вследствие действия фермента β -галактозидазы, продуцируемого термофильным стрептококком, на молочный сахар, образуются важные бифидогенные продукты, повышающие активность бифидобактерий и стимулирующие их развитие (В.И. Ганина, Л.В. Калинина, Е.В. Большакова).

Наиболее выраженный эффект можно получить рациональной комбинацией пробиотиков и пребиотиков. Такие продукты называются *синбиотики*. В них пробиотики и пребиотики оказывают взаимно усиливающее воздействие на физиологические функции и процессы обмена веществ в организме человека.

Учитывая это, разработаны технологические процессы производства кисломолочных продуктов с бифидобактериями, такие как бифилайф, бифилюкс, биоюгурты, биокефир, биоряженка, биосметана и др., которые выпускаются на молочных заводах страны.

Высокий уровень бифидобактерий в кишечнике человека способствует улучшению самочувствия и избеганию раннего увядания организма.

Примером другого направления является создание специализированных биологически активных добавок (БАД) с использованием молочнокислых бактерий и продуктов их жизнедеятельности.

Сливочное масло вырабатывают из пастеризованных сливок. Количество бактерий в них обычно невелико. Это главным образом термостойкие молочнокислые бактерии, споры бактерий.

Количество и видовой состав микроорганизмов в сливочном масле зависят от содержания в нем влаги (плазмы) и способа его изготовления.

Сладко-сливочное масло производят из пастеризованных сливок и содержит разнообразную микрофлору. Она состоит из остаточной микрофлоры пастеризованных сливок и посторонних микроорганизмов (вторичная микрофлора), попавших в масло в процессе выработки с производственного оборудования, из воздуха при фасовании и упаковывании. Это мезофильные и психротрофные споровые и бесспорные палочковидные бактерии, энтерококки и микрококки, среди которых многие способны расщеплять молочный жир и белки. Количество бактерий колеблется в широких пределах – от тысячи до сотен тысяч в 1 г в зависимости от вида масла. Обсемененность поверхностного слоя блока масла обычно выше, чем в его толще.

Кисло-сливочное масло изготавливают из пастеризованных сливок, заквашенных чистыми культурами молочнокислых стрептококков (*S. lactis* и *S. cremoris*). В состав закваски вводят также ароматизирующие стрептококки (*S. lactis subsp. diacetylactis*). Естественно, что кисло-сливочное масло по сравнению со сладко-сливочным содержит значительно больше бактерий, главным образом молочнокислых, присутствуют и дрожжи. Количество бактерий в кисло-сливочном масле, по данным многих исследователей, достигает миллионов и десятков миллионов в 1 г. Посторонняя микрофлора незначительна; развитие ее задерживается молочной кислотой, которую образуют молочнокислые бактерии, и их антибиотической активностью.

Между микробиологическими и органолептическими показателями масла наблюдается некоторая корреляционная зависимость. Исследования большого количества партий сладко-кислого масла, проведенные Е.Л. Моисеевой, показали, что масло, поступившее на холодильное хранение с содержанием бактерий 10^5 - 10^6 в 1 см³, по органолептическим показателям соответствовало 1 сорту; масло с содержанием

бактерий более 10^6 в 1 см^3 – было на пределе стандартного, а более 10^7 в 1 см^3 – нестандартным.

Микроорганизмы могут развиваться лишь в плазме масла, которая представляет собой водный раствор белковых веществ, молочного сахара и солей. Плазма находится в масле в виде мелких капелек различного размера. Чем ниже содержание плазмы в масле и выше степень ее дисперсности, тем больше затруднено развитие в масле микробов.

При положительной температуре хранения сладко-сливочного несоленого масла количество микроорганизмов в нем увеличивается и тем быстрее, чем выше температура. При $15 \text{ }^\circ\text{C}$ уже через 5 дней число бактерий в 1 г достигает десятков миллионов, преимущественно из-за развития молочнокислых бактерий. При низкой положительной температуре ($5 \text{ }^\circ\text{C}$) бактерии развиваются медленнее и растут главным образом не молочнокислые, а посторонние, обладающие протеолитическими и липолитическими свойствами неспорозные палочки родов *Pseudomonas* и *Alcaligenes*, а также микрококки и дрожжи.

При низких положительных температурах хранения кисло-сливочного масла, микрофлора которого в основном состоит из молочнокислых стрептококков, число бактерий снижается; посторонняя микрофлора почти не развивается из-за повышенной кислотности масла (рис. 53).

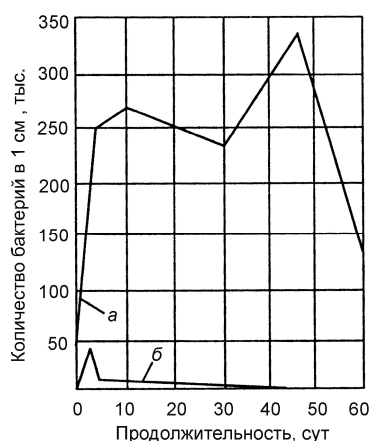


Рис. 53. Изменение количества протеолитических бактерий при температуре $5 \text{ }^\circ\text{C}$ (по данным С.А. Королева): а – сладко-сливочное масло; б – кисло-сливочное масло

Даже непродолжительное хранение при положительных температурах, приводящее к быстрому развитию микроорганизмов, способствует снижению качества масла при дальнейшем хранении его при отрицательных температурах. Это обусловлено

ферментами бактерий, которые накапливаются в масле при жизни бактерий и после автолиза отмерших клеток. Поэтому после выработки масло быстро охлаждают.

Наиболее распространенным пороком сливочного масла является его плесневение. Плесени развиваются главным образом на поверхности масла, особенно при нарушении целостности упаковки, в виде пятен разной окраски; иногда они появляются и внутри блока, если в нем имеются пустоты, образующиеся при неплотной набивке масла. Плесневение чаще вызывают *Geotrichum candidum* и виды рода *Penicillium*, реже – грибы из родов *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*. Кладоспориум (*Cladosporium*) чаще других развивается внутри масла (в виде черных точек) при наличии даже очень малых пустот, так как этот гриб способен расти при ограниченном содержании в среде кислорода. Указанные грибы могут расти при температуре около 0 °С, а *Cladosporium* – при температуре до минус 9 °С (Е.Л. Моисеева).

Плесени, многие виды которых расщепляют молочный белок и жир, вызывают глубокие изменения, проявляющиеся в осаливании и прогоркании, развитии в масле неприятных запахов и вкусов.

Под воздействием микробных ферментов (липаз) жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты. Некоторые из низкомолекулярных жирных кислот обладают прогорклым запахом. Прогорклый вкус придают маслу и продукты более глубокого распада молочного жира (альдегиды, кетоны, перекиси и др.). Аналогичную порчу могут вызвать протеолитические и липолитические бактерии, например неспорозные флюоресцирующие бактерии рода *Pseudomonas*, некоторые споровые бактерии, а также некоторые виды дрожжей.

Для предупреждения плесневения масла рекомендуется обрабатывать упаковочный материал раствором солей пропионовой или сорбиновой кислот.

Масло предназначенное для длительного хранения, замораживают и хранят в холодильниках при температуре от минус 18 до минус 20 °С, применяют и более низкие температуры от минус 25 до минус 30 °С, при этом в масле задерживаются не только микробиологические, но и физико-химические процессы. При холодильном хранении микробы в масле вымирают, особенно в первые месяцы. По данным ВНИИКТИхолодпрома, за 12 мес. хранения сладко-сливочного масла при температуре минус 18 °С общее количество бактерий составляло 16,5% исходного содержания, бактерии группы кишечных палочек не обнаруживались в 1 см³ уже через 3 мес.

Качество соленого масла в процессе хранения снижается быстрее, чем несоленого, так как в присутствии соли процесс окисления жира ускоряется и масло приобретает неприятный привкус. Имеет значение степень обсеменения микробами масла,

закладываемого на длительное хранение. Чем она выше, тем быстрее снижается качество масла.

В соответствии с действующими санитарными нормами в сладко-сливочном и кисло-сливочном соленом и несоленом масле БГКП должны отсутствовать в 0,01 г, золотистый стафилококк в 0,1 г, патогенные, в т.ч. сальмонеллы и листерии в 25 г, дрожжи и плесени не более 100 (в сумме) КОЕ в 1 г. Для масла с компонентами содержание дрожжей и плесеней должно быть не более 100 КОЕ в 1 г для каждого показателя отдельно.

КМАФАнМ в сладко-сливочном масле не должно превышать $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г. В кисло-сливочном масле, при производстве которого используются закваска из молочнокислых бактерий, этот показатель не учитывается. БГКП должны отсутствовать в 0,01 г, золотистый стафилококк – в 0,1 г, патогенные, в том числе сальмонеллы и листерии – в 25 г, дрожжи и плесени не более 100 (в сумме) КОЕ в 1 г¹.

Маргарин молочный. Он имеет микрофлору двух типов – заквасочную, применяемую для сквашивания молока, которое входит в состав маргарина, и постороннюю.

Заквасочная микрофлора представлена гомо- и гетероферментативными молочнокислыми стрептококками (*S. lactis*, *S. cremoris*, *S. lactis subsp. diacetylactis*), с определенной кислото- и ароматобразующей активностью. Продукты брожения этих стрептококков и определяют органолептические достоинства маргарина.

Посторонняя микрофлора разнообразна: это и микроорганизмы сырья, и микроорганизмы, попавшие по ходу технологического процесса извне. Развитие посторонней микрофлоры, которая может вызвать порчу маргарина, возможно в основном в его водно-молочной фазе, находящейся в виде мельчайших капелек, в силу чего размножение микроорганизмов затруднено. Неблагоприятно для многих бактерий и низкое значение рН (около 5,0) этой фазы продукта. Активно развиваются микробы только на поверхности продукта или в местах скопления конденсационной влаги, что происходит при интенсивном охлаждении маргарина, расфасованного во влагонепроницаемую упаковку. Порча проявляется прогорканием, повышением кислотности, плесневением. Для защиты от микробиальной порчи вводят в продукт (или обрабатывают упаковочный материал) бензойную или сорбиновую кислоты и их соли.

Качество оценивают по содержанию бактерий группы кишечных палочек, дрожжей и плесеней. Для маргарина масса продукта, в которой не допускаются бактерии группы

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

кишечных палочек равна 0,01 г, дрожжей не должно быть более $5 \cdot 10^2$ КОЕ в 1 г, плесеней – не более 50¹. Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, должны отсутствовать в 25 г продукта².

Сыр. Свойства сыра – вкус, аромат, консистенция, рисунок – формируются в результате сложных биохимических процессов, основная роль в которых принадлежит микроорганизмам.

Большое влияние на качество готового продукта оказывает сырье – молоко, и прежде всего его чистота – степень обсемененности нежелательными для сыроделия микроорганизмами. Сыры готовят в основном из пастеризованного молока.

Свертывание молока (коагуляцию казеина) производят заквашиванием его молочнокислыми бактериями и введением сычужного фермента.

При выработке каждого вида сыра применяют определенные технологические приемы и режимы. Одни из них способствуют развитию микроорганизмов, другие подавляют их рост.

В сырной массе, кроме заквасочной микрофлоры, содержатся представители остаточной микрофлоры пастеризованного молока и микробы, попавшие извне. Это бактерии группы кишечных палочек, гнилостные, маслянокислые, мезофильные и термофильные молочнокислые стрептококки и палочки, микрококки, дрожжи.

Созревание сыров протекает при активном развитии микробиологических процессов. В первые же дни созревания в сыре бурно развиваются заквасочные молочнокислые бактерии, число их клеток в 1 г сыра достигает миллиардов. Бактерии сбраживают молочный сахар с образованием молочной кислоты, а некоторые продуцируют еще и уксусную кислоту, углекислый газ, водород. Накапливающиеся кислоты подавляют развитие посторонней микрофлоры.

При созревании **твердых сыров с низкой температурой второго нагревания** (типа Голландского) основное значение имеют мезофильные молочнокислые стрептококки закваски (*S. lactis*, *S. cremoris*, *S. lactis subsp. diacetilectis*), а также незаквасочные стрептококки (*S. bovis*), представители остаточной микрофлоры пастеризованного молока. Кроме того, в процессе участвуют и мезофильные молочнокислые палочки (*L. casei*, *L. brevis*), попавшие в продукт в процессе его выработки.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №883.

² Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

При выработке **сыров с высокой температурой второго нагревания** (типа Швейцарского) используют, кроме закваски из мезофильных стрептококков, закваску из термофильных молочнокислых бактерий (сырная палочка) – *L. helveticus* и *S. thermophilus*, которым и принадлежит ведущая роль в молочнокислом процессе. К концу созревания сыра молочнокислые бактерии начинают постепенно отмирать, при чем наиболее быстро – стрептококки. Отмирание бактерий продолжается и при последующем холодильном хранении сыра, но менее активно, чем при созревании.

В процессе созревания сыров происходят изменения не только молочного сахара, но и белков молока. В этих процессах молочнокислые бактерии также играют значительную роль.

Сычужный фермент вызывает начальное расщепление белков – их гидролиз до пептонов. Более глубокий распад – до аминокислот и расщепление их с образованием аммиака, жирных кислот, аминов – вызывают молочнокислые бактерии и их протеолитические эндоферменты, высвобождающиеся после автолиза отмерших клеток. Палочковидные молочнокислые бактерии обладают более высокой протеолитической активностью, чем стрептококки.

Развиваются в созревающих сырах (особенно в Советском, Швейцарском) и пропионовокислые бактерии. Они сбраживают молочную кислоту (ее кальциевую соль) с образованием пропионовой и уксусной кислот и углекислого газа. Уровень кислотности прямо пропорционально влияет на скорость развития пропионовокислых бактерий; чем выше уровень рН, тем быстрее развивается пропионовокислая микрофлора.

Пропионовая и частично уксусная кислота, а также, по-видимому, некоторые аминокислоты и продукты их расщепления придают сырам характерные острые вкус и запах. Развитие штамма *Propionibacterium freudenreichii* связано с формированием сладковатого вкуса вследствие образования свободного пролина, который образуется в результате протеолиза казеина при воздействии фермента пролиламинопептидазы. Накопление в сырах углекислого газа в результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий обуславливает образование сырных «глазков», которые создают рисунок сыра.

При созревании твердых сыров, особенно в начальной стадии процесса, могут активно развиваться бактерии группы кишечных палочек, а в конце созревания – маслянокислые. Рост этих бактерий сопровождается обильным выделением газов (CO_2 и H_2), при этом создается неправильный рисунок сыра, появляются трещины и даже происходит вспучивание продукта. При активном развитии маслянокислых бактерий изменяется консистенция сыра, он приобретает неприятный запах и сладковатый вкус. Возникает и такой порок, как горечь, вследствие развития микроорганизмов, активно

разлагающих белки. Некоторые образующиеся при этом пептиды, обладают горечью. Этот порок могут вызвать некоторые молочнокислые стрептококки.

Значительно снижает качество сыра анаэробная споровая бактерия *Clostridium putrificum*, обладающая резко выраженной протеолитической активностью. Сыр при этом размягчается, консистенция его становится мажущейся, появляются гнилостный запах и неприятный вкус. Однако порча, особенно твердых сычужных сыров, чаще проявляется в плесневении. Развиваются обычно грибы рода *Penicillium*, встречаются и другие (*Aspergillus*, *Cladosporium*). Осповидная плесень – *Oospora* вызывает изъязвление корки. Эта плесень солеустойчива, растет при содержании в среде до 14-16% NaCl.

При плесневении не только снижается товарный вид сыра, но и происходят изменения белковых веществ и жира. Кроме того, многие виды плесеней способны к токсинообразованию. Удаление плесени с поверхности не гарантирует отсутствия токсинов в продукте. Один из источников инфицирования сыров плесенями – камеры для созревания и хранения сыров. Воздух, стены, стеллажи, поверхность кондиционеров всегда в той или иной мере обсеменены плесенями. Помимо соблюдения общих санитарно-гигиенических требований к содержанию камер хранения, эффективны для предотвращения плесневения сыров озонирование, УФ-облучение камер. Применяют также обработку поверхности сыров 0,5-1%-ным раствором сорбиновой кислоты; используют и сорбат калия. В последние годы в нашей стране и за рубежом для бескорковых сыров применяют защитные пленки из полимерных материалов или другие, плотно прилегающие к сыру покрытия, позволяющие создать анаэробные условия, неблагоприятные для развития плесеней.

При выработке **сыров с плесенью**, кроме молочнокислых бактерий, большое значение имеют плесени, которыми специально заражают сыры. Своеобразие вкуса этих видов сыра обусловлено изменением не только молочного сахара и белковых веществ, но и молочного жира, расщепляемого плесенями с образованием летучих жирных кислот.

В производстве Закусочного сыра используют (путем опрыскивания поверхности) мицелиальные грибы *Penicillium candidum* и *P. camemberti*. Помимо плесеней, на поверхности сыра развиваются дрожжи, обладающие протеолитическим действием.

В созревании сыра Рокфор участвует *P. roqueforti*. Споры гриба вносят внутрь сырной массы. Для создания благоприятных аэробных условий для роста гриба сырную головку прокалывают по всей толще. В созревании сыра положительную роль играет и поверхностная микрофлора, в состав которой входят дрожжи, микрококки и палочковидные бактерии.

При выработке некоторых видов сыров со слизью на поверхности (например, Латвийского) большое значения для созревания сыра, помимо заквасочной микрофлоры, имеет слизевая поверхностная микрофлора, состоящая из молочнокислых бактерий, дрожжей, микрококков и протеолитических палочковидных бактерий, продукты жизнедеятельности которых придают сыру специфический вкус.

Для производства сыров, как и для жидких кисломолочных продуктов, в настоящее время используются стартовые чистые лиофилизированные культуры прямого внесения: культуры плесеней для созревания, пропионовокислые и молочнокислые бактерии, защитные культуры, подавляющие рост посторонней микрофлоры.

Компания DANISCO предлагает широкий выбор разнообразных культур для защиты сыров (Моцарелла, Фета и др.) от нежелательных микроорганизмов, в том числе и защитные комбинированные культуры HOLDBAC. В ее состав входят *Lactobacillus rhamnosus* и *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii*, которая обладает медленным и низким уровнем кислотообразования, образует уксусную и пропионовую кислоты и небольшое количество диацетила, предотвращает рост нежелательной микрофлоры (дрожжей, плесеней, гетероферментативных молочнокислых бактерий) биологическим путем.

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»¹ в сырах сверхтвердых, твердых, полутвердых, мягких и сывороточно-альбуминовых с компонентами и без компонентов БГКП, золотистый стафилококк должны отсутствовать в 0,001 г, патогенные, в том числе сальмонеллы и листерии, – в 25 г. В сырах мягких и рассольных листерии не допускаются 125 г.

Плавленные сыры вырабатывают главным образом из зрелых сыров. Микрофлора их представлена в основном спороносными бактериями; встречаются микрококки и молочнокислые бактерии, сохранившиеся при плавлении сыра. Количество бактерий в этих сырах сравнительно невелико – тысячи клеток в 1 г. При холодильном хранении (до 4 °С) существенных изменений микрофлоры не наблюдается в течение длительного времени. В поверхностной микрофлоре обнаруживаются дрожжи и споры плесеней. При более высоких температурах хранения численность бактерий увеличивается более или менее быстро в зависимости от температуры. Наиболее опасными, вызывающими вспучивание сыра, являются маслянокислые бактерии. Во избежание этого вида порчи в сыры вводят антибиотик низин.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

Плавленные сыры без наполнителей считаются удовлетворительными при содержании в них КМАФАнМ не более $5 \cdot 10^3$ КОЕ в 1 г, плесеней и дрожжей не более 50 КОЕ/г для каждого показателя, БГКП должны отсутствовать в 0,1 г, патогенные, в том числе сальмонеллы, – в 25 г¹.

Общая бактериальная обсемененность **копченых колбасных сыров** обычно не превышает сотен клеток в 1 г. В основном это споровые, способные к протеолизу и липолизу бактерии. Основным видом порчи этих сыров является плесневение.

Существенными условиями, обеспечивающими стойкость молочных продуктов к микробиальной порче, являются строгое соблюдение технологических параметров, высокий уровень санитарно-гигиенического состояния производства, соблюдение необходимого температурно-влажностного режима хранения и сроков хранения.

Микробиология мяса и колбасных изделий

Мясо является хорошим питательным субстратом для многих микроорганизмов; содержание доступной воды (a_w) и рН мяса также благоприятствует их развитию, в связи с чем мясо быстро подвергается порче.

Мускулы здоровых животных, как правило, стерильны. Мускулы животных больных, претерпевших перед убоем голодание, сильное переутомление или по другим причинам, которые вызывают ослабление естественной сопротивляемости и способствуют проникновению бактерий из кишечника, могут содержать микроорганизмы. Помимо прижизненного эндогенного инфицирования, мускулы могут обсеменяться микробами после убоя животного, извне (экзогенное обсеменение) при первичной обработке и разделке туш (особенно, если повреждается кишечник) с инструментов, рук и одежды рабочих. Поэтому микрофлора свежеработанного мяса разнообразна по численности и по составу. Для предотвращения ее развития мясо быстро охлаждают. Обсемененность свежеработанного охлажденного мяса микроорганизмами может быть различной в зависимости от своевременности удаления внутренностей, степени обескровленности, степени созревания мяса, температурно-влажностного режима охлаждения, санитарно-гигиенических условий производства, транспортирования, хранения и реализации. На 1 см² поверхности насчитывают от 10^3 до 10^6 , а в отдельных случаях и более клеток.

Состав микрофлоры разнообразен. Преимущественно это аэробные и факультативно анаэробные бесспорные грамотрицательные палочковидные бактерии родов

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67.

Pseudomonas, Flavobacterium, Alcaligenes, Aeromonas, бактерии группы кишечных палочек и протей, коринеформные бактерии, молочнокислые, различные микрококки. В меньших количествах обнаруживают аэробные и анаэробные спорообразующие бактерии, дрожжи, споры плесеней. Среди этих микроорганизмов немало возможных возбудителей порчи мяса, способных активно воздействовать на белки, жир и другие вещества, входящие в его состав.

Мясо может быть инфицировано и токсигенными бактериями, например *Clostridium perfringens*, сальмонеллами, листериями, *Bacillus cereus*, энтерококками. Сальмонеллы нередко вызывают кишечные заболевания у рогатого скота, после чего животные длительное время являются бациллоносителями. Проникновение сальмонелл в мышцы возможно при жизни животного. В случае размножения этих бактерий мясо при использовании может послужить причиной отравлений.

Мясные субпродукты (мозги, почки, сердце и др.) вследствие относительно высокого содержания в них крови и влаги обычно более обсеменены микробами, чем мясо, и поэтому подвергаются более быстрой порче.

Размножаясь при благоприятных условиях на поверхности мяса, микроорганизмы постепенно проникают в его толщу.

Проникновение бактерий в толщу мяса свидетельствует о снижении его качества. На этом основано (ГОСТ 23392-78. Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести) *бактериоскопическое исследование* мяса, позволяющее быстро установить степень его свежести. При этом определяют количество бактерий и степень распада мышечной ткани путем микроскопирования окрашенных по Граму мазков-отпечатков (табл. 17).

Таблица 17 – Установление степени свежести мяса

Степень свежести мяса	Показатели бактериоскопической пробы (в поле зрения микроскопа)*
Свежее	Микроорганизмы не обнаруживаются или имеются лишь единичные (до 10 клеток) кокки и палочки. Следов распада мышечной ткани нет
Сомнительная свежесть	Обнаруживается не более 30 кокков или палочек, а также следы распада мышечной ткани; ядра мышечных волокон в состоянии распада, исчерченность волокон слабо различима
Несвежее	Обнаруживается свыше 30 кокков или палочек. Наблюдается значительный распад мышечной ткани: почти полное исчезновение ядер и полное исчезновение исчерченности мышечных волокон

* Для бактериоскопического исследования стерильно вырезают на разной глубине кусочки мяса и срезанными сторонами прикладывают их к предметному стеклу, чтобы получить отпечатки на поверхности стекла. Полученные мазки-отпечатки окрашивают по Граму и микроскопируют.

Решающее значение для скорости размножения микробов, а следовательно, и для порчи мяса, сохраняемого в охлажденном виде, имеет температура, что видно из данных таблицы 18 (по данным Г.Л. Носковой и Г.Ю. Пек).

Таблица 18 – Влияние температуры на сохранность мясных продуктов

Температура, °С	Сроки появления роста, дни		Срок появления признаков порчи мяса
	бактерии	плесени	
-0,5	7	14	14
-1,1	7	14	24
От -3,3 до -2,2	25	25	43
От -5,5 до -4,4	135	65	155

Размножение микроорганизмов в сыром мясном фарше при температурах 6; 2,5 и 0 °С задерживается соответственно на 2, 18 и 24 ч. Большую роль играет и степень первоначальной обсемененности мяса микроорганизмами.

Многими исследованиями установлено, что признаки порчи продукта проявляются при накоплении в нем бактерий в количестве 10^7 - 10^8 в 1 г или на 1 см^2 его поверхности (в зависимости от вида бактерий и продукта). Время достижения этой «пороговой» концентрации микроорганизмов зависит в основном от температуры хранения и первоначальной численности на продукте микроорганизмов, способных размножаться при данной температуре. Так, по данным Е.Л. Моисеевой, при исходной степени обсеменения мяса 10^4 клеток на 1 см^2 поверхности, ориентировочный срок хранения при температуре от 0 до минус 1 °С составляет 7-9 дней, при 10^5 – 3-4 дня, а при 10^8 – сутки.

Порча охлажденного мяса может проявляться по-разному – в зависимости от условий хранения.

При температуре 5 °С и выше развиваются *гнилостные процессы*, вызываемые аэробными и анаэробными мезофильными микроорганизмами, обладающими активными протеолитическими свойствами. В начальных стадиях процесса участвуют преимущественно кокковые формы бактерий, затем их вытесняют палочковидные бактерии. Из аэробов наиболее активны бактерии рода *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis*; из факультативно-анаэробных – протей (*Proteus vulgaris*); из анаэробов чаще развиваются *Clostridium sporogenes*, *Cl. putrificum*. Порча мяса при

указанной выше температуре наступает очень быстро – в течение нескольких суток. Могут развиваться также условно-патогенные и патогенные микроорганизмы.

При хранении мяса при температуре ниже 5 °С состав его исходной микрофлоры постепенно изменяется и становится более однородным. Мезофильные бактерии перестают размножаться, а некоторые даже отмирают. Развиваются психротрофные микроорганизмы; первое место (до 80% и более всей микрофлоры) занимают бесспорные бактерии рода *Pseudomonas*. Многие из них обладают не только протеолитической, но и липолитической активностью. Псевдомонады и являются основными возбудителями порчи охлажденного мяса, сохраняемого при низких положительных температурах в обычных (аэробных) условиях. Преобладание псевдомонад является результатом не только их повышенной холодоустойчивости и скорости размножения по сравнению с другими, находящимися на охлажденном мясе микроорганизмами, но и их способности подавлять развитие многих бактерий.

Принимают участие в порче, но в значительно меньшей степени холодоустойчивые виды родов *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*.

При гнилостной порче окраска мяса становится серой, оно теряет упругость, ослизняется, размягчается. Появляется сначала кислый, а затем неприятный, гнилостный запах, усиливающийся по мере углубления процесса. Происходит разложение белков, аминокислот с образованием органических кислот, аминов, аммиака, сероводорода, фенолов, индола и других веществ. Происходит гидролитический распад жира с последующими превращениями жирных кислот. Жир становится грязновато-серым, мажущимся, со слизистой поверхностью; расщепляются также и углеводы. Сущность этих процессов описана в главе 3.

Помимо изменений химического состава и органолептических свойств, под влиянием микроорганизмов происходят и микроструктурные изменения мяса: лизис ядер клеток соединительной ткани и мышечных волокон, деструкция соединительной ткани, исчезновение поперечной и продольной исчерченности мышечных волокон и нарушение их целостности.

Ослизнение – наиболее ранний распространенный вид порчи остывшего и охлажденного мяса, особенно если оно хранится в условиях высокой относительной влажности воздуха (свыше 90%). Этот дефект вызывают преимущественно бактерии рода *Pseudomonas*, нередко ослизнение вызывают и микрококки.

Ослизнение выражается в образовании на поверхности мяса липкого слоя слизи мутно-серого цвета. Число бактерий в нем достигает десятков, сотен миллионов и даже миллиардов на 1 см². Установлено (В.В. Еременко), что обильное слизееобразование у этих

бактерий проявляется при температуре от 2 до 10 °С; слизь накапливается (хотя и медленнее) даже при минус 2 °С.

Кислотное брожение (закисание мяса) сопровождается появлением неприятного кислого запаха, образованием серой и зеленовато-серой окраски на разрезах и размягчением мяса. Этот процесс могут вызывать анаэробные бактерии *Clostridium putrificiens*, молочнокислые, а иногда и дрожжи.

Кислотное брожение мяса часто возникает вследствие плохого обескровливания животных при убое, а также в тех случаях, когда туши долго не охлаждают.

Пигментация мяса – появление окрашенных пятен – связано с развитием на его поверхности пигментных микроорганизмов. Так, развитие «чудесной палочки» (*Serratia marcescens*) или неспорозных дрожжей рода *Rhodotorula* приводит к образованию не свойственных мясу красных пятен, при развитии непигментированных дрожжей появляется бело-серый налет.

Плесневение обусловлено ростом на поверхности мяса различных плесеней. Развитие их обычно начинается с появления легко стираемого паутинистого или порошистого налета белого цвета. В дальнейшем образуются более или менее мощные налеты. На охлажденном мясе могут развиваться мукоровые грибы – *Mucor*, *Rhizopus*, *Thamnidium*, образующие белые или серые пушистые налеты. Черный налет дает *Cladosporium*, зеленые – грибы рода *Penicillium*, желтоватые – *Aspergillus*. *Thamnidium* и *Cladosporium* протеолитически и липолитически активны и при значительном росте могут вызвать глубокие изменения белков и жира, тем более что *Cladosporium* может врастать в толщу мяса. Зачистка мяса улучшает лишь его внешний вид, но не уничтожает изменения, вызванные плесенью, хотя и в неглубоких слоях мяса.

Кроме того, встречающиеся на мясе некоторые плесени способны продуцировать токсические вещества. По данным В.Г. Дедаш, из 18 штаммов аспергиллов и 15 штаммов пенициллов, выделенных с охлажденного мяса, два штамма *Aspergillus flavus* и один штамм *Penicillium puberulum* выделяли токсины.

Плесневение охлажденного мяса происходит обычно при повышенной влажности воздуха в камере.

Оптимальными условиями хранения охлажденного мяса считается температура от 0 до минус 1 °С и относительная влажность воздуха 85-90%, но даже в таких условиях мясо сохраняется не более 10-15 суток. При близкриоскопических температурах минус 2, минус 3 °С (незначительное подмораживание) срок хранения мяса несколько удлинится. Следует строго поддерживать эту температуру: при ее повышении поверхность мяса увлажняется, что благоприятствует развитию микробов, т.е. ускоряет порчу мяса.

Мясные полуфабрикаты, особенно мелкокусковые и фарш, портятся быстрее. Обычно они содержат больше микроорганизмов, чем мясо, из которого изготовлены, так как инфицируются в процессе изготовления извне (с оборудования, инвентаря, из воздуха). Кроме того, в связи с увеличением поверхности и влажности, фарш – среда более благоприятная для развития микробов.

Для удлинения срока хранения охлажденного мяса возможно, помимо холода, применение дополнительных средств воздействия на микроорганизмы: повышение содержания в атмосфере углекислого газа (до 10-15%), ультрафиолетовое облучение, периодическое озонирование (при содержании озона до 10 мг/м³) камер хранения.

Разработаны приемы хранения мяса и мясопродуктов в анаэробных условиях: в вакуумной упаковке, в упаковке из газонепроницаемой пленки. Эффективность этого способа хранения говяжьих отрубов, мясных натуральных полуфабрикатов показана многими исследователями. Однако, хотя сроки хранения увеличиваются, мясо подвергается порче вследствие развития некоторых факультативно-анаэробных психротрофных бактерий.

Мясной фарш, упакованный в пленку (ограниченно-газопроницаемую (ПЦ₂) и газонепроницаемую (саран)), сохраняется при температуре 1-2 °С в 3-4 раза дольше, чем фарш, завернутый в целлофан (К.А. Мудрецова-Висс и Г.М. Габриэльянц). Фарш, сохраняемый в анаэробных условиях, становится кисловатым, что обусловлено действием преимущественно палочковидных молочнокислых бактерий (рода *Lactobacillus*), а также бесспорных холодоустойчивых бактерий рода *Aeromonas*. По сравнению с псевдомонадами – основными возбудителями порчи охлажденного мяса, сохраняемого в обычных аэробных условиях, – молочнокислые бактерии значительно медленнее размножаются при 0 °С, что видно из данных таблицы 19 (по Г.Л. Носковой), и обладают меньшей биохимической активностью, что и приводит к увеличению срока хранения мяса. Угнетение развития аэробных возбудителей порчи объясняется не только ограничением доступа кислорода, но и накоплением под упаковкой СО₂.

Таблица 19 – Скорость размножения некоторых микроорганизмов

Название	Продолжительность поколений*, ч, при температуре, °С		
	4	2	0
<i>Pseudomonas</i>	9	13	16
<i>Lactobacillus</i>	26	38	55

* Время, за которое число клеток удваивается

Хранение, транспортирование и реализация мяса и мясопродуктов в упакованном виде играет, кроме того, положительное значение и в санитарно-гигиеническом отношении.

Значительно увеличивается срок хранения при 0 °С охлажденного мяса в атмосфере азота. В таких условиях ослизнение мяса происходит в 2-3 раза медленнее, чем при хранении на воздухе.

При этом большое значение имеет концентрация азота в атмосфере (Л.В. Куликовская и Г.А. Баландина). Так, при 90%-ом содержании азота в атмосфере, признаки порчи мяса появлялись на 12-е сутки, при 95%-ном – на 18-е, при 99,8%-ном – на 25-е сутки. Развиваются в мясе преимущественно молочнокислые бактерии, бесспорные грамположительные палочки *Microbacterium thermospectrum*, относящиеся к коринеформным бактериям. Помимо появления кислого запаха, изменяется окраска мяса.

Перспективна (по литературным данным, отечественным и зарубежным) радиурезация и радиационная обработка охлажденного мяса – обработка его умеренными дозами γ -излучений. Исследования, проведенные во ВНИИКОП (Т.С. Бушканец, С.Ю. Гельфанд, М.Л. Фрумкин и др.), показали, что облучение сырых мясных полуфабрикатов дозой 2-3 кГр снижает обсемененность продукта бактериями в сотни, тысячи и более раз. При этом значительно изменяется состав микрофлоры мяса. Погибают или сохраняются в незначительных количествах радиочувствительные бактерии родов *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Proteus*. В остаточной микрофлоре облученного охлажденного мяса преобладают микрококки и дрожжи (*Torulopsis* и *Candida*); в небольшом количестве обнаруживаются молочнокислые и спорообразующие бактерии. Эти радиостойчивые микроорганизмы заметной гнилостной порчи мяса не вызывают. Развиваются они при положительных низких температурах сравнительно медленно. Сроки хранения радиурезированных мясных полуфабрикатов увеличиваются в несколько раз. Порча мяса проявляется в появлении постороннего слабокислого запаха и незначительном изменении цвета и вкуса. Большинство встречающихся на сыром мясе токсигенных бактерий обладает невысокой радиостойчивостью: доза излучений 2-4 кГр вызывает гибель многих из них, а последующее хранение при 0-2 °С предупреждает размножение сохранившихся.

В отечественной и зарубежной литературе приводятся данные о перспективности использования для обработки поверхности охлажденного мяса смесей органических кислот (лимонной, сорбиновой, пропионовой, уксусной и др.) и их солей; бактерицидных составов из эфирных масел различных пряностей. Показана (В.И. Казилевичус и др.) эффективность обработки поверхности мяса антибиотическим веществом памилином.

Эффективность использования дополнительных средств воздействия на микрофлору поступающего на хранение продукта во многом зависит от степени обсеменения его микроорганизмами. Если мясо было значительно обсеменено размножающимися микроорганизмами, то даже в условиях хранения, задерживающих их рост, мясо подвергается порче под действием выделенных микробами ферментов.

Кроме бактериоскопического метода определения свежести мяса многие исследователи считают целесообразным нормирование допустимого количества бактерий в охлажденном мясе и охлажденных мясных натуральных полуфабрикатов. На основании проведенных в нашей стране и за рубежом исследований большого количества вырабатываемых мясных натуральных полуфабрикатов разработаны нормативы по определению качества их по микробиологическим показателям¹. Так, уровень обсемененности охлажденного мяса в тушах мезофильными аэробными и факультативно-анаэробными микроорганизмами должен быть не более $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г, полуфабрикатов крупнокусковых – не более $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г. Бактерии группы кишечных палочек не допускаются в охлажденном мясе в тушах в 0,1 г, в охлажденных полуфабрикатах – в 0,001 г. Протей должен отсутствовать в охлажденном мясе в 1 г, в продукции со сроком годности более 7 суток – в 0,1 г. Возбудители пищевых инфекций, включая сальмонеллы, листерии должны отсутствовать в 25 г продукта.

Температура, сроки хранения и реализация охлажденных мясных полуфабрикатов в торговой сети и на предприятиях общественного питания регламентированы (табл. 20)².

Таблица 20 – Регламент хранения охлажденных мясных бескостных полуфабрикатов

Наименование продукта	Сроки годности и реализации (с момента выработки) при температуре (4 ± 2) °С, ч, не более
1. Полуфабрикаты крупнокусковые: мясо фасованное, полуфабрикаты порционные (вырезка; бифштекс натуральный; лангет; антрекот; ромштекс; говядина, баранина, свинина духовая; эскалоп, шницель и др.) без панировки	48

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

² Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

полуфабрикаты порционные (ромштекс, котлета натуральная из баранины и свинины, шницель) в панировке	36
2. Полуфабрикаты мелкокусковые: бефстроганов, азу, поджарка, гуляш, говядина для тушения, мясо для шашлыка, жаркое особое, мясное ассорти (без соусов и специй)	36
маринованные, с соусами	24
3. Полуфабрикаты мясные рубленые: формованные, в т.ч. в панировке, фаршированные (голубцы, кабачки)	24
комбинированные (котлеты мяскокартофельные, мясорастительные, мяскокапустные, с добавлением соевого белка)	24
4. Фарши мясные (говяжий, свиной, из мяса других убойных животных, комбинированный): вырабатываемые мясоперерабатывающими предприятиями	24
вырабатываемые предприятиями торговли и общественного питания	12
5. Полуфабрикаты мяскокостные (крупнокусковые, порционные, мелкокусковые)	36

Сроки годности исчисляются с момента окончания технологического процесса изготовления продукта до отпуска потребителю, включая время пребывания продуктов на предприятии-изготовителе, время перевозки и хранения на предприятиях торговли и общественного питания.

Более половины всех вспышек пищевых отравлений, в частности сальмонеллезом, связано с потреблением мясопродуктов. Учитывая это и требования санитарно-гигиенической безопасности свежего мяса и мясных полуфабрикатов, установлено допустимое содержание условно-патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов.

Повышение санитарно-гигиенического уровня производства, совершенствование технологии переработки, увеличение выпуска фасованного и упакованного мяса и мясопродуктов позволяет улучшить микробиальные показатели качества этих продуктов питания, исключить возможность возникновения отравлений при их использовании, а также сократить потери.

При общей тенденции увеличения реализации мяса в охлажденном виде значительное количество его замораживают и в таком виде длительно хранят.

В процессе замораживания многие микроорганизмы отмирают, но ферменты, выделенные ими, не разрушаются и могут отрицательно влиять на качество мяса при холодильном хранении. Имеются сведения, что ферменты могут проявлять активность при температуре минус 28 °С (Е.Л. Моисеева). Степень выживаемости микробов зависит от способа замораживания. Так, при замораживании мяса в жидком азоте (минус 196 °С)

отмирает больше бактерий, чем при обычном замораживании на воздухе (при температуре от минус 18 до минус 30 °С).

В процессе хранения мороженого мяса оставшиеся в нем микроорганизмы постепенно отмирают, но некоторые (в том числе и токсигенные) могут длительно сохранять жизнеспособность. При этом, чем больше было микробов на мясе до замораживания, тем выше его обсемененность после замораживания. В микрофлоре мороженого мяса преобладают микрококки. Обнаруживаются бактерии группы кишечных палочек, протей; могут выжить и патогенные бактерии, например сальмонеллы, листерии, иерсинии.

Так, по данным В.Н. Писменской, Е.М. Ленченко, при длительном хранении замороженного мяса при температуре минус 18 °С иерсинии сохранялись в течение 75 сут. Количество остаточной микрофлоры зависело от скорости замораживания (табл. 21).

Таблица 21 – Влияние скорости замораживания мяса на количество остаточной микрофлоры

Температура хранения мяса	Число микроорганизмов на 1 см ² после хранения, сут.		
	10	30	75
-18 °С (быстрое)	1,5·10 ³ – 4·10 ³	200-400	15-30
-18 °С (медленное)	2·10 ⁴ – 5,1·10 ⁴	500-1000	30-100

При температуре не выше минус 12 °С мороженое мясо сохраняется месяцами без микробной порчи.

Размораживать мясо следует непосредственно перед использованием, так как выжившие клетки не теряют свойственных им активности и скорости роста. Наблюдается даже более быстрое размножение микроорганизмов на размороженном мясе, чем на мясе, которое не замораживали. При размораживании нельзя допускать дополнительного инфицирования мяса микробами извне.

На мороженом мясе, которое хранится при температуре выше минус 12, минус 10 °С, способны расти некоторые плесени (*Thamnidium*, *Cladosporium*), а также дрожжи (*Candida*, *Torulopsis*), однако развиваются они медленно. Если плесени развиваются слабо и только на поверхности мяса, то его перед реализацией тщательно зачищают. При более глубоком поражении качество мяса может значительно изменяться. Возможность использования его определяют органы ветеринарно-санитарного надзора.

Во избежание инфицирования мороженого мяса извне холодильные камеры следует содержать в чистоте, своевременно убирать и дезинфицировать.

Эффективным методом в технологии охлаждения является горячепарная обвалка туши говядины и баранины. При обработке поверхности мяса водой с температурой 68 °С в течение 6 мин количество бактерий снижается на 3 порядка, а при 80 °С в течение 10 с гибнет 96% аэробных бактерий и 99,9% кишечных палочек и сальмонелл.

Старинным способом консервирования мяса является сушка. Влажность (a_w) мяса, высушенного различными способами, – ниже предела, допускающего развитие микроорганизмов. Однако на нем всегда есть какое-то количество микробов; это преимущественно микрококки, споры бактерий и плесеней. С повышением влажности мяса они начинают развиваться. При хранении сухое мясо следует предохранять от заражения микроорганизмами и строго соблюдать установленные температурно-влажностные режимы.

Мясо птиц. Микрофлора охлажденной тушки птицы зависит от условий выработки и метода охлаждения.

Полупотрошенные тушки птицы обычно более обсеменены микроорганизмами, чем потрошенные. При полупотрошении нередко происходит разрыв кишечника, что приводит к инфицированию тушки кишечными микроорганизмами.

Повреждение кожи во время снятия оперения также способствует инфицированию мышц микробами. На поверхности кожи кур после уоя и обработки насчитываются тысячи бактерий на 1 см². При холодильном хранении (4-5) °С в первые 2-3 дня количество бактерий увеличивается незначительно, затем быстро возрастает и на 4-6-е сутки достигает десятков, сотен тысяч и даже миллионов на 1 см² (В.П. Панов, С.А. Лубянецкий).

Микрофлора тушки птицы, сохраняемой при (1-2) °С, ко времени проявления признаков порчи (посторонний запах) состоит преимущественно из аэробных бесспорных палочковидных бактерий родов *Pseudomonas* (до 70-75%), *Acinetobacter*, *Moraxella*. Встречаются факультативно-анаэробные бактерии: *Aeromonas*, *Enterobacter*, кишечная палочка, протей. В мясе птицы часто обнаруживают сальмонелл.

При упаковывании тушек в газонепроницаемые пленки размножение бактерий замедляется, что видно из данных таблицы 22 (Barnes).

Таблица 22 – Размножение бактерий при хранении мяса в упаковках

Продолжительность хранения при 1 °С, дни	Количество бактерий на 1 см ² поверхности	
	газопроницаемая упаковка	газонепроницаемая упаковка
0	$1,5 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$
8	$4,9 \cdot 10^6$	$5,2 \cdot 10^5$
12	$2,6 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^6$
	Появились признаки порчи	

Удлиняются сроки хранения охлажденных тушек птиц (кур, уток) при хранении в атмосфере с повышенным содержанием CO₂ при температуре, близкой к криоскопической (минус 2, минус 3 °С). Перспективна обработка поверхности тушек сорбиновой кислотой и ее солями, облучение ионизирующими излучениями. Так, при 1 °С необлученные тушки кур сохранялись до одной недели, облученные γ-излучениями дозой 3 кГр – до четырех, 6 кГр – до шести, а при 8 кГр – до восьми недель (Т.С. Бушканец). Микрофлора облученной птицы представлена в основном радиоустойчивыми видами микрококков и дрожжей. На необлученной птице преобладают представители родов *Pseudomonas*, *Lactobacillus*; обнаруживаются бактерии группы кишечных палочек и протей.

Известен способ санитарной обработки поверхностей потрошенных тушек птицы путем обработки их при 15-25 °С в течение 25-30 мин в растворе анолита (дезинфицирующее средство) с последующим промыванием и охлаждением (А.А. Закомырдин, В.М. Бахир, Л.С. Каврук и др.).

Замороженная птица сохраняется без микробиальной порчи при температуре не выше минус 15 °С месяцами. На замороженных курах, сохраняемых в течение года при минус 7, минус 10 °С, развиваются дрожжи и плесени, а при минус 2,5 °С – псевдомонады, коринеформные бактерии и дрожжи.

Степень свежести мяса птицы устанавливают по бактериоскопии мазков-отпечатков и по тем же показателям определяют свежесть. Качество охлажденного мяса птицы оценивают по КМАФАнМ (не более 1·10⁴ КОЕ/г), отсутствию патогенных, в т.ч. сальмонелл и листерий в 25 г, БГКП – в 1 г, *Proteus* – в 1 г (для продукции со сроком годности более 7 сут – 0,1 г)¹.

Колбасные изделия. Обычно эти изделия употребляют в пищу без дополнительной тепловой обработки. Поэтому к этим продуктам и технологическому процессу их изготовления предъявляют повышенные санитарные требования. Как правило, при изготовлении колбас содержание микробов в мясе по сравнению с их первоначальным количеством увеличивается. Уже при первичной обработке мяса (во время обвалки и жиловки) значительно возрастает численность микрофлоры мяса в результате обсеменения его микробами с рук рабочих, инструментов, оборудования и из воздуха. Существенно увеличивается количество микроорганизмов в мясе при его измельчении, а также за счет микрофлоры используемых вспомогательных материалов и специй (если они предварительно не были пастеризованы). Практика показывает, что при измельчении

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

мяса его обсемененность увеличивается в среднем в 10 раз. Обсемененность фарша зависит также от сорта используемого мяса.

В микрофлоре сырого колбасного фарша обычно содержится 10^5 - 10^7 бактерий в 1 г; подавляющее большинство их – граммотрицательные бесспорные палочки. В значительно меньших количествах обнаруживаются микрококки, спорообразующие бактерии, бактерии группы кишечных палочек, протей.

После набивки фарша в оболочки вареные и полукопченые колбасы обжаривают и затем варят; полукопченые колбасы подвергают еще копчению.

При обжарке горячим дымом температура внутри батона не превышает (40-45) °С, поэтому число микроорганизмов снижается только на поверхности батона, под действием антисептических веществ дыма и температуры. В батонах небольшого диаметра количество бактерий немного уменьшается и в толще. Во время варки колбас (до достижения в толще батона температуры 70-72 °С) содержание микроорганизмов в них уменьшается на 90-99%, но все же их может остаться довольно много, особенно в глубине колбасной массы. Сохраняются обычно спороносные палочки и наиболее устойчивые микрококки; могут сохраниться и токсинообразующие бактерии.

Остаточной микрофлоры тем больше, чем больше содержалось микроорганизмов в колбасном фарше до тепловой обработки. В колбасах с высоким содержанием жира выживает больше бактерий, так как жир создает защитную зону вокруг их клеток. После варки колбасы быстро охлаждают во избежание размножения в них остаточной микрофлоры. В процессе копчения колбас число бактерий в них снижается. При хранении колбас происходит вторичное инфицирование поверхности и постепенно увеличивается число бактерий. Численность микрофлоры возрастает тем быстрее, чем выше температура хранения и относительная влажность воздуха. Так, Любительская колбаса с исходным содержанием бактерий 10^4 на 1 см² поверхности сохранялась при 0 °С 10 сут, а при 2 °С – 5 сут (Л.В. Куликовская, Г.А. Баландина).

При изготовлении копченых (сырокопченых, сыровяленых) колбас подготовленный фарш набивают в оболочки, после чего он созревает. Для этого батоны в течение нескольких суток выдерживают при низких положительных температурах, после чего длительно коптят и сушат до достижения необходимой влажности продукта (25-35%).

При созревании в фарше протекают сложные физико-химические, биохимические и микробиологические процессы, в результате которых образуются характерные вкус, аромат и консистенция фарша. В процессе созревания фарша участвуют устойчивые к соли и снижению a_w среды некоторые микроорганизмы исходной микрофлоры фарша. Это главным образом микрококки, гомо- и гетероферментные молочнокислые бактерии;

количество их к концу созревания фарша достигает миллионов клеток в 1 г. Развитие молочнокислых бактерий приводит к снижению рН и окислительно-восстановительного потенциала (Eh) среды, что предотвращает развитие гнилостных бактерий и активизирует тканевые ферменты мяса. Побочные продукты брожения сахара, вводимого в фарш, участвуют в создании специфических аромата и вкуса колбас.

Вытеснение многих бактерий исходной флоры фарша (псевдомонад, бактерий группы кишечных палочек) происходит, по-видимому, и в результате выделения молочнокислыми бактериями антибиотических веществ. Установлено, что для направленного протекания процесса созревания перспективно введение в фарш (при изготовлении сыровяленых и сырокопченых колбас) и в заливочный рассол при посоле окороков – закваски молочнокислых бактерий с определенными свойствами. Продукт получается с высокими органолептическими показателями и в более короткий срок. Во ВНИИМП разработана технология изготовления полусухих копченых колбас с использованием чистых культур молочнокислых бактерий – *Lactobacillus plantarum*. Для поддержания цвета колбас наряду с молочнокислыми бактериями рекомендуется вводить денитрифицирующие микрококки *Micrococcus caseolyticus*.

Разработаны сухие бактериальные препараты АЦИД-СК-1, АЦИД-СК-2 из ацидофильных молочнокислых бактерий и ПБ-СК, содержащий смесь молочнокислых палочек и денитрифицирующих микрококков. Бактерии этих препаратов обладают высокой кислотообразующей способностью, они продуцируют большое количество органических кислот, свободных аминокислот, карбонильных и четырехуглеродных соединений, что обуславливает выраженные вкус и аромат продукта. Препараты обладают, кроме того, антибиотической активностью в отношении бактерий группы кишечных палочек, протей.

Одной из перспективных разработок отечественных специалистов ВНИИМП является комплексный бактериальный препарат ПБК-БР. Он разработан на основе психрофильного денитрифицирующего микроорганизма *Paracoccus denitrificans* штамма К-3, позволяющего преобразовывать используемый при производстве мясных продуктов нитрит натрия в окись азота, что обеспечит выпуск мясных изделий с улучшенными цветовыми характеристиками, и снизит риск, связанный с использованием нитритов. Кроме того, в состав препарата входят молочнокислые бактерии *L. casei*, *Lact. Plantarum*, *Micrococcus varians* (М.Ю. Минаев, Ю.Г. Костенко и др.).

Российскими учеными (В.В. Хорольский, Н.Г. Машенцева, Е.А. Баранова и др.) разработан сухой бактериальный препарат для производства ферментированных мясных изделий и биотрансформации мясного сырья, содержащий *L. sakei*, *L. plantarum*,

Staphylococcus xylosus, *Pediococcus pentosaceus* в равном процентном соотношении, который способствует преобразованию компонентов мясного сырья в соединения, обуславливающие свойства продукта, цветообразованию и повышению его пищевой и биологической ценности, а также снижению уровня содержания биогенных аминов в готовом продукте (патент РФ №2367685).

В колбасной промышленности широко применяются стартовые культуры для производства сырокопченых и сыровяленых колбасных изделий, содержащие *Staphylococcus carnosus*, *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *L. curvatus*, *L. casei*, *Pediococcus pentosaceus*, *Micrococcus caseoliticus* в разном сочетании и соотношении (стартовые культуры «AiBi», VAN HEES, ГевюрцМюле Нессе и др.). Применение стартовых культур способствует получению колбасной продукции уникального пикантного вкуса, консистенции и цвета с одновременным подавлением развития нежелательной микрофлоры в продукте во время созревания и хранения.

Известны и другие препараты. В настоящее время рассматриваются возможность создания стартовых культур, содержащих бифидобактерии в сочетании с молочнокислыми бактериями. Установлено, что *L. casei*, *L. acidophilum* и *Leuc. dextranicum* изменяют метаболизм бифидобактерий, снижая соотношение уксусной и молочной кислот в сторону молочной (М.А. Сидоров, В.В. Субботин). Синтезируемые в результате жизнедеятельности бифидобактерий такие метаболиты, как пировиноградная кислота, винная, уксусная кислота, этиловый спирт, ацетон, ацетальдегид и другие, дополнительно усиливают аромат готовых изделий.

Показана (М. Лантеро) эффективность применения солеустойчивых ароматобразующих молочнокислых бактерий родов *Streptococcus* и *Pediococcus* в производстве некоторых видов варено-соленых изделий.

За рубежом вырабатывают сырокопченые колбасы, используя плесени (*Penicillium candidum*, *P. roqueforti*), которые наносят на поверхность батона. Развивающаяся плесень покрывает батон колбасы тонким слоем, предохраняя его тем самым от чрезмерного высыхания, воздействия света и кислорода воздуха, а также предотвращая развитие вредных бактерий и дрожжей. Продукты обмена и ферменты плесени проникают в фарш и придают колбасам специфические аромат и вкус.

При соблюдении в колбасном производстве санитарно-гигиенических требований и использовании доброкачественного сырья бактериальная обсемененность свежеработанных готовых изделий, как показывают многие исследования, составляет: вареных колбас – 10^3 в 1 г, полукопченых – 10^2 , ливерных – 10^4 - 10^5 . Микрофлора состоит в основном из спорозоносных бактерий и кокковых форм.

Допустимая степень обсеменения колбасных изделий бактериями нормируется. В соответствии с действующими нормами¹ вареные колбасы, сосиски, сардельки, хлеба мясные и вареные колбасные изделия, нарезанные и упакованные под вакуумом в полимерную пленку, по бактериологическим показателям должны отвечать требованиям, указанным в таблице 23.

Таблица 23 – Допустимая степень обсемененности вареных колбасных изделий бактериями

Наименование продукта	КМАФА нМ КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются			
		БГКП (колиформы)	Сульфитредуцирующие кlostридии	<i>S. aureus</i>	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы и листерии
Изделия колбасные вареные (колбасы, сосиски, сардельки, хлеба мясные): - из сырья высшего и первого сорта	$1 \cdot 10^3$	1,0	0,1	1,0	25
- из сырья второго и третьего сорта, в том числе нарезанные	$2,5 \cdot 10^3$	1,0	0,1	1,0	25
Изделия колбасные вареные нарезанные и упакованные под вакуумом, в условиях модифицированной атмосферы	$1 \cdot 10^3$	1,0	0,1	1,0	25

Стойкость колбасных изделий при хранении зависит не только от содержания влаги и поваренной соли, степени пропитки антисептическими веществами дыма, но и от их микробного загрязнения. Чем больше они обсеменены, чем выше влажность (чем больше a_w) и ниже содержание соли, чем меньше подвергалась колбаса копчению, тем быстрее наступает порча.

Вареные, ливерные колбасы, сосиски, зельцы – продукты особо скоропортящиеся. Ливерные колбасы и зельцы содержат значительно больше микроорганизмов по сравнению с другими колбасными изделиями. Они имеют относительно высокую влажность и, кроме того, их готовят из сырья, которое обычно сильно обсеменено микроорганизмами. Хотя термическая обработка и уничтожает многие из них, но все же их остается достаточное количество. Температура, сроки хранения и реализация этой

¹Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

продукции в торговой сети и на предприятиях общественного питания строго ограничены и зависят от применяемых видов оболочки, консервантов, условий хранения (под вакуумом, без вакуума, в модифицированной атмосфере и т.д.)¹. При нарушении этих требований продукты подвергаются порче, и употребление их может вызвать отравление.

Таблица 24 – Сроки хранения и реализации колбас

Наименование продукта	Сроки хранения и реализации при температуре (4±2) °С, не более
Колбасы вареные, вырабатываемые по ГОСТ:	
- высшего и первого сорта	72 ч
- второго сорта	48 ч
Колбасы вареные по ГОСТ в парогазонепроницаемых оболочках:	
- высшего сорта, деликатесные, с добавлением консервантов	10 сут
- первого сорта	8 сут
- второго сортов	7 сут
Сосиски, сардельки вареные, хлеба мясные, вырабатываемые по ГОСТ	72 ч
Сосиски, сардельки вареные в парогазонепроницаемых оболочках	7 сут
Колбасы, сосиски, сардельки вареные, нарезанные и упакованные под вакуумом, в условиях модифицированной атмосферы	5 сут
Колбасы ливерные, кровяные	48 ч
Колбасы, сосиски, сардельки вареные, с добавлением субпродуктов	48 ч
Колбасные изделия вареные из мяса птицы (колбасы, мясные хлеба, рулеты, сосиски, сардельки, ветчина и др.):	
- высшего сорта	72 ч
- первого сорта	48 ч
Колбасные изделия вареные из мяса птицы, упакованные под вакуумом, в условиях модифицированной атмосферы	5 сут

Относительно более устойчивы в хранении полукопченые и особенно копченые колбасы, отличающиеся малым содержанием воды, повышенным количеством соли и, кроме того, обработкой антисептическими веществами при копчении.

Виды порчи колбасных изделий в основном сходны с порчей мяса. Чаше это прокисание, ослизнение, плесневение, прогорклость, пигментация.

¹ Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

Прокисание вареных и ливерных колбас вызывают сбраживающие углеводы (вводимые в фарш в виде муки и других растительных добавок), молочнокислые бактерии, а также *Clostridium perfringens*.

Ослизнение оболочек обычно обусловлено ростом неспоросных палочковидных бактерий и микрококков.

Плесневение колбас появляется во время хранения при повышенной влажности воздуха. Плесени развиваются на оболочке колбас, но при неплотной набивке могут находиться и внутри батона. Плесневеют преимущественно полукопченые и копченые колбасы. Для предотвращения плесневения рекомендуется обработка батонов сорбатом калия, фитонцидными препаратами (Л.В. Баль).

Пигментация – появление на оболочках вареных и полукопченых колбас налетов различной окраски вследствие развития пигментных бактерий. На оболочках копченых колбас иногда развиваются кокковые формы бактерий и дрожжи, образуя серо-бурый сухой налет в виде инея. Белый налет на поверхности батонов сырокопченых колбас может быть результатом выкристаллизации соли на оболочке.

Прогорклость колбас обуславливается разложением жира микробами. Окисление продуктов гидролиза жира сопровождается образованием альдегидов, кетонов. Колбасы приобретают прогорклый вкус, неприятный запах, жир желтеет. Возбудителями чаще являются бактерии рода *Pseudomonas*.

Для увеличения сроков хранения колбас, помимо низких температур, рекомендуется озонирование камер хранения (М.А. Габриэльянц и др.), хранение и транспортирование колбас в атмосфере газообразного азота (Л.В. Куликовская, Г.А. Баландина).

Предложены и другие способы предотвращения микробиальной порчи, такие как применение в качестве консерванта хитозана, смеси протамина с глицином, ацетатам натрия и лизоцимом (К.К. Нитиро, К.К. Асама Касей).

Имеются данные о возможности использования веществ природного происхождения на основе пряноароматического сырья (Н.Н. Толкунова, В.И. Криштафович), экстракта бересты (Ю.А. Ткаченко, М.Ю. Кулькин), хмелевых кислот и смол (William King, Xintian Ming).

Высокими барьерными свойствами обладают полиамидные одно-, двух-, трех-, пятислойные оболочки и вакуумные пакеты, в которых каждый слой выполняет свою функцию (И.И. Нечаюк, О.В. Евграфов).

Известна технология производства колбасной оболочки, обработанной водным раствором, содержащим натриевую соль дегидрацетовой кислоты с дегидрацетовой кислотой или поваренной солью. Такая обработка обеспечивает длительную

антимикробную защиту колбасных изделий и позволяет получить продукцию с удлиненным сроком хранения (А.Г. Снежко, Л.С. Кузнецова, З.С. Борисова и др.).

Разрабатывается новое направление – формирование непосредственно на поверхности продуктов экологически безопасных защитных полимерных оболочек на основе латексов (см. главу 4). С помощью латексных покрытий обеспечиваются защита продуктов от нежелательной микрофлоры при транспортировке и реализации.

Особого внимания заслуживает охлаждение колбас после варки холодным воздухом или гидроаэрозольным способом.

Микробиология яиц и яичных продуктов

Яйца являются хорошим питательным субстратом для микроорганизмов. Однако содержимое яйца (белок и желток) защищено от их проникновения скорлупой и подскорлупными оболочками. Свежеснесенное здоровой птицей яйцо, как правило, не содержит микробов.

Стерильность яйца может некоторое время сохраняться, так как оно обладает иммунитетом. Значительную роль в иммунитете играют содержащиеся в яйце белки (лизоцим, овидин и др.), обладающие бактерицидными свойствами.

При хранении яйцо стареет и тем быстрее, чем выше температура хранения, поэтому яйца после съема быстро охлаждают. При снижении иммунитета создаются условия для проникновения и размножения в нем микроорганизмов. Одни микробы механически проникают через поры скорлупы; другие, особенно плесени, прорастают через скорлупу. Увлажнение ее благоприятствует прорастанию спор плесеней. Гифы гриба, пронизывая скорлупу и подскорлупную оболочку яйца, способствуют проникновению бактерий.

Микрофлора яиц бывает эндогенного, или прижизненного, происхождения (у больных туберкулезом, сальмонеллезом птиц возбудители болезни попадают в яйцо при его формировании в яичнике и яйцеводе), и главным образом экзогенного (загрязнения скорлупы извне после кладки).

На 1 см² поверхности незагрязненных яиц находятся десятки и сотни бактерий, а на загрязненной скорлупе – сотни тысяч и даже миллионы клеток.

Бактериальная флора поверхности яиц разнообразна; в ней имеются бактерии кишечника птиц, из воздуха, почвы и др. Это преимущественно бактерии группы кишечных палочек, протей, споровые бактерии (*Bacillus subtilis* и др.), различные виды *Pseudomonas*, микрококки, споры плесеней. Могут встречаться и патогенные

микроорганизмы (сальмонеллы, стафилококки). Известны случаи отравления при употреблении яиц и изделий, изготовленных из яичных продуктов.

Яйца с загрязненной скорлупой не допускаются для реализации в розничной торговой сети; они должны быть вымыты. Для мойки используют доброкачественную воду с добавлением моющих и дезинфицирующих препаратов, разрешенных к применению уполномоченными органами. Мытые яйца нестойки, поэтому для предупреждения быстрой порчи их целесообразно обрабатывать пленкообразующими веществами.

Попавшие в яйцо микроорганизмы развиваются обычно около места проникновения; образующиеся их скопления (колонии) заметны при визуальной овоскопии (просвечивании) в виде пятен. Дальнейшее размножение микробов ведет к различным изменениям белков и липидов яйца, к его порче.

Размножаются бактерии в белке медленнее, чем в желтке, так как в белке содержатся антимикробные вещества, а также высоко значение рН (более 9,0).

Скорость порчи яиц зависит от температуры хранения, относительной влажности воздуха, состояния скорлупы, состава микрофлоры. Большое значение имеет состояние тары и упаковочного материала. Яйца с грязной и влажной скорлупой портятся значительно быстрее, чем с чистой и сухой.

Среди бактерий наиболее частыми возбудителями порчи являются *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*, *Micrococcus roseus*, *Basillus subtilis*, *Clostridium putrificum*, *Cl.sporogenes*.

В условиях холодильного хранения развиваются преимущественно бактерии рода *Pseudomonas*. Эти бактерии быстро проникают с поверхности скорлупы в яйцо; уже через сутки они обнаруживаются на подскорлупной оболочке, а через двое – даже в содержимом яйца.

Бактерии-возбудители порчи различаются биохимическими свойствами и активностью, поэтому изменения, которые они вызывают, очень разнообразны (табл. 25).

Таблица 25 – Действие бактерий на качество яиц при хранении

Название бактерий	Количество бактерий к моменту порчи в 1 см ³	Температура, °С		
		20	10	2
<i>Pseudomonas</i> (различные виды)	10 ^{8,5} -10 ⁹	Позеленение и покраснение белка; почернение желточной оболочки:		
		На 4-й день	На 7-й день	На 14-й
<i>Proteus vulgaris</i>	10 ¹⁰	Неприятный запах, белок зелено-бурый, разжиженный; желток – зелено-черный		

		На 2-й день	На 8-й день	На 60-й день
--	--	-------------	-------------	--------------

Одни бактерии воздействуют на белок. Расщепление белка сопровождается накоплением кислот и оснований, аммиака, сероводорода, углекислого газа. Газов может быть так много, что происходит разрыв скорлупы. Белок приобретает несвойственную окраску (покраснение, пожелтение, почернение) и неприятный запах (гнилостный, сырный, затхлый). Желток при этом может не изменяться. Другие бактерии воздействуют на желток, вызывая гидролитическое и окислительное превращение липидов, при этом образуются жирные кислоты, альдегиды, кетоны.

Нередко белок перемешивается с желтком и образуется однородная, мутная, бурящая жидкая масса с неприятным запахом. При овоскопии такое яйцо не просвечивается.

Дефект «кислое яйцо» вызывают многие бактерии, в том числе и кишечные палочки. При определении светопрозрачности такого яйца дефект не обнаруживается, а при вскрытии яйцо издает едкий запах.

Плесневые грибы разрастаются прежде всего на подскорлупной оболочке и наиболее быстро около воздушной камеры. Затем они проникают в белок. В начальной стадии плесневения при овоскопии яйца в месте развития плесени наблюдается темное пятно. По мере развития гриба размеры пятна увеличиваются и яйцо становится полностью непрозрачным, так как вся скорлупа изнутри покрывается плесенью. Порчу яиц чаще других вызывают *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, а также дрожжи – *Torulopsis vicola*.

В яйцах водоплавающей птицы (утиных, гусиных) нередко обнаруживаются сальмонеллы – возбудители пищевых отравлений. Для их развития наиболее благоприятная часть яйца – желток. В целях профилактики пищевых отравлений реализация утиных и гусиных яиц на предприятиях общественного питания и в торговле запрещена.

Яйца кур, больных туберкулезом, используют только для производства кондитерских изделий, которые подвергают тепловой обработке при высокой температуре.

На длительное хранение закладывают охлажденные, свежие, чистые яйца. Хранят их при температуре от минус 1 до минус 2 °С и относительной влажности воздуха 85-88%. При резких колебаниях температуры скорлупа увлажняется («отпотевает»), что способствует развитию микроорганизмов.

Для предохранения от проникновения микробов и предотвращения потерь влаги и углекислого газа, а следовательно, для удлинения срока хранения яйца взамен применяемого ранее известкования (для закупорки пор) его поверхность покрывают тонкими пленками. Хороший эффект дает обработка минеральным маслом путем кратковременного погружения в него. Так, за 5 мес. хранения при минус 2 °С пищевой брак яиц, обработанных маслом, составил 0,3% от общего количества, обработанных вазелином – 0,5, а необработанных – 2,5%. Эффект повышается при добавлении в масло антибиотика гердецина (Р.А. Диденко).

Обрабатывают яйца водорастворимыми пленкообразующими веществами (поливиниловый спирт, метилцеллюлоза и др.), после чего подсушивают на воздухе. По данным В.А. Герасимовой, за 5 мес. хранения яиц при температуре от 1 до 1,5 °С количество бактерий на скорлупе с пленочным покрытием уменьшается с 10^4 на 1 см^2 поверхности до десятков клеток, а на необработанной скорлупе – лишь до 10^3 . В белке обработанных яиц бактерии отсутствуют, а в необработанных они обнаруживаются в количестве сотен в 1 см^3 ; снижается в несколько раз и количество пищевого брака. Однако указанные пленочные покрытия сами могут разрушаться микробами.

Во Всероссийском научно-исследовательском и технологическом институте птицеводства (ВНИИТИП) разработан способ создания на скорлупе влаго- и газозащитной бактерицидной пленки из парафина и петролатума с последующей обработкой озоном. При быстром их окислении образуются вещества, обладающие бактерицидным действием (высшие жирные кислоты, жирные спирты и др.). На скорлупе яиц, обработанных таким способом, в течение 6 мес. хранения в холодильных камерах бактерии не обнаруживались (И.П. Кривопишин, Б.В. Емельянов, Б.А. Трегубов).

Рекомендуется дополнительно к холоду хранение яиц в модифицированной газовой среде с повышенным содержанием углекислого газа и азота; обработка высокочастотным электромагнитным полем, позволяющая (модулируя амплитуду) одновременно, но избирательно нагревать скорлупу и содержимое яйца до разной температуры; озонирование. Озонирование яиц при длительном хранении позволяет в 2-3 раза сократить отходы (А.Б. Рудаевская). Эффективность повышается при совмещении озонирования яиц с последующей упаковкой их в герметичную полимерную тару. Тара и упаковочный материал должны быть чистыми, сухими.

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹ качество яиц куриных оценивают по КМАФАнМ (не более 100

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

КОЕ/г для диетических, $5 \cdot 10^3$ – для столовых), отсутствию патогенных, в т.ч. сальмонелл в 125 г, БГКП – в 0,1 г для диетических, в 0,01 г для столовых яиц.

Яичные продукты. Из куриных яиц изготавливают *меланж* – замороженную смесь белка и желтка. Яичная смесь содержит обычно значительное количество разнообразных микроорганизмов. При изготовлении в нее могут попасть патогенные и условно-патогенные бактерии. В процессе замораживания и последующего хранения микроорганизмы в меланже частично отмирают, но все же может сохраниться достаточное их количество, особенно если меланж после изготовления был заморожен не сразу. Меланж – скоропортящийся продукт, хранить его разрешается только в замороженном виде. При оттаивании в меланже интенсивно размножаются микроорганизмы, поэтому размороженный продукт необходимо реализовать в течение нескольких часов, сохраняя в охлажденном виде.

Для снижения микробальной обсемененности яичную смесь нередко перед замораживанием кратковременно (1-3 мин) пастеризуют при сравнительно невысоких температурах (около 60 °С), которые не изменяют физическое состояние меланжа. В результате пастеризации обсемененность яичной смеси снижается на 95-99%. Для повышения эффекта пастеризации рекомендуется добавление в яичную смесь до нагревания перекись водорода (до 1%) или веществ, повышающих рН смеси до 10-11 (В.А. Степанов, А.И. Кулигина, О.А. Булычев и др.).

Бактериальная обсемененность меланжа нормируется¹: КМАФАнМ – не более $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г, БГКП не допускаются в 0,1 г продукта, золотистый стафилококк и протей – в 1 г, патогенные и сальмонеллы должны отсутствовать в 25 г.

При изготовлении *яичного порошка* или гранулированной яичной сухой массы высушиванием погибают не все микроорганизмы. В зависимости от степени обсемененности яичной смеси перед высушиванием и санитарных условий производства количество бактерий в порошке может значительно колебаться. Нередко в нем обнаруживают до нескольких десятков и даже сотен тысяч микробов в 1 г; преимущественно это спорообразующие и кокковые формы бактерий. При надлежащих условиях хранения (температура, относительная влажность воздуха, вид тары) микроорганизмы в порошке развиваться не могут, так как он имеет низкую влажность (3-8%), но многие длительно сохраняются жизнеспособными. Среди них бывают и сальмонеллы, они сохраняются в яичном порошке до 4-9 мес. (Н.Р. Асонов).

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Качество яичного порошка оценивают по тем же микробиологическим показателям, что и меланж (БГКП должны отсутствовать в 0,1 г). Если БГКП содержатся в 0,1 г, то продукт разрешается использовать только для изготовления хлебобулочных изделий, подвергающихся термической обработке при высокой температуре.

Микробиология рыбы, рыбопродуктов и промысловых беспозвоночных

Рыба свежая. Свежевыловленная рыба может быть в значительной степени обсеменена микроорганизмами. Уровень обсемененности и качественный состав микроорганизмов зависят от ряда условий: сезона лова, температуры воды, глубины обитания рыбы, степени загрязнения воды, способа лова.

Количество микроорганизмов на поверхности свежевыловленной морской и пресноводной рыбы колеблется в очень широких пределах: от 10^2 до 10^7 клеток на 1 см^2 .

Качественный состав микрофлоры, находящейся на поверхности рыбы, близок к микрофлоре воды. В рыбе, отловленной в холодных и умеренных регионах и в холодное время в любых широтах, преобладают представители психротрофных и психрофильных, бесспорных, грамотрицательных бактерий, относящихся к родам *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*. В теплое время года и в теплых водах поверхностная микрофлора кожных покровов рыб представлена мезофильной микрофлорой – различными видами микрококков, коринебактерий. Многие из указанных бактерий обладают протеолитическими, жирорасщепляющими, кислотообразующими свойствами.

Больше всего микроорганизмов в жабрах. Жаберный аппарат, наполненный кровью, легко обсеменяется микрофлорой воды и природного ила.

Одним из основных источников обсеменения микроорганизмами мяса рыбы является кишечник, количество микроорганизмов в нем может достигать 10^8 клеток в 1 г. Микрофлора кишечника более постоянная, в меньшей степени зависит от окружающей среды. В кишечнике свежей рыбы обнаруживаются представители родов *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Aeromonas* и др.; в незначительном количестве – мицелиальные грибы, дрожжи, *E. coli*. В содержимом кишечника часто присутствуют спорообразующие анаэробные микроорганизмы: *Cl. sporogenes*, *Cl. perfringens*, *Cl. putrificus*.

Уровень обсемененности поверхности и внутренних органов речных и озерных рыб достигает 10^3 - 10^4 клеток на 1 см^2 и 10^6 в 1 г соответственно. Естественной микрофлорой этих рыб являются психрофильные бактерии родов *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*.

Особое значение имеет выделение из рыбы патогенных для человека микроорганизмов. В связи с неудовлетворительным санитарным состоянием прибрежных морских зон и внутренних водоемов из-за поступающих неочищенных сточных вод в них обнаруживают представителей бактерий группы кишечных палочек (в том числе энтеропатогенных), родов *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, *Cl. botulinum* (особенно типа E). За последние несколько десятилетия в воде (Японского, реке Белого, Балтийского и очень редко Черного морей), а также на рыбе встречается *V. parahaemolyticus* – галофильный вибрион, возбудитель отравления (Ю.И. Григорьев и др.).

Свежевыловленная рыба быстро погибает (засыпает – снет). После гибели рыбы в ее теле происходит ряд сложных изменений: отделение слизи, окоченение, автолиз, микробиологические процессы.

Отделение слизи рассматривается как реакция в момент агонии. Слизь состоит из глюкопротеида, муцина, свободных аминокислот, N-оксида триметиламина и др., поэтому служит благоприятной средой для развития микроорганизмов.

Посмертное окоченение рыбы выражается в сокращении и напряжении мышц. Тело рыбы становится твердым. Мышечная ткань здоровых рыб обычно считается стерильной. Посмертное окоченение затрудняет проникновение микроорганизмов внутрь мышечных тканей.

Состояние посмертного окоченения, характеризующее свежесть рыбы, сменяется автолитическими и микробиологическими процессами, происходящими под влиянием ферментов самой рыбы и специфических микроорганизмов. Мышечные волокна отдают воду, размягчаются. Эти изменения способствуют проникновению микроорганизмов внутрь мышечных тканей. В ткани снулой рыбы микроорганизмы проникают с поверхности тела, из кишечника, из крови жабр. Чем выше их обсемененность, тем большее количество микроорганизмов будет в толще тканей.

Свежеуснувшая рыба начинает быстро портиться. Значительно изменяются органолептические показатели качества рыбы: тело теряет упругость, глаза становятся впалыми, жабры серыми, усиливается ослизнение поверхности, слизь мутная, слегка разжиженная, ощущается неприятный запах. Основная причина порчи – расщепление микроорганизмами (*Pseudomonas* и в меньшей степени родов *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*) белковых и экстрактивных веществ, гидролиз и окисление жира.

Общая обсемененность определяет потенциальную способность рыбы к хранению: чем она выше, тем быстрее снижается качество рыбы. Решающее значение при этом имеет преобладающая микрофлора. По мере увеличения бактериальной обсемененности гнилостными формами снижается сортность рыбы. Так, при анализе рыбы II сорта в 1 г ее

тканей содержалось более 90 тыс. бактерий, из них 41% относились к гнилостным; в некондиционной рыбе насчитывалось 347,5 тыс. бактерий, из которых более 50% составляла гнилостная микрофлора (А.М. Теплицкая).

Характер и интенсивность процессов разложения белковых веществ рыбы определяются как составом микрофлоры, так и особенностями химического состава тела рыбы. Мясо морских рыб, содержащих большое количество экстрактивных азотистых веществ, портится быстрее, чем пресноводных. В результате бактериального разложения белка в рыбе семейства лососевых, скумбриевых, (в том числе группа тунцовых) и сельдевых образуются биогенные амины, в том числе гистамин, вызывающий неспецифические отравления. К микроорганизмам, образующим гистамин, относятся представители родов *Proteus*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *E. coli*. Рыба, с содержанием свыше 100 мг/кг гистамина считаются непригодными в пищу (Единые санитарные требования).

На состояние промысловых рыбопродуктов особенно влияет загрязнение как морских, так и водных организмов (гидробионтов) ионами тяжелых металлов, радионуклидами, различными пестицидами, инсектицидами и др.

После отлова рыба попадает на борт рыболовного судна, где ее перерабатывают и охлаждают. В процессе переработки рыбы ее подвергают мойке проточной морской водой. Такая промывка приводит к удалению слизи, в которой находятся бактерии, что сокращает количество поверхностной микрофлоры на 80-90%. При разделке рыбу потрошат, т.е. удаляют кишечник. Мойка как целой, так и потрошеной рыбы приводит к уменьшению микроорганизмов, почти не отражаясь на их качественном составе.

Филетирование рыбы изменяет как количество микроорганизмов, так и их качественный состав. После разделки и мойки рыба должна иметь, по зарубежным данным, уровень обсеменения, не превышающий $1 \cdot 10^4$ клеток в 1 г (Г.-Д. Мюнх, Х. Заупе и др.). На отечественных рыбообрабатывающих предприятиях допустимый предел общей бактериальной обсемененности сырья установлен на уровне $5 \cdot 10^4$ клеток в 1 г (Ю.П. Пивоваров, Р.С. Волкова и др.). В качественном составе микрофлоры филе наблюдаются различия по сравнению с кожей и жабрами. Из воздуха, оборудования, с рук обработчиков на поверхность рыбы кроме бактерий рода *Pseudomonas* попадают различные виды рода *Micrococcus*, споровые аэробы, возрастает количество мезофильных микроорганизмов.

Увеличение срока хранения свежей рыбы и получения высоких качественных готовых продуктов достигают охлаждением.

Охлажденная рыба. Для охлаждения рыбы на рыболовных судах используют лед. Применяемый лед по содержанию микроорганизмов должен отвечать требованиям,

предъявляемым к питьевой воде. Температура рыбы, выдерживаемой подо льдом, несколько выше 0 °С. При длительной транспортировке эта температура может повыситься до 6 °С.

Контакт рыбы со льдом приводит к существенному изменению количественного и качественного состава обсеменяющих ее микроорганизмов. Применение льда, приготовленного из чистой воды и не хранившегося длительное время в бункерах, не вызывает увеличения численности микрофлоры рыбы.

При соблюдении оптимальных условий хранения бактерии с наружных покровов проникают в мышечные ткани спустя 11-12 сут (N.S. Boyd, N.D.C. Wilson).

В процессе хранения свежельвленной рыбы подо льдом уменьшается число мезофильных микроорганизмов и значительно возрастает содержание психрофильных бактерий – представителей *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*. После хранения рыбы подо льдом в течение 10 сут бактерии рода *Pseudomonas* составляют 50% всей микрофлоры, через 18 сут – 96%. Псевдомонады не только быстрее размножаются, но и обладают высокой биохимической активностью по отношению к белкам и жиру. Наиболее активны из них *Pseudomonas putrificiens*, *Ps. fragi*, *Ps. fluorescens* – продуценты H₂S, NH₃ и триметиламина. Первые признаки изменений качества рыбы, вызываемых бактериями, наблюдаются при количестве их 10⁶-10⁷ клеток на 1 см² поверхности. Появляется неприятный специфический запах, характерный для портящейся рыбы.

Недостаток способа хранения рыбы подо льдом – его быстрое загрязнение слизью, чешуей, что способствует и бактериальному загрязнению льда. Для повышения эффективности действия льда на микрофлору в него добавляют консерванты, такие как антибиотик низин.

Сотрудниками ТИПРО-центра (Т.А. Давлетшиной, Л.В. Шульгиной, Т.М. Бывальцевой, Ю.Г. Блиновым) разработан пищевой консервант (антимикробный препарат) с выраженными бактерицидными свойствами, полученный из липидов морских рыб. Антимикробный препарат, обладающий активностью 30 тыс. ед. добавляли в лед. Охлажденную рыбу (камбалу и терпуг) сохраняли при температуре 0-2 °С в течение 5 сут. Установлено, что использование льда с антимикробным препаратом способствовало снижению микроорганизмов в рыбе на два порядка (с 1,5·10⁴ -3,9·10⁴ до 7,9·10²-2,0·10²) и позволяло увеличить срок ее хранения до 5-8 сут.

Хранение рыбы в холодильных камерах при низких температурах от 0 до 2 °С не предотвращает развития психротрофных бактерий, их число спустя 10 сут достигает 10⁷ клеток в 1 г. Среди выделенных микроорганизмов преобладают протеолитические и

липолитические формы родов *Vibrio*, *Flavobacterium*, *Cytophaga*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Pseudomonas* (L.M. Faber de Freitas, Ar.W. Anderson).

Размножение бактерий приводит к ухудшению качества, поэтому срок хранения охлажденной рыбы на предприятиях торговли и общественного питания при температуре от 0 до минус 2 °С составляет 48 ч.

Для удобства потребителя и увеличения срока хранения используют механизированную фасовку рыбы в различные упаковочные материалы под вакуумом и без него. Микробная обсемененность рыбы, упакованной в воздухонепроницаемую полиамидную пленку под вакуумом, в 10 раз ниже, чем обсемененность рыбы в полиэтиленовой упаковке (как с вакуумом, так и без него) или рыбы, уложенной непосредственно в лед (Е.Н. Дутова, М.М. Гофтарш).

Хороший эффект в качестве дополнительного средства консервирования дает хранение в атмосфере азота. По данным А.И. Пискарева, срок хранения салаки при 0 °С в атмосфере, содержащей 98% азота, на несколько суток превышает срок хранения рыбы при той же температуре в обычной (воздушной) атмосфере. Долше сохраняется рыба в модифицированной атмосфере с высоким (60-80%) содержанием CO₂.

Другим современным методом увеличения продолжительности сохранения качества рыбы является радиационная обработка ее γ -излучением (радисидация). По данным исследователей США, Индии, облучение до 2 кГр позволяет уменьшать количество микроорганизмов, увеличивать сроки хранения разделанной рыбы, и благодаря этому представляется возможным транспортировать ее в отдаленные районы страны (I.D. Kaylor, V. Venugopal). Наряду с уменьшением обсемененности значительно изменяется качественный состав микрофлоры. Перед облучением доминируют роды *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Achromobacter* и *Lactobacillus*. После облучения преобладают *Corynebacterium*, *Micrococcus* и *Bacillus*, многие из них обладают малой биохимической активностью и сравнительно невысокой скоростью размножения при низких положительных температурах.

Французскими учеными отмечено, что рыбное филе перед облучением целесообразно упаковывать под вакуумом. При температуре около 2 °С облученные продукты в вакуумированной упаковке могли храниться без заметных признаков порчи в течение 21-30 сут, а срок хранения необлученного продукта, упакованного под вакуумом, не превышал 10 сут.

Для более длительного хранения рыбу замораживают или подвергают другим способам консервирования: посолу, копчению, маринованию, вялению.

Рыба мороженная. Она может длительно (месяцами) храниться без микробиальной порчи при температуре не выше минус 12 °С. Хорошей защитой является покрытие глазурью и хранение рыбы при минус 18 °С и относительной влажности, не превышающей 80%.

В процессе замораживания многие микроорганизмы, находящиеся на рыбе, погибают. Обсемененность рыбы после замораживания колеблется от 10^2 до 10^3 в 1 г. При этом, чем выше обсемененность до замораживания, тем больше микроорганизмов сохраняется на мороженой рыбе.

Разные микроорганизмы проявляют неодинаковую устойчивость к губительному действию низких температур. Психрофильные бактерии родов *Pseudomonas*, *Achromobacter*, несмотря на их способность к росту при низких температурах, менее стойкие к замораживанию, чем бактерии рода *Flavobacterium*. Наименьшей устойчивостью к замораживанию обладают споры бактерий, микрококки, фекальные стрептококки. Одни микроорганизмы в процессе последующего хранения постепенно отмирают, другие длительное время сохраняют жизнеспособность, при этом микробов сохраняется тем больше, чем ниже температура хранения. Так, в замороженном палтусе при температуре хранения минус 10 °С в течение 115 сут выживало около 6% бактерий, оставшихся после замораживания, при минус 15 °С – около 17%, а при минус 20 °С – 50% (Г.Л. Носкова).

В отношении влияния скорости замораживания на выживаемость микроорганизмов единого мнения не существует. Однако нередко наблюдается, что при температурах, близких к криоскопическим, быстрое замораживание продукта менее губительно для микроорганизмов, чем медленное. Известно, что температурные пределы от минус 1 до минус 5, минус 8 °С, близкие к температурному минимуму роста, наиболее неблагоприятны для микроорганизмов, поэтому при быстром прохождении этой зоны при замораживании клетки лучше сохраняются.

Гибель микроорганизмов в процессе замораживания и в замороженных продуктах происходит под влиянием многих неблагоприятных для них факторов. Однако эндоферменты, высвобождающиеся после автолиза бактериальных клеток, участвующие в гидролитических и окислительных процессах жира, сохраняют активность в замороженной рыбе в течение длительного времени.

На замороженной рыбе обнаруживаются преимущественно микрококки; палочковидные, не образующие спор бактерии, споры плесеней встречаются в небольших количествах.

В замороженном филе с повышенным уровнем бактериальной обсемененности, как правило, увеличивается процент обнаружения колиформных бактерий, энтерококков и клостридий.

Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, листерии, попадающие на рыбу, сохраняются при замораживании.

При размораживании, особенно медленном, некоторые микробы погибают, но сохранившиеся начинают быстро размножаться. Оттаявшая рыба портится быстрее. Поэтому размораживать продукт следует непосредственно перед использованием.

Способствует снижению количества микроорганизмов на рыбе применение при размораживании отрицательно заряженных ионов кислорода. Под их действием на поверхности рыбы происходит ингибирование значительной части микроорганизмов. Количество находящихся на поверхности кожи рыбы бактерий за 24 ч снижается более чем в 10 раз (Л.В. Шульгина, М.М. Горшкова, Г.И. Загородная).

Разработан конвекторно-электрорезисторный способ размораживания (КЭП-способ) с использованием стабилизированного тока низкой частоты. Этот способ исключает неравномерный прогрев сырья и сохраняет качество размороженной продукции (Б.Н. Семенов, А.Б. Одинцов, Д.Б. Сокулин).

Согласно действующим нормам¹ живая рыба оценивается по пяти микробиологическим показателям: КМАФАнМ – не более $5 \cdot 10^4$ КОЕ/г, колиформные микроорганизмы (БГКП), золотистый стафилококк – не допускаются в 0,01 г, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и листерии, должны отсутствовать в 25 г, в морской рыбе нормируется наличие паразитического вибриона, содержание которого ограничивается не более 100 КОЕ/г продукта. По таким же показателям оценивается охлажденная и мороженая рыба, но уровни несколько иные. Так, количество бактерий допускается не более $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г; уровень, в котором должны отсутствовать колиформные бактерии, – 0,001 г. Остальные требования к показателям аналогичны требованиям к живой рыбе. В охлажденном, замороженном рыбном филе и рыбе спецразделки, упакованной под вакуумом, учитывается отсутствие сульфитредуцирующих клостридий в 0,01 г продукта.

На рыбоконсервных предприятиях и при производстве кулинарных изделий из рыбы с допустимой общей бактериальной обсемененностью свежей охлажденной или размороженной рыбы считается $5 \cdot 10^4$ клеток в 1 г продукта, в 1 г фарша, приготовленного на производстве, – $1 \cdot 10^5$ клеток. Для быстрой санитарной оценки свежести рыбы

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

рекомендуется бактериоскопическое исследование путем микроскопирования мазков-отпечатков с поверхности тела рыбы и с глубоких слоев мышц (табл. 26).

Таблица 26 – Бактериологические исследования поверхности тела рыбы

Степень свежести рыбы	В поле зрения микроскопа	
	поверхность рыбы	ткани мышц
Свежая	Единичные клетки (палочки и кокки)	Микроорганизмы должны отсутствовать
Задержанная в хранении, но пригодная для пищевого использования	10-30 клеток (палочки и кокки)	Единичные клетки

Рыба соленая. Посол – один из старинных способов хранения рыбы. Консервирующее действие посола обусловлено высокой осмотической активностью раствора соли и снижением водной активности (a_w) среды. В главе 4 отмечалось, что солеустойчивость микроорганизмов различна. Поваренная соль не только тормозит размножение клеток, но и влияет на их биохимическую активность. Установлено (Е.Н. Дутова), что при содержании соли до 4% возрастает протеолитическая активность микрококков, при 6%-ном содержании соли активность снижается, при 12%-ном – не обнаруживается. Аналогично влияет соль и на активность восстановления бактериями N-оксида триметиламина в триметиламин.

В настоящее время посолу подвергают главным образом виды рыб (сельдевые, лососевые), способные при выдержке в определенных условиях созревать, т.е. приобретать специфические вкусовые качества и более мягкую консистенцию в результате биохимических процессов превращения белков и липидов, происходящих в рыбе под влиянием ее собственных ферментов. Созревшая рыба съедобна без дополнительной кулинарной обработки. Некоторая роль в процессах созревания принадлежит и микроорганизмам, находящимся в солевом растворе (тузлуке) и на рыбе.

Несозревающие виды рыб солят для сохранения в качестве полуфабриката, используемого при изготовлении вяленой, сушеной, копченой и других видов рыбной продукции.

При любом способе посола рыбы происходят изменения количественного и качественного состава ее первоначальной микрофлоры. Типичные для свежей рыбы психротрофные виды *Pseudomonas* постепенно отмирают или сохраняются в небольшом количестве в плазмолизированном состоянии. Преобладающими в соленой рыбе и тузлуках становятся галофильные и солеустойчивые микрококки; в меньшем количестве

обнаруживаются спороносные палочки; встречаются молочнокислые бактерии, дрожжи, споры плесеней. Количество бактерий в тузлуке колеблется от 10^3 до 10^6 в 1 см^3 .

При хранении соленой рыбы возможно возникновение различных дефектов. Некоторые из них обусловлены развитием микроорганизмов. Так, выше были описаны красные галофильные аэробные бактерии, вызывающие *фуксин* – красный слизистый налет с неприятным запахом. Кроме того, порчу соленой рыбы вызывают солеустойчивые микрококки, образующие красный пигмент, и галофильные коричневые плесени, которые, как и возбудители фуксина, попадают с солью. На поверхности рыбы, пораженной этими плесенями, появляются коричневые пятна и полосы, ощущается запах прогорклого жира. Этот дефект называется *ржавлением*. Коричневые плесени при температуре ниже $5 \text{ }^\circ\text{C}$ не развиваются.

В целях предупреждения поражения рыбы фуксином и ржавлением следует проводить санитарно-микробиологический контроль соли, чтобы обнаружить присутствие возбудителей этих дефектов.

Слабосоленая сельдь может подвергаться *омылению* под влиянием аэробных, холодо- и солеустойчивых бактерий. При этом поверхность рыбы покрывается грязновато-белым мажущимся налетом. Рыба приобретает неприятный вкус и гнилостный запах. В соленой сельди могут выживать и токсигенные бактерии: сальмонеллы, золотистый стафилококк, ботулинус, листерии, парагемолитический вибрион.

Возбудителями *загара* – потемнения или покраснения мяса рыбы в области спинных мышц – являются бактерии рода *Pseudomonas*. Дефект этот возникает в случае, если рыба плохо просаливается или для посола была использована «задержанная» рыба, в мясе которой уже до посола содержались микроорганизмы.

Рыба маринованная. Основным фактором, тормозящим развитие в маринованной рыбе бактерий, в том числе гнилостных, является кислая среда. Некоторое консервирующее действие оказывают добавляемые в маринад соль, сахар, а также пряности, содержащие эфирные масла и обладающие фитонцидными свойствами. Однако нередко пряности сами бывают значительно обсеменены микробами. На маринованной рыбе могут развиваться плесени. При этом снижается кислотность продукта и создается возможность роста гнилостных бактерий. Хранение маринованной рыбы в герметически закрытой таре и на холоде предотвращает ее плесневение.

Рыба сушеная и вяленая. При удалении из мяса рыбы воды до определенного предела создаются неблагоприятные условия для развития микробов. В вяленой и солено-сушеной рыбе консервирующее действие оказывает также соль.

Некоторые микроорганизмы длительно сохраняются на этой продукции в анабиотическом состоянии. Микрофлора состоит преимущественно из микрококков. Встречаются спорообразующие бактерии, молочнокислые, споры плесеней.

При последующем повышении влажности продукта и благоприятной температуре в первую очередь начинают развиваться плесени. Для предотвращения плесневения эту рыбную продукцию необходимо хранить на холоде и при относительной влажности воздуха 70-80%.

Рыба копченая. Консервирующее действие при копчении рыбы оказывают главным образом антисептические вещества дыма (или коптильной жидкости). Кроме антисептиков, при горячем способе копчения на микрофлору рыбы губительно действует высокая температура, а при холодном - соль и подсушивание рыбы. При копчении в толще рыбы все же сохраняется то или иное количество микроорганизмов. Очень чувствительны к бактерицидным веществам дыма бактерии рода *Pseudomonas*; устойчивы споры бактерий и плесеней, а также многие микрококки.

В 1 г рыбы горячего копчения обнаруживается бактерий 10^2 - 10^4 , рыбы холодного копчения – 10^2 - 10^5 , а в отдельных случаях и больше.

Допустимая степень обсеменения бактериями¹ свежеработанной рыбы горячего и холодного копчения $1 \cdot 10^4$ КОЕ в 1 г при отсутствии БГКП в 1,0 г рыбы горячего копчения, в 0,1 г рыбы холодного копчения, золотистого стафилококка – в 1,0 г, сульфитредуцирующих клостридий, в том числе в рыбе упакованной под вакуумом, – в 0,1 г, патогенных, в том числе сальмонелл и листерий, – в 25 г. Парагемолитический вибрион в морской рыбе холодного копчения допускается не более 10 КОЕ/г.

Микрофлора рыбы горячего и холодного копчения сходна между собой и представлена в основном (до 80% и более) различными микрококками. Встречаются спороносные и не образующие спор палочковидные бактерии, дрожжи, споры плесеней.

Рыба горячего копчения по сравнению с рыбой холодного копчения имеет большую влажность, содержит меньше соли и, кроме того, коптится менее продолжительное время. Все это и обуславливает более быструю ее порчу. Хранить рыбу горячего копчения рекомендуется при низких температурах (от 2 до минус 2°C) в течение не более 72 ч.

На копченой рыбе в первую очередь развиваются плесени (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*), особенно быстро – при повышенной относительной влажности воздуха в помещении. Иногда порчу вызывают дрожжи (*Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Rhodotorula*). Лучше сохраняется копченая рыба, упакованная в пакеты из газонепроницаемых

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

полимерных материалов. Эффективно также заполнение пакетов углекислым газом (А.П. Макашов). При таком способе хранения и температуре около 0 °С полностью подавляется развитие плесеней и дрожжей, замедляется рост микрококков. Упаковка, кроме того, предотвращает вторичное обсеменение микроорганизмами.

Качество копченой рыбы и стойкость ее при хранении во многом зависят от исходной степени обсеменения микробами рыбы-сырца, а также от соблюдения технологического режима, условий производства и хранения продукции.

Установлено, что при хранении рыбы горячего копчения в течение 30 сут при температуре от (-2±2) °С в традиционной упаковке (не в вакууме) количество микроорганизмов увеличивается до 1·10². БГКП, патогенные, в том числе сальмонеллы, дрожжи и плесени не обнаружены (табл. 27).

Таблица 27 – Микробиологические показатели скумбрии горячего копчения в процессе хранения при температуре (-2±2) °С

Срок хранения, сут	Упаковка	МАФАнМ, КОЕ/г	БГКП	Анаэробы, КОЕ/г	Патогенные (<i>Salmonella</i>)	Дрожжи, плесени, КОЕ/г
0-28	Без вакуума Вакуумная	Нет роста	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
30	Без вакуума Вакуумная	1·10 ² Нет роста	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
40	Без вакуума* Вакуумная	3·10 ² Нет роста	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Плесени 10 Не обнаружено
50	Вакуумная	1,9·10 ¹	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
60	Вакуумная	1,7·10 ²	Обнаружено	6	Не обнаружено	Дрожжи 10 Плесени 70

* Снята с дальнейшего хранения

Рыба, упакованная под вакуумом в полиэтиленполиамидные пакеты сохранялась при этих же условиях в течение 50 сут без изменения качества. Только на 60-е сут общее количество бактерий увеличилось на порядок, и были обнаружены кишечная палочка, анаэробы, дрожжи и плесени.

При температуре хранения минус 18 °С рыба горячего копчения в традиционной упаковке сохраняется 90 сут, а под вакуумом – 135 сут (табл. 28).

Таблица 28 – Микробиологические показатели скумбрии горячего копчения в процессе хранения при температуре минус 18 °С

Срок хранения, сут	Упаковка	МАФАнМ, КОЕ/г
0-40	Без вакуума	Нет роста
	Вакуумная	
50	Без вакуума	1·10 ¹
	Вакуумная	Нет роста
60	Без вакуума	2·10 ¹
	Вакуумная	Нет роста
75	Без вакуума	2,5·10 ¹
	Вакуумная	Нет роста
90	Без вакуума	2,8·10 ¹
	Вакуумная	Нет роста
105	Вакуумная	1,3·10 ¹
120	Вакуумная	1,5·10 ¹
135	Вакуумная	2·10 ¹

Пресервы. Слабосоленая рыбная продукция из мелкой рыбы (килька, салака, хамса и др.), выпускаемая в герметически закрытой таре – пресервы – содержит помимо соли сахар, специи, растительное масло. Пресервы не подвергают тепловой обработке; для предохранения от порчи в них вводят антисептик – натриевую соль бензойной кислоты (бензоат) (не более 0,1%). Взамен этой соли или в сочетании с ней рекомендуют использовать сорбиновую кислоту и антибиотик низин, что также дает хорошие результаты. Некоторый консервирующий эффект обеспечивает и поваренная соль.

Микрофлора пресервов в первые дни их изготовления разнообразна: в состав ее входят микроорганизмы рыбы, соли и специй. Последние нередко в значительной степени (10^4 - 10^6 /г) обсеменены спорообразующими аэробными и анаэробными палочковидными бактериями и микрококками, среди которых имеются солеустойчивые и холодоустойчивые гнилостные формы. В процессе созревания пресервов состав их микрофлоры изменяется. Доминирующими становятся бактерии *Micrococcaceae*, а также молочнокислые.

В процессах созревания рыбы, помимо ее тканевых и пищеварительных ферментов, немаловажное значение имеют гетероферментативные молочнокислые бактерии. Будучи устойчивыми к соли и бензоату натрия, они размножаются, сбраживают сахар с образованием кислот (молочной, уксусной) и ароматических веществ. Эти вещества

вместе с эфирными маслами специй и продуктами ферментативных процессов участвуют в создании определенного вкуса и запаха – «букета» пресервов.

Снижение рН активизирует некоторые тканевые ферменты рыбы, участвующие в ее созревании.

Кислоты, соль и антисептик, а также низкая температура созревания препятствуют развитию гнилостных споровых бактерии, находящихся в пресервах. Однако некоторые из них, особенно при нарушении технологического режима изготовления и температуры хранения пресервов, могут развиваться и вызвать порчу продукта. В пресервах нередко обнаруживается *Clostridium perfringens* – обитатель кишечника рыб, попадающий и со специями. При активном развитии этих бактерий происходит бомбаж банок. Для повышения стойкости пресервов в хранении рекомендуется использовать стерильные специи. Чтобы лучше сохранить ароматические свойства специй, целесообразно проводить их холодную стерилизацию (УФ-лучами, γ -лучами).

В отличие от стерилизуемых рыбных баночных консервов пресервы не подлежат длительному хранению даже на холоде. Предложенная (Е.Н. Дутова, М.М. Гофтарш) радиационная обработка (радуризация) пресервов позволяет не только увеличить срок их хранения, но и исключить применение консерванта.

Икра. Икра многих рыб является ценным пищевым продуктом. Ее готовят из ястыков осетровых рыб и дальневосточного лосося. Меньшее значение имеет производство этого продукта из ястыков карповых, сельдевых, тресковых, например минтая, и других пород. В теле живой рыбы икра стерильна. Для получения высококачественного продукта икру извлекают из живой или только что уснувшей рыбы.

Микрофлора икры состоит из психрофильных микроорганизмов, которые относятся к естественной микрофлоре рыбы. Дальнейший технологический процесс переработки икры на всех этапах связан с применением ручного труда. При этом могут попадать стафилококки, бактерии группы кишечных палочек, споры бактерий и мицелиальных грибов, дрожжи. Поэтому при производстве икорных продуктов необходимо соблюдать высокие санитарно-гигиенические требования: разделочные столы, инвентарь, посуда, руки обработчиков должны быть безукоризненно чистыми. Большое значение имеют чистота воздуха и качество воды, используемой для промывания икры. Так, для снижения количества микроорганизмов промывание икры проводят электрохимически активированной водой (Л.Р. Копыленко и др.).

Свежая, ничем не законсервированная икра в короткое время подвергается микробиальной порче. Основной метод консервирования икры – посол. Икру мягкого посола получают при внесении 3%-ного раствора поваренной соли; добавление высоких

концентраций соли (от 7,5 до 10%) способствует получению соленой икры. Соль тормозит рост микроорганизмов и снижает обсемененность икры. Для посола икры используют чистую соль, стерилизованную путем прокаливания при температуре 150-160 °С в течение 2 ч.

При приготовлении паюсной икры применяют посол ее теплым насыщенным раствором соли, с последующим уплотнением икорной массы. При такой обработке уменьшается содержание влаги в продукте и повышается устойчивость паюсной икры при хранении. Зернистую икру просаливают «сухим» способом. Эта икра как более влажная сохраняется хуже, чем паюсная. В 1 г слабосоленой икры содержится $5 \cdot 10^4$ клеток, в соленой – $1 \cdot 10^4$.

Видовой состав микрофлоры икры очень разнообразен. В нем преобладают главным образом палочковидные мезофильные сапрофиты. Наиболее часто встречаются *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bac. mycoides*, *Micrococcus candidas*, *Sarcina lutea* и др. Кроме бактерий в свежесоленой икре обнаружены актиномицеты, дрожжи, мицелиальные грибы (А.И. Куликов).

При правильном хранении зернистой икры при температуре от минус 2 до минус 4 °С наблюдается снижение численности содержащихся в ней микроорганизмов. Под влиянием низкой температуры, солености, низкой влажности, кислой реакции видовой состав микроорганизмов икры становится более однообразным и представлен различными видами рода *Micrococcus*. В этих условиях зернистая икра сохраняет хорошее качество в течение 2-3 мес.

Для увеличения срока хранения в икру кроме соли добавляют бензоат натрия, сорбиновую кислоту.

Наиболее эффективным методом для подавления жизнедеятельности бактерий и увеличения срока хранения икры осетровых рыб является пастеризация (Т.И. Макарова). В 1 г пастеризованной икры содержатся $1 \cdot 10^3$ клеток. Видовой состав остаточной микрофлоры представлен видами родов *Micrococcus* и *Bacillus*. Для повышения эффективности пастеризации используют композицию из поваренной соли, KHCO_3 и соли яблочной кислоты (Л.Р. Копыленко).

Сроки хранения пастеризованной икры зависят от температурных условий. При температуре минус 2 °С икра сохраняет хорошее качество в течение 12-13 мес., при температуре 18-20 °С – 5-6 мес., при 36 °С – 1-1,5 мес. Очень долго хранится пастеризованная икра в замороженном виде. Небольшое повышение температуры (до минус 2 °С) приводит к активизации жизнедеятельности микроорганизмов и, следовательно, к ухудшению ее органолептических свойств.

Порча икры выражается в скисании и прогоркании. Главные возбудители порчи икры – бактерии группы *E. coli* и близкие к ней по свойствам *B. lactis aerogenes*, а также *B. ruber* и *Pseudomonas fluorescens*. Они вызывают скисание икры. Кокки и мицелиальные грибы способствуют образованию прогорклого вкуса.

Несколько меньшее значение имеют аэробные спорообразующие палочки *Bac. subtilis*, *Bac. cereus*, так как при хранении икры реакция в ней остается кислой, в пределах рН 5,9-6,9. Кислая среда задерживает развитие этих бактерий и вызываемые ими процессы гниения.

В связи с использованием в процессе производства икорных продуктов ручного труда в них могут попадать условно-патогенные микроорганизмы, в частности бактерии группы кишечных палочек, золотистый стафилококк, сульфитредуцирующие клостридии. Согласно действующим нормативным документам эти микроорганизмы должны отсутствовать в 1 г продукта, патогенные микроорганизмы, включая сальмонеллы, – в 25 г¹. В икре ястычной из морских рыб нормируется содержание *V. parahaemolyticus* – не более 100 КОЕ/г.

Санитарно-гигиенические условия и строгий контроль производства обеспечивают высокое качество продукта, безопасность и стойкость его при хранении.

Промысловые беспозвоночные. Ракообразные (креветки, крабы, омары, langoustы) и моллюски (гребешки, мидии, устрицы, кальмары) являются скоропортящимся пищевым сырьем. Помимо микроорганизмов, причиной быстрой порчи является активное воздействие ферментов самого животного.

Большинство промысловых беспозвоночных – придонные животные, поэтому первичная микрофлора их соответствует микрофлоре морских осадков, ила и воды.

Качественный и количественный состав микрофлоры даже одного и того же вида ракообразных или моллюсков различается в зависимости от места, сезона, способа лова.

Для **ракообразных** микробная обсемененность (КМАФАнМ) свежельовленных креветок колеблется от 10² до 10⁶ клеток на 1 г. В основном это бесспорные аэробные мезофильные и психротрофные бактерии родов *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, а также *Vibrio*.

Микроорганизмы панцирных покровов, жабр и внутренностей крабов типичны для микрофлоры морского грунта, преобладают спорообразующие бактерии. Мясо крабов живых, не задержанных в сетях, содержит мало бактерий – от единиц до нескольких сотен

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

на 1 г. Преимущественно это бактерии родов *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*.

В свежевыловленных креветках, крабах патогенные и условно-патогенные микроорганизмы обычно отсутствуют или встречаются в небольших количествах. Однако при обработке, контакте с загрязненной палубой и оборудованием возможно инфицирование ракообразных этими микроорганизмами.

Микробиальная обсемененность свежевыловленных моллюсков – мидий, устриц, кальмаров, гребешков – колеблется от 10^2 до 10^4 клеток на 1 г. Некоторые моллюски добывают в районах, загрязненных сточными водами, поэтому в микрофлоре этих моллюсков, помимо различных водных бактерий (*Moraxella*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*), встречаются, причем летом в большом количестве, представители семейства *Enterobacteriaceae* (энтерококки, кишечная палочка, протей, *Clostridium perfringens* и др.), многие из которых являются условно-патогенными формами.

Чтобы задержать развитие микроорганизмов, выловленных беспозвоночных до момента переработки (изготовление консервов, кулинарных изделий) содержат во льду или замораживают.

В охлажденном состоянии ракообразные и моллюски сохраняются лишь несколько суток, при этом большое значение имеет степень исходного обсеменения их микробами. Так, при 0 °С креветки, содержащие бактерий 10^2 на 1 г, сохранились 8-9 суток, а содержащие 10^4 клеток – 5-6 дней. В креветках развивались бактерии родов *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*. Обезглавленные креветки сохраняются дольше, чем целые.

Лангусты с исходной обсемененностью 10^2 бактерий на 1 г сохраняются во льду до 8-10 сут без заметного изменения качества, хотя число бактерий возрастает до 10^3 - 10^4 клеток на 1 г. При большей исходной обсемененности – 10^3 - 10^4 в 1 г – уже через 8-9 сут число бактерий превышает миллион в 1 г и проявляются признаки порчи. В микрофлоре преобладают псевдомонасы.

Порчу устриц и мидий вызывают главным образом псевдомонасы и молочнокислые бактерии; порчу гребешков – бактерии родов *Moraxella* и *Acinetobacter*.

Для удлинения сроков хранения охлажденной продукции рекомендуется обработка ее химическими консервантами (растворами пиросульфита натрия, сорбиновой, бензойной, лимонной кислот), а также радиационная обработка. Обработка γ -облучением в дозах 3-5 кГр удлиняет срок хранения в 2-3 раза, количество микробов снижается на два-три логарифмических порядка.

Замораживание беспозвоночных – лучший способ их консервирования до переработки и реализации. Сроки хранения измеряются месяцами в зависимости от вида и качества продукта, режима замораживания и хранения. В период замораживания и последующего хранения отмирает до 90% и более исходной микрофлоры. В остаточной микрофлоре преобладают бактерии кокковой формы и грамотрицательные палочки. Глазирование продукта позволяет удлинить срок хранения.

В реализацию беспозвоночные поступают сырыми в целом виде или вареными, но обычно их используют для производства консервов.

В результате тепловой обработки ракообразных (бланшировка или варка в течение 2-5 мин) значительно снижается количество микрофлоры, но эффект обработки зависит от степени обсеменения нагреваемого объекта, длительности и температуры обработки. Для увеличения срока хранения вареных ракообразных замораживают. Рекомендуется также γ -радиационная обработка продукта, упакованного в полиэтиленовую тару.

Порча креветок (сырых) проявляется в образовании летучих веществ с неприятным запахом. Возбудители – главным образом протеолитические бактерии рода *Pseudomonas*, образующие низкомолекулярные амины (ди- и триметиламин), а также летучие серосодержащие компоненты с неприятным запахом. Вызывают порчу и некоторые спорообразующие аэробные бактерии. При порче крабов в них, помимо гнилостных процессов, протекает кислотное брожение сахаров. Признаки порчи отмечаются обычно при общей микробной обсемененности (КМАФАнМ) 10^6 - 10^7 на 1 г и содержании азота летучих оснований 25 мг% (Т.М. Москаленко).

На качество готового продукта (кулинарного изделия, консервов) влияет исходная обсемененность полуфабриката, поэтому при изготовлении консервов из ракообразных все процессы переработки сырья должны проводиться в надлежащих санитарных условиях.

Обобщенные рекомендации многих исследователей положены в основу санитарных норм на сырье, полуфабрикаты и готовую продукцию из морских ракообразных и моллюсков и приведены в таблице 29¹.

Таблица 29 – Санитарные нормы на сырье и продукцию из морских ракообразных и моллюсков

Наименование продукта	КМАФАнМ, КОЕ/г, не	Масса продукта (г), в которой не допускаются	Примечание
-----------------------	--------------------	--	------------

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

	более	БГКП (коли- формы)	<i>S. aureus</i>	Сульфит- редуци- рующие кlostридии	
Ракообразные и другие беспозвоночные (головоногие и брюхоногие моллюски, иглокожие и др.)					
живые	$5 \cdot 10^4$	0,01	0,01	-	<i>V. parahaemolyticus</i> – не более 100 КОЕ/г
охлажденные, мороженные	$1 \cdot 10^5$	0,001	0,01	-	
Двухстворчатые моллюски (мидии, устрицы, гребешок и др.):					
живые	$5 \cdot 10^3$	1,0	0,1	0,1	<i>Enterococcus</i> – в 0,1 г; <i>V. parahaemolyticus</i> – в 25 г
охлажденные, мороженные	$5 \cdot 10^4$	0,1	0,1	–	<i>V. parahaemolyticus</i> – не более 100 КОЕ/г

Примечание. Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и *L. monocytogenes*, должны отсутствовать в 25 г продукта.

Микробиология крупы, муки, макаронных изделий и хлеба

Крупа. Микрофлора крупы обуславливается в первую очередь составом микрофлоры перерабатываемого зерна. Степень обсеменения микроорганизмами зерна крупяных изделий сельскохозяйственных культур так же, как и зерна одной и той же культуры, может значительно различаться в зависимости от хозяйственно-ботанического сорта, условий выращивания, способа обработки, срока и условий хранения.

В 1 г доброкачественного зерна (пшеницы, ячменя, проса, риса, овса, гречихи) насчитывается от тысяч до миллионов бактерий, но по качественному составу микрофлора их близка между собой. Она представлена преимущественно (до 80% и более) бактериями; количество плесеней (спор) не превышает 5-7%, дрожжей еще меньше. Среди бактерий преобладает (до 80-90%) беспоровая, факультативно-анаэробная палочковидная бактерия гербикола (травяная палочка – *Erwinia herbicola*) – типичный представитель эпифитной микрофлоры зерна злаков. В небольших количествах встречаются микрококки, молочнокислые бактерии, а также спорообразующие, аэробные бактерии, представленные главным образом картофельной и сенной палочками. В грибной флоре свежубранного зерна обычно присутствуют *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Ascochyta*. Пенициллы и аспергиллы обнаруживаются в небольших количествах. Встречаются дрожжи и актиномицеты.

В процессе хранения зерна в условиях, не допускающих развития микроорганизмов, число их на зерне снижается вследствие отмирания *Erwinia herbicola*, хотя она и остается

преобладающей формой. Принято считать, что большое количество этой бактерии на зерне служит в определенной степени показателем его хорошего качества. При хранении значительно изменяется состав грибной флоры. Доминирующими компонентами становятся пеницилловые и аспергилловые грибы (получившие название «плесени хранения»), а типичные представители свежееубранного зерна – «полевые плесени» – сохраняются в небольшом количестве.

Микрофлора различных видов крупы непосредственно после выработки близка по составу, но по количеству беднее микрофлоры перерабатываемого зерна. Имеет значение характер предварительной обработки зерна (степень шелушения, шлифовки и др.). Микрофлора одного и того же вида крупы может быть различной в зависимости от особенностей технологии ее производства. Например, крупа, полученная из зерна, подвергнутого гидротермической обработке (пропариванию), обсеменена микробами в меньшей степени, чем крупа, полученная из того же зерна, но непропаренного (табл. 30; по данным К.А. Мудрецов-Висс). Помимо первичной микрофлоры (микроорганизмов зерна), в крупе имеется вторичная микрофлора, попавшая из окружающей среды в процессе выработки крупы. Количество бактерий в 1 г крупы составляет 10^4 - 10^5 ; плесеней (споры) – 10^2 - 10^3 , за исключением кукурузной крупы, которая обычно обсеменена спорами грибов в большей степени; дрожжей – десятки клеток. В бактериальной флоре крупы, выработанной из непропаренного зерна, преобладает (до 70-90% от общего числа) гербикола, а для крупы из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, характерно преобладание спорозных бактерий (35-50%) и микрококков (10-20%). Из бацилл чаще обнаруживаются *Bacillus subtilis*, *B. megaterium*. Грибная флора крупы представлена в основном видами *Penicillium* (*P. cyclopium*, *P. viridicatum* и др.) и *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. flavus*, *A. repens*). В небольшом количестве встречаются мукоровые грибы.

Таблица 30 – Количество микрофлоры для различных видов круп в зависимости от обработки

Вид крупы	Количество на 1 г продукта, тыс.	
	бактерии	мицелиальные грибы (споры)
Ядрица:		
непропаренная	124,3	0,37
пропаренная	2,8	0,22
Перловая	71,3	0,27
Ячневая	992,0	0,09
Рис	30,2	2,0

Пшено:		
непропаренное	103,3	0,22
пропаренное	7,2	0,16
Кукурузная шлифованная	92,8	25,2
Овсяная	22,3	0,1
Овсяные лепестковые	5,3	0,14

Многие обнаруженные в крупе бактерии и плесени способны разлагать белки, липиды, крахмал, пектиновые вещества и сбраживать сахара с образованием кислот. Некоторые пенициллы могут, хоть и медленно, расти при температуре до минус 2, минус 5 °С; аспергиллы сухоустойчивы и способны развиваться при влажности субстрата, равновесной относительной влажности воздуха 70-75%. Некоторые плесени выявленные в крупе вырабатывают токсические вещества.

Крупа в период длительного хранения может подвергаться различным видам порчи под воздействием микроорганизмов и находящихся в ней ферментов.

Возможность и интенсивность развития микробов определяются в первую очередь влажностью крупы, которая изменяется при хранении продукции в зависимости от величины относительной влажности воздуха. Имеет значение и температура хранения: чем выше влажность крупы, тем более широк интервал температур возможного развития микроорганизмов.

При опытном хранении товарных образцов различных видов крупы (пшено, кукурузная, ячневая, перловая, овсяная, рис, овсяные хлопья, ядрица быстрорастворивающаяся) в различных температурно-влажностных условиях установлено (К.А. Мудрецова-Висс, Е.В. Куликова), что по мере удлинения срока хранения в крупе всех видов снижается число бактерий, главным образом вследствие вымирания эпифита зерна – *Erwinia herbicola*. Через полгода хранения при 70-75%-ной относительной влажности воздуха и температуре 14-16 °С бактерий сохраняется 25-40% первоначального количества, а через год – 10-15%; преимущественно это споровые формы. Число плесеней (спор) на крупе, сохраняемой в тех же условиях и в те же сроки, практически не изменяется. На крупе, сохраняемой при той же температуре, но при 80%-ной относительной влажности воздуха, через 4-6 мес., а при 85%-ной – 2-3 мес. хранения активно развивались плесени. Плесневение вызывали сухоустойчивые виды *Aspergillus* (*A. repens*, *A. candidus*, *A. chevalieri*). На крупе, выработанной из пропаренного зерна, плесени развиваются интенсивнее, чем на крупе из непропаренного зерна. При низких положительных температурах (4-5 °С) плесневение крупы обнаруживалось на несколько месяцев позднее, чем при 15 °С. При развитии плесеней не только ухудшаются качество и

технологические свойства продукта, но он становится потенциально опасным, так как в нем могут накапливаться микотоксины.

Мука. Микрофлора свежесмолотой муки, как и крупы, в основном представлена микроорганизмами перерабатываемого зерна. Основная масса состоит из бактерий, среди которых преобладают (до 90%) *Erwinia herbicola*. На втором месте находятся спорообразующие бактерии, доминирующими из которых являются картофельная и сенная палочки. В небольших количествах имеются *Bacillus pumilus*, *B.cereus var. mycooides*, различные микрококки, молочнокислые и уксуснокислые бактерии, а также дрожжи и споры плесеней. Среди плесеней преобладают виды родов *Penicillium* и *Aspergillus*, встречаются мукоровые грибы. Микрофлора муки количественно беднее микрофлоры перерабатываемого зерна, так как при его очистке перед помолом и в процессе помола значительное количество микроорганизмов удаляется вместе с загрязнениями и оболочками зерна, богатых микробами. Степень обсеменения муки микроорганизмами колеблется в широких пределах и определяется не только степенью обсеменения перерабатываемого зерна, но и характером подготовки его к помолу (способом очистки, применением и режимом кондиционирования – увлажнения с последующим отволаживанием), а также способом помола, процентом выхода муки, ее сортом.

Исследования изменения микрофлоры зерна в процессе подготовки к помолу, проведенные в МИНХ им. Г.В. Плеханова (сейчас – РЭУ им. Г.В. Плеханова) в производственных условиях на нескольких партиях пшеницы показали, что в результате сухой очистки обсемененность зерна бактериями снижается на 25-40%, спорами плесеней – на 20-30, а при мокрой очистке -соответственно на 45-60 и 30-40%. Холодное кондиционирование (при температуре воды около 20 °С, с короткой (до 6-7 ч) отлежкой увлажненного зерна не изменяет состав микрофлоры. При увеличении времени отволаживания (более 10-12 ч) возрастает число микроорганизмов на зерне, и тем больше, чем продолжительнее отлежка.

При горячем кондиционировании изменение микрофлоры зависит от температуры нагрева зерна. Так, при 30 °С происходит увеличение численности микрофлоры, при 45 °С – некоторое снижение ее.

Распределение микроорганизмов зерна, поступающего на размол, по конечным продуктам помола при выработке пшеничной хлебопекарной муки по схеме трехсортowego помола с общим выходом муки 75-78% представлено в таблице 31. Поступающее на размол зерно содержало в 1 г от $1,2 \cdot 10^5$ до $1,1 \cdot 10^6$ бактерий, спор плесеней – от 100 до 300.

Таблица 31 – Распределение микроорганизмов в зерне, поступающих на размол

Сорт муки	Бактерии в 1 г				Плесени (споры) в 1 г		
	общее количество	процент общего количества			общее количество	процент общего количества	
		гербикола	бациллы	микрококки		о	<i>Penicillium</i>
Высший	1,2-4,0·10 ⁴	80-85	5-7	6-8	175-400	50	45
Первый	2,7-8,0·10 ⁴	74-80	8-11	9-12	300-900	60	30
Второй	5,7·10 ⁴ - 4,2·10 ⁵	65-75	12-15	12-20	1010-2300	70	30

Чем ниже сорт муки, чем больше в нее попадает периферийных частиц зерна, тем больше содержится в ней микроорганизмов. Количество спор плесеней в муке всех сортов (чем ниже сорт, тем больше) превышает содержание их в перерабатываемом зерне. Продукты помола при прохождении через машины (драные, размольные) обсеменяются спорами плесеней в результате соприкосновения частичек муки с отделяющимися оболочками зерна, производственной аппаратурой, потоком воздуха, используемого в производственном процессе.

Мука – продукт, менее стойкий по отношению к микробной порче, чем зерно и крупа, питательные вещества в ней более доступны микроорганизмам. Однако развитие их при правильном режиме хранения (при относительной влажности воздуха не более 70%) предотвращается малым содержанием в муке влаги: наблюдается даже постепенное отмирание вегетативных клеток бактерий, преимущественно *Erwinia herbicola*. С повышением относительной влажности воздуха, а тем самым и влажности муки микроорганизмы, находившиеся в ней в неактивном состоянии, начинают развиваться, и в первую очередь развиваются плесени, так как они способны расти при меньшем содержании влаги (при более низком значении a_w), чем бактерии. Многие из обнаруженных в муке микроорганизмов обладают протеолитической и липолитической активностью, способны осахаривать крахмал.

Плесневение муки – наиболее распространенный вид ее порчи. Мука приобретает повышенную кислотность, неприятный затхлый запах, который обычно передается хлебу. Хлебопекарные свойства муки снижаются. Плесневелая мука небезопасна, на ней обнаруживают различные виды *Aspergillus* и *Penicillium*, способные продуцировать микотоксины, многие из которых термостойки и могут сохраняться в хлебе.

Прокисание муки происходит при ее увлажнении в результате развития кислотообразующих бактерий (молочнокислых и др.). В муке накапливаются кислоты (молочная, уксусная и др.), которые придают ей кислый запах и вкус.

Прогоркание муки часто обусловлено окислением липидов муки кислородом воздуха при участии фермента муки липоксигеназы. Этот порок может быть и микробной природы.

Мука обладает высокой гигроскопичностью, поэтому для предохранения ее от микробной порчи следует при хранении строго соблюдать установленные относительную влажность и температуру воздуха.

Макаронные изделия. Сырьем для производства этих изделий служат пшеничная мука, обогатители, вода; от их микробного качества в значительной степени зависят качество и стойкость готовых изделий. Низкое содержание влаги (11-13%) обеспечивает длительную сохраняемость макаронных изделий. Однако снижение качества продукции под воздействием микроорганизмов может наблюдаться и в процессе изготовления, и в процессе хранения. Причиной обычно служат высокая обсемененность микроорганизмами сырья, нарушение технологического процесса, низкий санитарный уровень производства. Особо опасно развитие в тесте гетероферментативных газообразующих молочнокислых бактерий, находящихся в муке, что приводит к закисанию теста, а в последующем и к порче макаронных изделий при их увлажнении: вспучиванию, закисанию.

Вспучивание проявляется в потере формы изделия; поверхность покрывается бугорками, при разломе обнаруживаются пустоты.

Макаронны гигроскопичны, при резком колебании температуры воздуха в хранилищах возможно увлажнение (отпотевание) их, что приводит к плесневению. Из плесневелых макарон выделены (С.А. Панасенко) различные виды родов *Aspergillus*, *Penicillium Rhizopus*, а также бактерии (*Lactobacillus brevis*, *L. plantarum*, *Bac. subtilis*).

Иногда наблюдается изменение окраски макарон – *полосатость* поверхности фиолетового цвета. Возбудителем этого дефекта являются дрожжи.

Хлеб. При производстве хлеба качество муки и состав ее микрофлоры имеют большое значение для нормального течения процесса тестоведения и отражаются на качестве полуфабриката – теста и готового хлеба.

На хлебозаводах муку исследуют – определяют степень обсеменения ее спорами *Bacillus subtilis* – возбудителя *тягучей болезни хлеба* непосредственно микробиологическим методом или методом пробных выпечек хлеба.

В созревании теста наряду с физическими и биохимическими превращениями, протекающими в нем (как из пшеничной, так и ржаной муки), большая роль принадлежит дрожжам и молочнокислым бактериям.

В производстве пшеничного хлеба при изготовлении теста применяют пекарские прессованные или сухие дрожжи, а также жидкие дрожжи и жидкие пшеничные закваски, изготавливаемые непосредственно на хлебозаводах.

Хлебопекарные дрожжи должны быть устойчивыми к повышенной концентрации среды и обладать высокой бродильной мальтазной активностью, так как в тесте в результате ферментативного расщепления крахмала накапливается преимущественно мальтоза. Образующийся в процессе брожения углекислый газ разрыхляет тесто и оно увеличивается в объеме; образующийся спирт удаляется в процессе выпечки.

Некоторые продукты жизнедеятельности дрожжей (высшие спирты, альдегиды, кетоны и др.) придают хлебу своеобразные вкус и аромат.

Жидкие дрожжи представляют собой активную культуру дрожжей, выращенную на мучной питательной среде, предварительно осахаренной и заквашенной (до определенной кислотности) термофильной молочной палочковидной бактерией – *L. delbrueckii*. Высокая кислотность среды благоприятствует развитию дрожжей и сдерживает рост имеющейся в тесте посторонней микрофлоры, угнетающей жизнедеятельность дрожжей.

При изготовлении жидких дрожжей применяют чистые культуры различных производственных рас вида *Saccharomyces cerevisiae*.

В закваске всегда имеется некоторое количество и молочнокислых бактерий, преимущественно гетероферментативных.

Жидкие пшеничные закваски – это смешанная культура на осахаренной мучной среде активных дрожжей *S. cerevisiae* и мезофильных молочнокислых бактерий: гомоферментативной палочки *Lactobacillus plantarum* и гетероферментативной *L. brevis*, развивающихся в среде спонтанно или вносимых в виде чистых культур. Гетероферментативные молочнокислые бактерии, помимо кислот, образуют углекислый газ, поэтому они играют некоторую роль в разрыхлении теста. Выделяемые молочнокислыми бактериями молочная кислота и летучие кислоты способствуют улучшению аромата и вкуса хлеба.

Хлеб, полученный на жидких дрожжах и жидких заквасках, не только обладает более приятным вкусом, но реже болеет тягучей болезнью и медленнее черствеет, по сравнению с хлебом, изготавливаемым с использованием только прессованных дрожжей. В пшеничном тесте на прессованных дрожжах мало молочнокислых бактерий, попадают они в основном из муки, их участие в созревании теста незначительно.

В производстве ржаного хлеба тесто готовят на заквасках, которые, как и пшеничные закваски, являются смешанными культурами дрожжей и молочнокислых бактерий, что обеспечивает разрыхление теста и накопление кислот. Соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей составляет 80:1, а в пшеничном тесте – 30:1, т.е. в созревании ржаного теста ведущая роль принадлежит молочнокислым бактериям.

Ржаные закваски бывают густые и жидкие. Жидкие готовят на осахаренной жидкой среде из ржаной муки с применением чистых культур различных рас дрожжей видов *Saccharomyces cerevisiae* и *S. minor*. Из гомоферментативных молочнокислых бактерий применяют *Lactobacillus plantarum* (иногда вводят *L. casei*), из гетероферментативных – *L. brevis* и *L. fermentum*.

На большинстве заводов густые закваски готовят на чистых культурах дрожжей – *S. minor* и молочнокислых бактерий – *L. plantarum* и *L. brevis*. Эти бактерии, помимо молочной кислоты и углекислого газа, продуцируют вещества (альдегиды, летучие кислоты, уксусный и этиловый эфиры), входящие в состав ароматического комплекса хлеба.

Дрожжи *S. minor* несколько уступают по энергии брожения виду *S. cerevisiae*, но отличаются большей кислотоустойчивостью.

Высокая кислотность ржаного теста (рН 4,2-4,3) благоприятно воздействует на белки ржаной муки, улучшает ее хлебопекарные свойства и препятствует развитию в тесте и хлебе бактерий – возбудителей порчи.

В тесте, помимо используемых производственных микроорганизмов, всегда находятся посторонние, попадающие с сырьем и из внешней среды. Их активное развитие нарушает нормальное течение процессов брожения и созревания теста. Таковыми являются, например, поступающие с прессованными дрожжами и из муки дикие дрожжи рода *Candida*. Эти дрожжи в брожении не участвуют, но отрицательно воздействуют на бродильную активность производственных дрожжей. Кроме того, они окисляют спирт в уксусную кислоту, используют молочную кислоту, снижая тем самым кислотность закваски.

Поверхность хлеба при выходе из печи практически стерильна, но мякиш прогревается только до 93-98 °С, и в нем всегда сохраняется какое-то количество бактериальных спор; возможно сохранение и вегетативных клеток.

Во время охлаждения, последующего транспортирования, хранения и реализации хлеба споры могут прорасти, а размножение в мякише образовавшихся клеток приводит к порче хлеба.

При хранении хлеб может подвергаться различным видам порчи.

Возбудитель тягучей *картофельной болезни* – спорообразующие аэробные бактерии картофельная и сенная палочки, объединенные в настоящее время в один вид – *Bacillus subtilis*. Споры этих бактерий термоустойчивы, в муке они всегда присутствуют, а в отдельных видах (муке 2-го сорта, обойной) – в немалых количествах. Источник инфекции – оборудование, воздух производственных цехов хлебозавода. Во время выпечки хлеба споры этих бактерий не погибают и в дальнейшем при благоприятных условиях прорастают в вегетативные, размножающиеся клетки.

Bacillus subtilis вызывает гидролиз крахмала с образованием большого количества декстринов, но эти бактерии чувствительны к повышенной кислотности среды, поэтому тягучей болезни подвержен преимущественно пшеничный хлеб, особенно из муки 2-го сорта, имеющий по сравнению с ржаным хлебом невысокую кислотность. В начале развития заболевания хлеб приобретает посторонний фруктовый запах, затем мякиш ослизняется, темнеет, становится липким, тянется нитями. Пораженный хлеб в пищу непригоден.

В случае обнаружения в процессе хранения или продажи признаков картофельной болезни хлеб и хлебобулочные изделия должны быть немедленно изъяты из подсобных помещений и торгового зала и в установленном порядке направлены на корм скоту или уничтожение.

В целях предотвращения тягучей болезни хлеб после выпечки быстро охлаждают до температуры 10-12 °С и хранят при этой температуре в хорошо вентилируемом помещении. Рекомендуется подкислять тесто уксусной кислотой, а также пропионовой и сорбиновой или их солями.

В тесто из пшеничной муки предложено (К.Е. Бартенева) вводить закваски чистых культур пропионовокислых бактерий или мезофильной молочнокислой палочки – *Lactobacillus fermentum*. Угнетающее действие этой бактерии на *Bacillus subtilis* обусловлено не только подкислением среды, но и выделением антабиотических веществ.

Пьяный хлеб не имеет внешних признаков порчи, но вреден, так как содержит сохранившиеся при выпечке, выделенные в зерно микотоксины гриба *Fusarium*.

Возбудители *меловой болезни* – дрожжеподобные грибы (из эндомицетовых). Они попадают в тесто с мукой и сохраняются при выпечке хлеба; инфицирование готового хлеба может происходить и извне. Болезнь сперва проявляется на поверхности хлеба, затем по трещинам распространяется внутрь мякиша в виде белых сухих порошкообразных включений, сходных с мелом. Хлеб теряет товарный вид, приобретает неприятный вкус и запах.

Плесневение – наиболее распространенный вид порчи ржаного и пшеничного хлеба; возникает в основном при нарушении режима хранения. При слишком плотной укладке, повышенной влажности и температуре споры плесеней, попавшие на пшеничный хлеб извне (из воздуха, при контакте с инфицированными предметами), быстро развиваются, особенно если корка хлеба с трещинами. Плесневение хлеба чаще вызывают грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*. Многие из них вызывают гидролиз белков, крахмала; хлеб приобретает неприятные затхлые запах и вкус. Заплесневелый хлеб в пищу непригоден, так как может содержать микотоксины. В хлебе, пораженном аспергилловыми грибами, обнаружены афлатоксины (Шпихер), которые концентрировались в основном в наружных слоях хлеба, но выявлялись и в мякише.

Для борьбы с плесневением хлеба предлагаются различные методы: обработка поверхности хлеба или упаковочного материала химическими консервантами (этиловым спиртом, солями пропионовой и сорбиновой кислот), стерилизация упакованного хлеба токами высокой частоты, ионизирующими излучениями; эффективно также замораживание хлеба. Однако основными мероприятиями на хлебозаводах, обеспечивающими высокое качество хлеба, являются строгое соблюдение установленного технологического режима, содержание в должной чистоте оборудования, систематическая дезинфекция производственных помещений.

Хлеб употребляют в пищу без дополнительной кулинарной обработки, поэтому на всех стадиях его производства, при хранении, транспортировании и реализации должны строго выполняться установленные санитарные требования.

Производство пекарских дрожжей

Пекарские прессованные и сухие дрожжи вырабатывают на специализированных дрожжевых заводах. Питательной средой при выращивании дрожжей служит осветленная, очищенная, разбавленная водой свекловичная меласса – отход свеклосахарного производства. В ней содержатся необходимые для дрожжей сахара и многие другие питательные вещества; дополнительно вводят азот- и фосфорсодержащие соли. Температуру мелассной среды при выращивании дрожжей поддерживают на уровне около 30 °С, рН 4,5-5,5. В таких условиях дрожжи дышат, а не бродят; большая часть сахара используется для синтеза веществ клетки, при этом дрожжи активно размножаются. По накоплении определенного количества дрожжевых клеток их отделяют от среды, промывают водой, сгущают и прессуют до содержания влаги 73-75%. Полученную дрожжевую массу формуют в виде брикетов с содержанием дрожжевых клеток в

количестве 8-12 млрд в 1 г. Брикетты упаковывают в бумагу и охлаждают до температуры 4 °С. Сушеные дрожжи выпускают влажностью 8-10%.

При производстве пекарских дрожжей используют специальные производственные расы *Saccharomyces cerevisiae*, которые хорошо размножаются в меласной питательной среде, обладают высокой бродильной активностью, стойки при хранении в прессованном виде и при высушивании.

В процессе производства дрожжей в дрожжерастильные аппараты вместе с сырьем, засевными дрожжами, а также из внешней среды попадают посторонние микроорганизмы. Развиваясь совместно с производственными дрожжами, они неблагоприятно влияют на технологический процесс, снижают выход и качество готовой продукции.

Наиболее нежелательными являются быстроразмножающиеся (в несколько раз быстрее, чем хлебопекарные дрожжи) дрожжи родов *Torulopsis* и *Candida*, которые неспособны к брожению или бродят очень слабо, но интенсивно используют сахар и другие питательные вещества среды. Выход готовой продукции при активном размножении этих дрожжей может даже несколько увеличиваться, но такие прессованные дрожжи обладают сниженными хлебопекарными свойствами и менее стойки в хранении. Из бактерий наиболее опасны спорообразующие – сенная и картофельная палочки, а также гетероферментативные молочнокислые бактерии рода *Leuconostoc*.

Спорообразующие бактерии являются «конкурентами» дрожжей при потреблении сахара и питательных веществ, а кроме того, они восстанавливают находящиеся в мелассе нитраты в нитриты; последние задерживают развитие дрожжей. Лейконостоки могут ослизнять меласную среду, склеивать дрожжи в комки. В результате выход дрожжей снижается, затрудняются их промывка и прессование, ухудшается товарный вид прессованных дрожжей.

Выпуск продукции высокого качества обеспечивается систематическим микробиологическим контролем сырья, оборудования, засевных культур дрожжей, готовой продукции. Наличие посторонних микроорганизмов (бактерий, диких дрожжей) в прессованных дрожжах выше допустимого количества (20-30%) является показателем их низкого качества (А.Ю. Жвирблянская, О.А. Бакушинская).

Прессованные дрожжи – скоропортящийся продукт. Под действием гнилостных бактерий они могут подвергаться порче – размягчаться вплоть до разжижения с образованием неприятного запаха. Хранить прессованные дрожжи следует в камерах с искусственным охлаждением.

Микробиология плодов и овощей

Основной причиной значительных потерь плодов и овощей является поражение их микроорганизмами.

Микрофлора свежих плодов и овощей

На поверхности плодов и овощей постоянно обитают различные виды микроорганизмов. Одни из них типичны для вегетирующих растительных организмов, другие – случайные; они заносятся насекомыми, птицами, ветром, а также попадают с тары, упаковочных материалов и других объектов.

Значительная часть поверхностной микрофлоры не участвует в процессах заболеваний и порчи плодов и овощей и находится в неактивном состоянии. На поверхности неповрежденной кожицы плодов и овощей имеется обычно незначительное количество питательных веществ. Поэтому лишь немногие виды микроорганизмов могут здесь существовать и размножаться, составляя так называемую *эпифитную микрофлору*. Видовой состав микрофлоры и её численность зависят от вида растений, географических, климатических и прочих условий их произрастания.

Наиболее характерными представителями эпифитной микрофлоры плодов и овощей являются молочнокислые, уксуснокислые бактерии, различные спороносные бактерии, а также дрожжи и споры грибов.

В составе грибной флоры довольно часто встречаются виды из родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Fusarium*.

Некоторые виды этих грибов, развиваясь на продукции, способны продуцировать ядовитые для людей и животных вещества – микотоксины. Многие грибы способны поражать разные виды плодов и овощей, их называют *полифагами*. Например, *Botrytis cinerea* (рис. 22, а) поражает многие семечковые и косточковые плоды, ягоды и практически почти все овощи. Гриб *Rhizopus nigricans* (рис. 20, б) также вызывает порчу многих плодов и овощей.

В отличие от полифагов *монофаги* поражают только определенные виды плодов, ягод и овощей. Гриб *Phoma rostrupii*, например, поражает только корнеплоды моркови.

Дрожжевая флора представлена чаще видами родов *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Candida*, *Hansenula*, *Torulopsis*, *Cryptococcus*.

Среди поверхностной микрофлоры плодов и овощей могут встречаться и патогенные для людей микроорганизмы (дизентерийные и брюшнотифозные бактерии, возбудители ботулизма и др.). Сроки выживания многих из них на плодах и овощах достаточно велики (до нескольких недель).

Количество микроорганизмов на поверхности здоровых плодов и овощей колеблется в очень широких пределах – от десятков до сотен тысяч, а иногда и более на 1 см². При этом овощи обсеменены микробами значительно больше.

Численный и видовой состав микрофлоры одного и того же вида плодов (овощей) изменяется в зависимости от многочисленных факторов: сорта, условий и района выращивания (климатических, метеорологических, состава почвы, агротехнических приемов и др.), срока и способов уборки и транспортировки.

Большое значение имеет степень зрелости плодов (овощей). Так, по данным А.А. Кудряшовой, количество дрожжевых клеток на перезревших ягодах малины было в тысячи раз больше, чем на ягодах неперезревших того же сорта и той же партии сбора.

Свежие плоды и овощи после снятия с материнского растения в течение длительного времени остаются жизнеспособными, в них протекают различные физиолого-биохимические процессы, свойственные растительным организмам. Однако после съема в плодах и овощах преобладают катаболические процессы (дыхание), сохраняется и функция транспирации (испарение воды). Чем интенсивнее протекают эти процессы, тем быстрее в плодах (овощах) происходят глубокие и необратимые изменения, характеризующие их старение, ослабевают и их природные иммунные свойства.

Плоды и овощи различных видов и сортов характеризуются неодинаковой скоростью старения и продолжительностью жизни, что отражается на их лежкоспособности при хранении и на степень поражения микроорганизмами. Иммунитет плодов и овощей представляет собой систему процессов и реакций, направленных не только против инфекции, но и контролирующих поддержание структурной и функциональной целостности организма. У плодов и овощей в пределах одного и того же вида, но разных помологических, хозяйственно-ботанических сортов наблюдается иммунная разнородность – различная устойчивость к тому или иному заболеванию.

Так, по данным К.А. Мудрецово-Висс и С.А. Колесник, при искусственном инфицировании яблок различных помологических сортов возбудителем мягкой сизо-зеленой гнили (*Penicillium expansum*) плоды одних сортов заболевали при температуре хранения 18 °С на 2-3-й день, других – на 7-8-й, а плоды наиболее устойчивых сортов – лишь на 12-14-й день после заражения. Неодинакова и поражаемость плодов одного сорта различными патогенами. Яблоки сорта Джонатан, например, инфицированные возбудителем плодовой гнили (*Monilia fructigena*), заболевали на 1-2-й день, а инфицированные возбудителем черного рака (*Sphaeropsis malorum*) – на 7-10-й день после заражения.

Заражение плодов и овощей микроорганизмами может быть активным (возбудитель болезни проникает в ткани самостоятельно через неподвижные покровы) и пассивным (патоген проникает через раны или непосредственно от материнского растения).

Интенсивность развития микроорганизмов в плодах и овощах определяется их видовыми особенностями, физиолого-биохимическим состоянием инфицированного плода (корнеплода и др.), температурой, влажностью и газовым составом среды в помещениях для хранения. Различного рода биологические (перезревание, переохлаждение, обводнение) и механические (проколы, потертости, царапины и др.) повреждения плодов и овощей способствуют инфицированию их сочной ткани, ускоряют развитие болезни. Покровы плодов и овощей (их толщина, наличие кутикулы, воскового налета, опробковевших клеток и др.) являются мощным барьером для микробов. Поэтому бережное обращение с плодами и овощами на всех этапах их продвижения с момента сбора до реализации с целью сохранения целостности их покровов – один из главных путей снижения потерь этих ценных продуктов питания.

Болезни овощей и особенно плодов, так называемые «гнили», чаще всего вызывают плесневые грибы и реже дрожжи и бактерии. Преобладание грибов в процессах порчи этой продукции обусловлено высоким содержанием в ней углеводов, а также высокой адаптационной способностью грибов к условиям жизни; они развиваются в широком диапазоне температур, рН среды и др.

Плоды и овощи поражают многие грибы: сапрофиты развиваются на мертвых тканях; паразиты (биотрофы) развиваются в живых тканях; факультативные паразиты (некротрофы) – развиваются на мертвых тканях, гибель которых вызывают сами, выделяя токсичные вещества.

Грибы, поражающие плоды и овощи после их уборки, относятся в большинстве к факультативным паразитам. Заболевание начинается с прорастания спор грибами на поверхности кожицы и последующего внедрения проростков (гиф) в ткани плодов и овощей преимущественно через естественные отверстия кожицы (устыца, чечевички) или ее повреждения, поэтому грибы называют «раневыми паразитами». Под действием выделяемых грибами гидролитических ферментов (пектолитических, целлюлазы) разрушаются межклеточные пластинки и оболочки клеток мякоти плодов и овощей, происходит деструкция – распад тканей. Грибы обладают разнообразными экзо- и эндоферментами, позволяющими им вызывать глубокие изменения веществ, входящих в состав плодов и овощей.

Аминокислоты, сахара, органические кислоты, минеральные и другие вещества используются грибами для синтеза веществ их тела и расходуются в процессе дыхания.

Накапливаются различные метаболиты грибов (аммиак, некоторые органические кислоты и др.), токсичные для растительных клеток. В результате развития грибов снижается количество органических кислот, повышается рН соков, что создает условия для развития бактериальной флоры.

Нередко процесс порчи плодов и овощей, начатый грибами, сопровождается затем деятельностью различных бактерий. Однако известны и заболевания, называемые *бактериозами*, которые с самого начала вызываются специфическими бактериями. У овощей, содержащих по сравнению с плодами большее количество белковых веществ и имеющих менее кислую реакцию сока, бактериальные поражения встречаются чаще. Их возбудителями являются как бесспорные бактерии (чаще родов *Pseudomonas* и *Erwinia*), так и спорноносные (*Bacillus subtilis*, *B. polymyxa*, *B. macerans*). У пораженных плодов и овощей ткани подвергаются распаду – мацерации, темнеют, размягчаются, иногда до разжижения.

Бактериозы плодов и овощей наносят большой экономический ущерб.

Порчу плодов и особенно ягод вызывают и дрожжи, которые сбраживают сахар в этиловый спирт и углекислый газ; плоды и ягоды приобретают спиртовой привкус, а иногда и прокисают вследствие развития дрожжей и уксуснокислых бактерий.

Плоды и овощи, пораженные вирусами, удаляют главным образом во время вегетации и уборки урожая. При хранении плодов и овощей вирусные заболевания причиняют значительно меньший ущерб, чем грибные и бактериальные.

Возбудители отдельных видов порчи или болезней плодов и овощей были описаны выше (см. главу 1.). Многие болезни плодов и овощей рассматриваются также в курсе товароведения, поэтому ниже приводится лишь краткая характеристика наиболее распространенных грибных и бактериальных заболеваний плодов и овощей при хранении.

Болезни картофеля

Картофельная гниль, или *фитофтороз*, – распространенная и опасная болезнь ботвы и клубней картофеля, которую вызывает гриб фитофтора (*Phytophthora infestans*).

Клубни картофеля поражаются грибом еще в поле в период роста, но особенно во время уборки – при соприкосновении пораженной ботвы с пораненными участками клубня.

На пораженных клубнях образуются свинцово-сероватые, а затем бурые вдавленные пятна, покрытые беловатым налетом из спорноносных органов гриба. На срезе клубня обнаруживаются побуревшие участки загнившей ткани в виде «зубчиков» на границе со здоровой тканью (рис. 54).

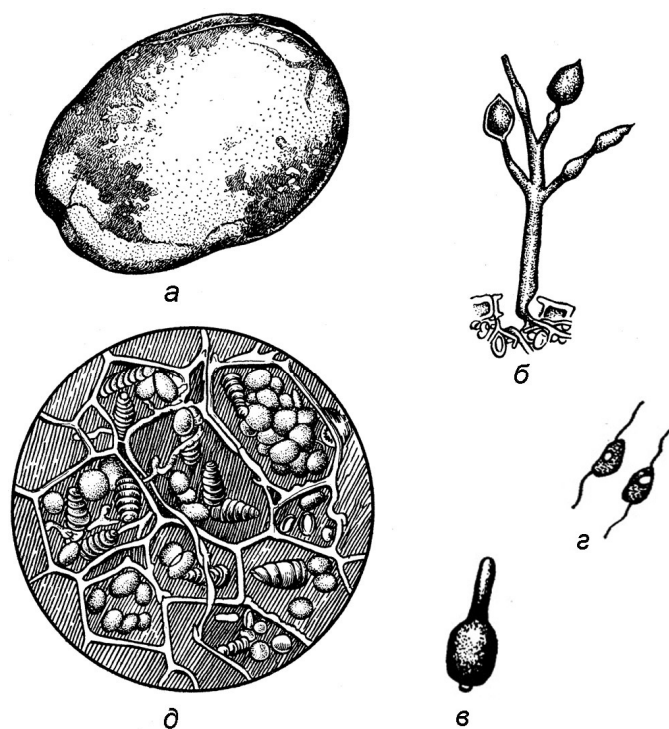


Рис. 54. Фитофтороз картофеля:
 а – пораженный клубень (продольный разрез);
 б – спорангиеносец со спорангиями; в – прорастающий спорангий; з – зооспоры;
 д – мицелий фитофторы в клубне

На гифах гриба, распространяющихся по межклетникам пораженной ткани, образуются выросты-присоски, внедряющиеся в клетки, содержимое которых служит для патогена источником пищи.

При хранении недостаточно просушенных клубней или в условиях повышенной влажности и температуры заболевание развивается очень быстро. Особенно сильно поражаются фитофторозом ранние сорта картофеля. На пораженных фитофторой клубнях часто начинают развиваться другие плесневые грибы (сапрофиты) и бактерии, которые ускоряют и углубляют процесс порчи и часто переводят его в стадию *мокрой гнили* – клубни размягчаются и издают неприятный запах.

Проявляется болезнь обычно в начальных периодах хранения, когда в хранилищах еще относительно тепло, что может вызывать массовую порчу картофеля. Гриб может зимовать в клубнях и на растительных остатках в почве в виде зигот или хламидоспор.

Сухая гниль картофеля, или *фузариоз*, вызывается несколькими видами грибов рода *Fusarium*. Клубни поражаются грибом в поле и в хранилищах. Грибы неприхотливы к температурным условиям, переносят температуру минус 2... минус 5 °С, но хорошо развиваются лишь при повышенной влажности воздуха. Болезнь быстро передается от

больных клубней здоровым. Наиболее часто фузариум поражает клубни, зараженные фитофторой, с наружными механическими повреждениями или подмороженные.

На поверхности клубней появляются серовато-бурое, слегка вдавленное пятно и на нем небольшие выпуклые различной окраски (в зависимости от вида фузариума) подушечки, представляющие собой мицелий гриба с массой конидиеносцев (рис. 55). При пониженной влажности воздуха в хранилище пораженные клубни в дальнейшем сморщиваются, высыхают, местами превращаются в плотную серовато-белую крахмалистую массу. На клубне образуется зональная складчатость, внутри часто появляются заполненные мицелием полости. При повышенной влажности заболевание переходит в мокрую гниль. Это заболевание картофеля проявляется через несколько недель после закладки картофеля на хранение, но особенно – во второй половине периода зимнего хранения.

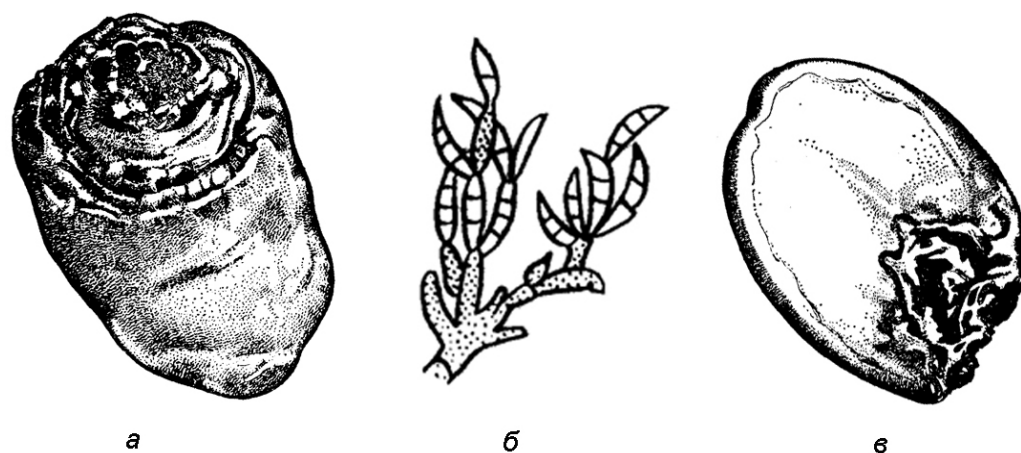


Рис. 55. Фузариоз (сухая гниль) картофеля:

а – пораженный клубень; *б* – споры (макроконидии) фузариума; *в* – клубень в разрезе

Пуговичную гниль, или *фомоз*, вызывает гриб *Phoma tuberosae*. На клубнях картофеля появляются темные, округлой формы, вдавленные пятна с четкими границами, напоминающие отпечатки пуговиц. Пятна углубляются, увеличиваются и превращаются в язвы. Пораженная ткань становится коричневой, а по краям черной. В дальнейшем ткань сморщивается, растрескивается и пикниды в виде мелких черных точек выходят на поверхность. В нашей стране это заболевание обнаружено сравнительно недавно (1957 г.). Для гриба характерна сезонная активность.

Парша картофеля существует в нескольких формах. Наиболее распространены парша обыкновенная и порошистая.

Обыкновенная парша вызывается различными видами почвенных актиномицетов, чаще *Streptomyces scabies*. Поражается в основном поверхность клубня. На кожице

появляются растрескивающиеся небольшие выпуклости – коростинки коричневого цвета. Клубень приобретает неприятный, землистый запах. Заражение происходит еще в почве.

Порошистую паршу вызывает гриб *Spongospora subterranea*. На клубне образуются небольшие светлые бородавки, со временем подсыхающие. Кожица на них звездообразно растрескивается. В период хранения бородавки разрушаются; споры гриба, склеенные в комочки, выпадают и на поверхности клубня остаются язвочки. Заражение клубней происходит в поле.

Кольцевая гниль картофеля – поражение сосудисто-проводящей системы клубня, почернение ее, вызываемое аэробной, слегка изогнутой палочковидной бактерией вида *Corynebacterium sepedonicum*. Болезнь обнаруживается на продольных разрезах клубня. Проводящие сосуды закупориваются бактериями. Камбиальное кольцо размягчается, имеет желтоватую окраску, при надавливании из разрушенных тканей выступает светло-желтая слизистая масса. Источником инфицирования этими бактериями клубней картофеля служат почва, пораженный посадочный материал; возможно и контактное заражение во время хранения. Наиболее активно эти бактерии развиваются в весенне-летний период хранения картофеля при повышенной влажности и температуре в хранилищах.

Мокрая бактериальная гниль картофеля вызывается комплексом бактерий, из которых наиболее активны *Pseudomonas syringae* (*Ps. xanthochlora*) и *Erwinia carotovora* var. *carotovora* и var. *atroseptica* (беспоровые, подвижные, палочковидные бактерии) обитатели почвы. При поражении мокрой гнилью клубни картофеля разлагаются и превращаются в серую, кашицеобразную массу, издающую неприятный запах. Бактерии поражают чаще всего клубни, уже поврежденные фитофторой или другими грибами, а также подмороженные. Болезнь довольно быстро распространяется в хранилище и служит причиной больших потерь картофеля. Заболевание часто проявляется уже в поле.

В последние годы часто обнаруживаются бактериальные гнили клубней картофеля, вызываемые спорообразующими бактериями *Bacillus subtilis* (*Bac. mesentericus*) и *Bac. cereus* var. *mycoides*, а также неспорозной бактерией *Pseudomonas fluorescens*.

Болезнь кочанной капусты

Серая гниль капусты – наиболее распространенная болезнь белокочанной капусты, вызываемая грибом *Botrytis cinerea*. Поверхность кочанов покрывается пушистым серым налетом (мицелий с конидиеносцами). Отсюда и название болезнь – «серая гниль». Обилие легко рассыпающихся спор способствует распространению инфекции в хранилище. На пораженных листьях обнаруживается масса черных, различного размера

склероций гриба. Листья темнеют, ослизняются, разрушаются и издают неприятный запах. Заболевание легко переходит с пораженных кочанов на здоровые при их соприкосновении.

Черная пятнистость – альтернариоз капусты – вызывается грибом *Alternaria brassicae*. На пораженных листьях образуются более или менее резко очерченные плотные черные пятна. Нередко пораженные участки листа выпадают, при этом образуются дырочки.

Белая гниль – возбудитель гриб *Sclerotinia sclerotiorum*. Поражение начинается обычно с наружных листьев, которые ослизняются. Между листьями развивается бархатистая белая грибница. В дальнейшем в ней образуются многочисленные черные склероции различной величины. Заражение капусты происходит в поле. В хранилище болезнь быстро развивается, особенно при нарушении режима хранения, кочан может полностью сгнить за короткий срок, становясь источником инфекции для соседних кочанов.

Сосудистый бактериоз – опасное заболевание капусты, вызываемое бесспорной палочковидной холодоустойчивой бактерией вида *Xanthomonas campestris*. При заболевании чернеют жилки (система сосудисто-волокнистых пучков) листьев. Темнеет и прилегающая к ним паренхимная ткань. Капуста поражается при выращивании и хранении.

Слизистый бактериоз вызывают бесспорные бактерии рода *Erwinia* (*Erwinia carotovora*, *E. carotovora* var. *carotovora*). Болезнь проявляется в виде мокрой гнили кочерыги. При поражении в период произрастания кочаны недоразвиваются и отваливаются. При активном развитии заболевания кочанов в период хранения поражается не только кочерыга, но и наружные листья, которые ослизняются, гниют и издают резкий неприятный запах. Наиболее быстро поражаются кочаны подмороженные, поврежденные. Потери капусты от этого заболевания большие.

Болезни корнеплодов

Белая гниль моркови вызывается грибом склеротиния – *Sclerotinia sclerotiorum* (*Whetzelinia sclerotiorum*). Мицелий гриба внедряется в ткани корнеплодов, образуя местами на поверхности белые бархатистые налеты, выделяющие капельки влаги. Через некоторое время мицелий, уплотняясь, превращается в пленку, на которой в больших количествах появляются склероции. Вначале они белые, а затем становятся черными, величиной с горошину (рис. 56, А). Мякоть корнеплодов размягчается, становится

кашицеобразной. В условиях повышенной влажности, даже при относительно низких температурах, гриб быстро распространяется с одного корнеплода на другой и нередко в течение короткого времени поражает всю партию продукции. Склеротиния поражает также огурцы, томаты и другие овощи.

Черная гниль моркови (альтернариоз) вызывается грибом альтернария (*Alternaria radicina*). На верхушке корнеплода и с боков появляются темно-серые сухие вдавленные пятна. Во время хранения они постепенно углубляются, чернеют (рис. 56, Б). На срезе больная ткань корнеплода угольно-черного цвета, резко отграничена от здоровой. Это главный отличительный признак от сходного заболевания – фомоза (больная ткань коричневая).

Серая гниль моркови и свеклы – распространенное заболевание в период хранения корнеплодов, вызываемое грибом *Botrytis cinerea*. Ткань корнеплода становится мягкой, мокнущей, приобретает буроватый цвет. На поверхности корнеплода образуется обильный серый налет, состоящий из мицелия и множества конидиеносцев с конидиями. Позднее на мицелии появляются в большом количестве мелкие склероции. Переохлажденные, увядшие корнеплоды поражаются особенно быстро. В хранилище гниль распространяется спорами гриба.

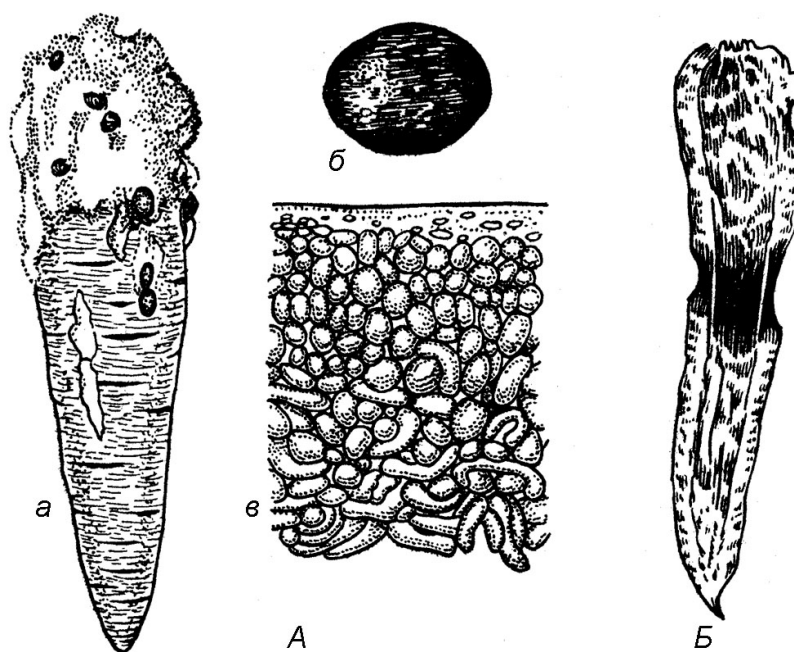


Рис. 56. Белая гниль (А) и черная (Б) гниль моркови:
 А: а – поражение грибом *Sclerotinia*; б, в – склероций (внешний вид и разрез).
 Б: альтернариоз

Botrytis cinerea поражает также томаты, баклажаны, перец, огурцы.

Сухую гниль, или *фомоз*, моркови вызывает гриб *Phoma rostrupii*. На корнеплоде образуются бурые, сухие, слегка вдавленные пятна (рис. 57). Ткань под ними сухая,

порошистая, тухлявая, коричневого цвета. В ней обнаруживаются пустоты, выстланные мицелием гриба. На поверхности пораженных участков корнеплода развиваются спороносящие органы гриба-пикниды в виде мелких выпуклых черных точек. Гриб поражает морковь еще в поле, обычно в конце вегетации. Активно болезнь развивается при положительных температурах в хранилище. Сильнее поражаются недозревшие или перезревшие корнеплоды.

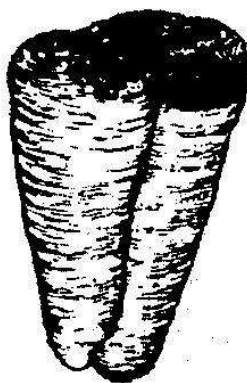


Рис. 57. Сухая гниль моркови

Сердцевинная гниль свеклы – наиболее распространенное при хранении заболевание, вызываемое грибом *Phoma betae*. Поражение грибом начинается с головки и распространяется внутрь корнеплода. Пораженная часть становится плотной, черной, образующиеся полости покрываются белым мицелием. При хранении заболевание быстро распространяется на здоровые корнеплоды, особенно в хранилищах с повышенной температурой и относительной влажностью воздуха.

Кагатная гниль – болезнь корнеплодов свеклы в период хранения, вызываемая комплексом грибов. Наиболее часто встречаются *Phoma betae*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*.

Нередко участвуют в этом комплексе и различные бактерии. На поверхности корнеплодов появляется налет разного цвета (белый, серый, розовый, зеленовато-оливковый, черный), образованный мицелием и органами спороношения развивающихся грибов. Пораженные участки корнеплода различаются консистенцией (сухие, уплотненные, мацерированные, ослизненные) в зависимости от вида гриба-патогена. Повышенная температура и влажность в хранилище способствуют развитию гнили.

Хвостовая гниль свеклы вызывается почвенными бактериями рода *Bacillus* (*Bac. betae*, *Bac. bussei*, *Bac. lacerans*). Болезнь начинает развиваться с корешков и тонкого кончика корнеплода, распространяется на хвостовую часть, а затем и на весь корнеплод.

Пораженная ткань темнеет и размягчается. На разрезе выступает клеточный сок с большим количеством бактериальных клеток. Инфицируются корнеплоды бактериями в почве. При хранении болезнь прогрессирует и может обусловить большие потери.

Мокрая бактериальная гниль вызывается беспоровыми палочковидными бактериями. Особенно активной является *Erwinia carotovora*. Пораженные участки корнеплода превращаются в слизистую, неприятно пахнущую массу.

Болезнь лука

Шейковая гниль – самая распространенная и опасная болезнь репчатого лука при хранении, вызываемая грибом *Botrytis allii* (рис. 58). Сначала загнивает шейка луковицы – она размягчается. Затем грибок распространяется и на сочные чешуи, и они становятся желтовато-розовыми, водянистыми, как бы вареными. На поверхности луковицы на кроющих чешуях и между ними образуется серый налет (мицелий с конидиеносцами). Среди мицелия нередко образуются мелкие черные склероции, сливающиеся в сплошную корочку.

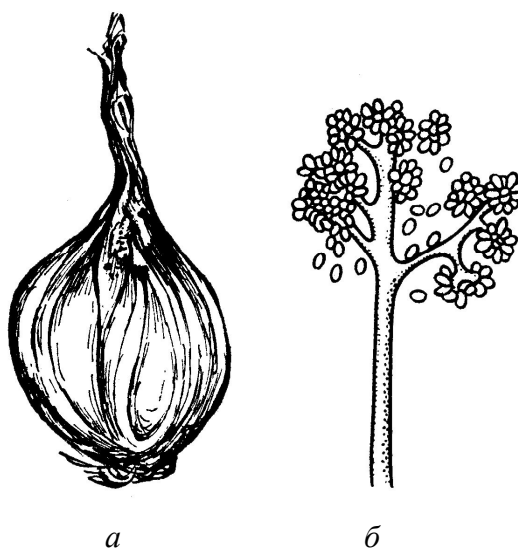


Рис. 58. Шейковая гниль лука:
а – пораженная луковица; *б* – *Botrytis* (конидиеносец с конидиями)

Донцевая гниль луковицы. Различают белую гниль, вызываемую *Sclerotinia cepivorum*, и фузариозную гниль донца, возбудители которой грибы рода *Fusarium*. При поражении склеротинией на донце развивается белая плотная грибница с очень мелкими черными склероциями. Луковица становится мягкой, водянистой и полностью сгнивает. При поражении фузариумом на донце обнаруживается розовая грибница с плотными розовыми

подушечками - органами спороношения гриба. Луковица размягчается. В хранилищах эти болезни распространяются быстро.

Болезнь плодовых овощей

Фитофтороз, или *бурая гниль*, томатов – распространенное заболевание листьев и плодов, вызываемое грибом *Phytophthora infestans*. Болезнь проявляется в виде расплывчатых бурых твердых пятен на поверхности плодов. Особенно сильно поражаются недозрелые плоды при их созревании. Пораженная ткань плодов становится твердой, светло коричневой (рис. 59).



Рис. 59. Фитофтороз плода томатов

Альтернариоз, или *черная пятнистость*, томатов вызывается грибом *Alternaria solani*. На пораженных плодах образуются резко ограниченные темные округлые вдавленные пятна. Они покрыты черным бархатистым налетом, состоящим из мицелия и конидиеносцев гриба.

Плоды томатов заражаются не только в поле в период вегетации, но и в период транспортировки и хранения от больных плодов или загрязненной тары, чему способствуют даже малейшие повреждения кожицы плода. Это заболевание часто проявляется и у других овощей семейства пасленовых (на баклажанах, перце).

Возбудитель *розовой гнили* томатов – гриб *Trichothecium roseum*. На пораженных плодах образуется розовый порошистый налет, состоящий из мицелия и органов спороношения гриба. Заражение происходит в основном после сбора, при транспортировке и в период хранения. Плоды томата и других овощей семейства пасленовых, а также огурцы часто поражаются также белой и серой гнилями.

Водянистая, или *мокрая, гниль* томатов, вызываемая бесспорными бактериями рода *Erwinia* (*E. carotovora*), проявляется в форме прозрачных пятен водянистой консистенции, резко отграниченных от здоровой ткани. Мякоть плода разрушается и превращается в

жидкую бесцветную массу с неприятным запахом. Кожица плода морщинистая и часто растрескивается. Особенно сильно поражаются недозрелые плоды, а также плоды с поврежденной кожицей. Эти заболевание нередко обнаруживается у перца и огурцов.

Антракноз огурцов – возбудитель *Colletotrichum lagenarium*. На заболевших плодах появляются вдавленные округлые пятна (язвы), часто сливающиеся. На них выявляются серовато-желтые или розовые «подушечки» – органы спороношения гриба. Плоды становятся горькими. Заражение их происходит еще в поле, но болезнь развивается и при хранении. На больных плодах развиваются нередко (как вторичная инфекция) бактерии рода *Erwinia*, что быстро приводит к полному разложению плода.

Болезни семечковых и косточковых плодов

Плодовая гниль яблок и груш (монилиоз), или *коричневая гниль*, очень распространенное заболевание, вызываемое грибом *Monilia fructigena*. На кожице плодов появляются характерные буровато-коричневые пятна, которые быстро увеличиваются и захватывают весь плод. Мякоть плода буреет, размягчается и становится губчатой. На поверхности пораженных участков плода появляются желтовато-серые бородавочки (подушечки), располагающиеся нередко концентрическими кольцами (рис. 60). Они представляют собой скопления органов спороношения гриба – конидиеносцев с цепочками бесцветных конидий на концах.

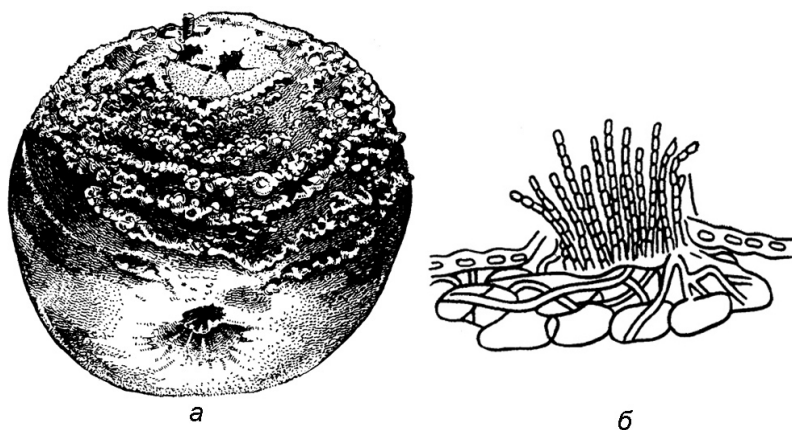


Рис. 60. Плодовая гниль:
а – пораженное яблоко; *б* – конидальное спороношение монилии

При повышенной влажности и благоприятной температуре болезнь развивается очень быстро. Часто при понижении температуры пораженные плоды чернеют, твердеют, поверхность их становится блестящей, как бы лакированной, и плоды превращаются в так называемые мумии. В этих мумифицированных плодах гриб переходит в покоящуюся стадию – склероций. Мумифицированные плоды являются опасными очагами инфекции.

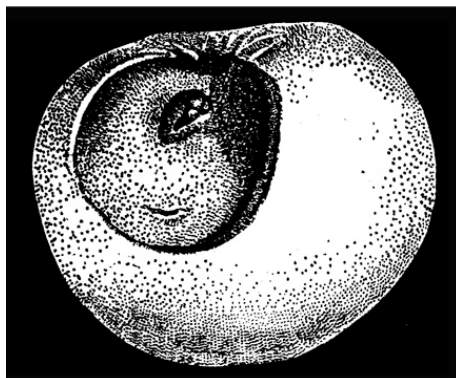
При холодильном хранении яблоки и груши поражаются монилиозом меньше, чем другими грибами-патогенами.

Monilia cinerea (монилия) поражает также косточковые плоды (абрикосы, персики, сливы, вишню). Болезнь называется *серая плодовая гниль*. На пораженных участках плодов образуется множество мелких разрозненных или сливающихся пепельно-серых подушечек (скопление органов спороношения гриба). Монилия считается «бичом» плодовых садов.

Черный рак яблوك и груш вызывается грибом *Sphaeropsis malorum*. Начальная стадия заболевания плодов напоминает монилиоз – пораженные участки буреют и размягчаются. По мере развития заболевания пораженные участки темнеют, становятся неоднородными (с темными зонами) и на них появляются выпирающие из-под кожицы серо-черные точечные бугорки («сыпь»), представляющие собой скопления спороносящих органов гриба (пикниды). Плоды сморщиваются и нередко мумифицируются, как и при плодовой гнили, но блестящая черная поверхность их шероховата за счет расположенных на них пикнид. Гриб поражает не только плоды, но и цветки, ветви, кору стволов яблони. Большая кора является главным источником инфекции.

В период хранения яблоки наиболее часто поражаются грибом *Penicillium expansum*, который вызывает *мягкую сизо-зеленую гниль* (рис. 61). На кожице образуются светло-коричневые стекловидные пятна, на которых появляются серо-голубые, позднее зеленеющие комочки (скопления конидиеносцев с окрашенными конидиями). Кожица вдавливается, приобретает складчатость, растрескивается. Мякоть плода буреет, размягчается, иногда до разжижения. Поражение яблок этим грибом в отдельные годы составляет 80-90% общей массы микробных повреждений плодов. Пеницилл, развиваясь на яблоках, способен продуцировать токсическое для человека и животных вещество – патулин. Гриб способен развиваться даже при 0 °С и спороносить при 2 °С. Заражение плодов грибом происходит обычно уже после уборки, главным образом через механические повреждения кожицы.

Alternaria tenuis вызывает *черную пятнистость*. Больные участки плода резко отграниченные, неглубокие, сперва бурые, затем чернеют. На их поверхности развивается оливковый, в дальнейшем чернеющий налет – мицелий с многоклеточными темно-коричневыми конидиями.



a



б

Рис. 61. Мягкая зеленая гниль:

a – пораженное яблоко (в начальной стадии); *б* – конидиеносцы пеницилла

Botrytis cinerea вызывает *серую мягкую гниль*. Пораженные участки мякоти коричневеют, значительно размягчаются. Плод становится дряблым. При благоприятной влажности и температуре заболевание быстро охватывает весь плод. На поверхности обнаруживается сероватый пушок – спороносящий мицелий гриба. Позднее на нем образуются склероции в виде мелких, жестких, черных желвачков.

Возбудители сизо-зеленой гнили (*Penicillium expansum*), черной пятнистости (*Alternaria tenuis*), серой гнили (*Botrytis cinerea*) активно поражают и косточковые плоды.

Гниль citrusовых плодов в период хранения вызывают преимущественно грибы из рода *Penicillium*. Так, *Pen. italicum* образует на поверхности плодов зелено-голубые налеты с узкой белой каймой из мицелия; при этом кожица плодов размягчается, вдавливается. Особенно быстро плесневеют поврежденные и перезрелые плоды. При низких температурах (0-2 °С) плесень развивается медленно.

Pen. digitatum образует на поверхности плода белый налет, приобретающий затем оливково-зеленый цвет (за счет окраски конидий). Мякоть размягчается, становится водянистой, горькой.

Лимоны и мандарины нередко при хранении поражаются грибом *Alternaria citri*. Ткань плодов у их основания и внутри окрашивается в черный цвет в результате развития спороносящего мицелия черно-зеленоватой окраски. Пораженные участки размягчаются.

Болезнь ягод

Серая гниль винограда – весьма распространенная болезнь; вызывается грибом *Botrytis cinerea*. Ягоды покрываются серым пушистым порошачим налетом. Мякоть ягод становится дряблой, кожица отделяется и ягода как бы ослизняется. При транспортировке

и в период хранения болезнь легко распространяется на здоровые ягоды. Особенно опасно отпотевание ягод в результате резкой смены температуры.

Возбудитель *сизой гнили* винограда – *Penicillium expansum*. На поверхности загнивающих ягод развивается беловатый налет, покрывающийся затем комочками голубовато-зеленого цвета - органами спороношения гриба. Загнившие ягоды имеют затхлый запах и прокисший вкус.

Серая гниль земляники – возбудитель *Botrytis cinerea*. На ягодах появляется сначала мокрое пятно, которое быстро разрастается. Мицелий гриба пронизывает всю ягоду, на ее поверхности образуется густой серый налет, состоящий из конидиеносцев с конидиями. Заражение происходит еще в период вегетации ягод. При транспортировке или временном хранении гниль с больных ягод на здоровые распространяется очень быстро.

Серая головчатая плесень земляники вызывается грибом *Rhizopus nigricans*. Это очень распространенный вид гнили и других ягод и косточковых плодов. На пораженных ягодах образуется сначала сероватый паутинистый налет, на котором затем появляются черные точечные головки, представляющие собой спорангии со спорами. Гриб развивается очень быстро. Ягоды становятся водянистыми, размягченными, сплошь покрыты темной паутинообразной массой.

Для сохранения плодов и овощей в свежем виде применяют различные способы их обработки и хранения, снижающие численность микробов на продукции, тормозящие их развитие и жизнедеятельность и в то же время замедляющие биохимические процессы, протекающие в самих плодах и овощах, которые приводят к старению и перезреванию, одновременно сохраняя их природные иммунные свойства и товарное качество.

Эффективно холодильное хранение в регулируемой и модифицированной газовой среде. В таких условиях дольше сохраняются иммунные свойства, замедляется старение плодов и овощей, медленнее расходуются резервные вещества. Кроме того, в измененной газовой среде в хранилищах тормозится прорастание спор грибов и несколько замедляется рост и активность некоторых патогенов.

Помимо хранения в регулируемой газовой среде, возможна обработка свежих плодов и овощей химическими веществами (бромистым метилом, дифенилом, йодином, йодкрахмалом и др.). Рекомендуется обработка малолезжких сортов плодов, особенно ягод, γ -лучами дозой 2-4 кГц, позволяющая увеличить сроки хранения продукции, что имеет большое значение в сезон их поступления на перерабатывающие предприятия и в хранилища (А.А. Кудряшова и др.).

В настоящее время плоды и овощи подвергают быстрому замораживанию. При низкой температуре хранения (минус 18 °С) микробная порча таких продуктов

практически исключается. Однако на них всегда сохраняются жизнеспособные микроорганизмы, поэтому после размораживания продукты могут довольно быстро подвергаться микробной порче.

Снижение потерь свежих плодов и овощей от микробных поражений возможно только при выполнении ряда мероприятий и обязательных требований. К ним относятся: селекция и районирование сортов, устойчивых к микробиальным болезням, уборка урожая в оптимальные сроки и обработка его в течение не более 3 сут с момента поступления для закладки на хранение, использование транспортных средств, тары и упаковочных материалов с учетом особенностей и назначения продукции, времени года; закладка на длительное хранение только здоровой продукции, однородной по стадии зрелости и сортовому составу. Необходимо строго соблюдать установленный режим хранения (температуру и влажность воздуха); осуществлять систематическое наблюдение за состоянием продукции в период хранения; своевременно удалять из хранилища продукцию, пораженную микроорганизмами; содержать хранилища в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями.

Для сохранения свежести плодов и овощей применяется средство, содержащее аскорбиновую (лимонную кислоту или ее соль), пропиленгликоль, глицерин, пропиленгликолевый или водно-пропиленгликолевый раствор с экстрактом растительного сырья (цветки липы, листья подорожника, ягоды облепихи, шелуху овса, шелуху риса, корень лопуха, ягоды винограда и косточки винограда), которое обладает повышенной способностью сохранять свежесть растительной продукции за счет улучшения ее антимикробных, запахо-сохраняющих и влагоудерживающих свойств (Л.С. Генель, М.Л. Галкин, Т.М. Корнеева).

Применяется также замачивание овощей и фруктов в йод-крахмальных смесях с последующей обработкой ультразвуком, озоном, или γ -излучением. Такая обработка обеспечивает сохранность овощей и фруктов при длительном хранении и транспортировке (В.М. Шапиро).

Микрофлора квашеных и соленых плодов и овощей

Консервирование плодов и овощей квашением и солением основано на использовании молочнокислого и отчасти спиртового брожения для подавления роста микроорганизмов – потенциальных возбудителей порчи (гнилостных бактерий, маслянокислых и др.). Одновременно продукт приобретает новые вкусовые и пищевые качества.

Брожение возникает в перерабатываемом сырье (капусте, огурцах, помидорах и др.) обычно самопроизвольно (спонтанно) и вызывается находящимися на нем молочнокислыми бактериями и дрожжами.

Соль, добавляемая при квашении, вызывает плазмолиз клеток листьев капусты. Выделяющийся сок содержит сахар и другие питательные для микроорганизмов вещества. В начальной стадии процесса развиваются различные аэробные бактерии, дрожжи (занесенные с сырьем), продуцирующие в небольшом количестве кислоты (уксусную, муравьиную, молочную), спирт и углекислый газ. Благодаря потреблению кислорода, а также выделению дышащими растительными клетками CO_2 и газов, образующихся при брожении, создаются анаэробные условия, которые благоприятствуют развитию молочнокислых бактерий. В первую очередь развивается гетероферментативная молочнокислая бактерия лейконосток (*Leuconostoc mesenteroides*), образующая сравнительно немного кислоты. Один из продуктов обмена лейконостока – эфиры, которые придают заквашиваемому продукту характерный запах. После лейконостока начинают развиваться палочковидные молочнокислые бактерии. Основная роль в процессе квашения капусты принадлежит гомоферментативной мезофильной бактерии *Lactobacillus plantarum*. Развиваются и гетероферментативные бактерии, в частности кислотоустойчивая бактерия *L. brevis*, а также дрожжи, вызывающие спиртовое брожение. Количество молочнокислых бактерий достигает миллионов в 1 см^3 . Скорость сквашивания капусты зависит от температуры. Оптимальная температура около $20 \text{ }^\circ\text{C}$, при ней брожение протекает обычно в течение 6-8 сут.

Образующаяся молочная кислота (1,5-1,7% по массе) оказывает консервирующее действие, а побочные продукты жизнедеятельности молочнокислых бактерий и отчасти дрожжей (этиловый спирт, летучие кислоты, ароматические вещества, углекислый газ и др.) придают продукту характерные органолептические свойства. При чрезмерном развитии *L. brevis* возможна порча продукта – излишняя кислотность и острый привкус квашеной капусты. Ухудшается качество капусты и при интенсивном развитии дрожжей.

После окончания брожения квашеную капусту следует хранить при температуре $0-3 \text{ }^\circ\text{C}$ и без доступа воздуха, чтобы задержать развитие микроорганизмов потребителей молочной кислоты (плесневые дрожжи, плесени). Молочная кислота – основа стойкости продукта. Плесени и дрожжи не только потребляют молочную кислоту, но и придают продукту неприятный запах, вкус и окраску. Некоторые дрожжи вызывают ослизнение капусты. Поскольку плесени и плесневые дрожжи аэробы, при хранении квашеной капусты следует поддерживать анаэробные условия.

Помимо плесеней и дрожжей порчу капусты, особенно при недостаточно быстром повышении кислотности, могут вызывать гнилостные и маслянокислые бактерии. Капуста приобретает прогорклый вкус, резкий неприятный запах. Развитие спорообразующих бактерий группы сенной палочки, обладающих активным пектолитическими ферментами, приводит к размягчению продукта, появлению неприятного вкуса. Размягчение может возникнуть и под действием ферментов капусты.

В практику внедряется квашение капусты с применением закваски из чистых культур молочнокислых бактерий (*L. plantarum*). Использование бактерий с определенной бродильной активностью, создание для них оптимальных условий (анаэробность, температура) позволяют направлять полезную биохимическую деятельность микроорганизмов. При введении закваски создается численное преобладание полезной микрофлоры, процесс заквашивания ускоряется, исключается развитие вредных микробов, качество капусты улучшается.

При солении огурцов применяют пряности и больше соли (6-8% по массе). Консервирование огурцов протекает в две стадии. В первой стадии (предварительной 1-2 дня) при температуре около 20 °С накапливается 0,3-0,4% кислоты; во второй стадии продукт сквашивается медленно при температуре от минус 1 до 2 °С.

Микрофлора и микробиологические процессы при солении огурцов сходны с микрофлорой и процессами, происходящими при квашении капусты. В начальный период развиваются различные бактерии и дрожжи. По мере возрастания численности молочнокислых бактерий подавляется развитие нежелательной микрофлоры. Из молочнокислых бактерий сначала развивается лейконосток, а затем более сильные кислотообразователи – гетероферментативные (*L. brevis* и *L. fermentum*) и гомоферментативные палочки, преимущественно *L. plantarum*; развиваются дрожжи.

Виды порчи соленых огурцов и квашеной капусты сходны. В основном это ослизнение, размягчение, появление на поверхности пленки молочной плесени или дрожжей, потребляющих молочную кислоту, что способствует развитию нежелательной микрофлоры. Хороший эффект в борьбе с этими микроорганизмами дает введение в рассол сорбиновой кислоты (0,1% по массе) и предотвращение доступа воздуха.

Размягчение возможно под воздействием пектинразрушающих ферментов огурцов, наиболее действенным из которых является полигалактуроназа. Иногда происходит раздувание огурцов – образование в них пустот, обусловленное развитием интенсивно выделяющих газ микроорганизмов (дрожжей, бактерий группы кишечных палочек, гетероферментативных молочнокислых бактерий и др.) или нарушением температурного режима квашения.

Рекомендуется применение при квашении чистых культур молочнокислых бактерий. В Кишиневском государственном университете (сейчас – Молдавский государственный университет) В.П. Роциным получен сухой комплексный препарат (закваска) из солеустойчивых штаммов гомо- и гетероферментативных молочных бактерий (*Lactobacillus plantarum*, *L. fermentum* и *Streptococcus lactis*).

Значительно длительнее сохраняется квашеная продукция после пастеризации в герметичной таре.

В свежих овощах нередко содержится довольно большое количество нитратов. При переработке таких овощей содержание нитратов может быть понижено при помощи денитрифицирующих видов бактерий. Микробиологический способ снижения содержания нитратов в овощных продуктах весьма эффективен, так как позволяет исключить применение химических веществ.

Микробиология кондитерских товаров

Сахар. Большинство технологических режимов производства сахара (высокие температуры, щелочность и концентрация среды) неблагоприятны для роста микроорганизмов, имеющихся в перерабатываемом сырье (например, сахарной свекле). На некоторых этапах производства создаются настолько жесткие условия, что многие микроорганизмы погибают, но отдельные устойчивые формы сохраняют свою жизнеспособность в полуфабрикатах на протяжении всего технологического процесса производства и попадают в готовый продукт – сахар. Это преимущественно термофильные споровые бактерии и бактерии, имеющие слизистые капсулы, обеспечивающие устойчивость клеток к высоким температурам. Лейконостоки, например, выдерживают температуру до 90 °С и концентрацию сахара более 50%. Помимо этой первичной микрофлоры полуфабрикаты и готовый продукт инфицируется извне (из воздуха, с оборудования), поэтому микрофлора сахара включает также виды вторичного происхождения.

Степень обсеменения сахара может изменяться в зависимости от санитарного состояния производственных помещений, оборудования, тары и условий хранения. Сахар-песок обычно содержит от сотен до тысяч микробных клеток в 10 г. В состав микрофлоры входят бактерии аэробные, споровые, термофильные, кислотообразующие и термофильные споровые анаэробы, образующие и не образующие сероводород, а также мезофильные термостойкие споро- и слизиобразующие бактерии, присутствуют дрожжи и споры плесеней. Причиной инфицирования сахара микроорганизмами может служить

тара. Сахар, поступающий на хранение или в реализацию, всегда содержит больше микробов, чем свежеработанный. В таблице 32 указано число микроорганизмов в пересчете на 10 г сахара (Д.Г. Бронштейн).

Таблица 32 – Количество микроорганизмов в сахаре

Наименование продукта	Бактерии				Дрожжи	Плесени
	общее количество термофилов	анаэробные термофилы	Общее количество мезофилов	термостойкие мезофилы		
Сахар на выходе из сушилки	14	0	145	10	0	0
Сахар, затаренный в тканевые мешки	120	1	425	5	24	13
Сахар в силосе	21	2	180	10	41	4

Исследования большого количества партий сахара, проведенные Ю. Пуйдак, показали, что после упаковки в льно-джутовые мешки значительно увеличивается обсемененность сахара спорами мезофильных бактерий и плесеней. Наименьшее количество бактерий было найдено в сахаре, затаренном в многослойные бумажные мешки с вкладышами из полимерных материалов. При длительном хранении сахара-песка в отапливаемых складах (относительная влажность воздуха 66-68%) наблюдалась тенденция к снижению в сахаре микробов (беспоровых бактерий и дрожжей). При хранении в неотапливаемых складах отмечалось повышение содержания спор плесеней, преимущественно рода *Aspergillus*. Особенно это проявлялось в мешках нижних рядов штабеля, где была несколько увеличена влажность сахара и содержание редуцирующих веществ. Если в процессе хранения относительная влажность воздуха не превышала 70%, рост плесеней не наблюдался в течение более 2 лет.

Сахар используется в качестве сырья во многих отраслях пищевой промышленности, поэтому его микробиальное качество имеет большое значение. При использовании в производстве безалкогольных напитков сахара, содержащего слизиобразующие бактерии рода *Leuconostoc*, возможно ослизнение напитков. Сахар является источником инфицирования консервов термофильными спорообразующими бактериями, многие из которых вызывают бомбаж и плоскокислую форму порчи консервов. Термофильные газо- и кислотообразующие бактерии, а также осмофильные дрожжи, содержащиеся в сахаре, представляют опасность и для кондитерского производства. Эти микроорганизмы могут

вызывать вспучивание и растрескивание конфет, порчу варенья, джемов и иной сахаросодержащей продукции. Дрожжи рода *Zygosaccharomyces*, например, не погибают в растворе сахара 90%-ной концентрации.

В ряде стран имеется стандарт, где нормируется обсемененность сахара, используемого в том или ином пищевом производстве, термофильными бактериями, осмофильными дрожжами и спорами плесеней.

В нашей стране для сахара-песка, применяемого в производстве безалкогольных напитков, считается допустимым содержание в 1 г не более 1000 микробных клеток; для сахарного сиропа – общее число микроорганизмов – не более 20, дрожжи должны отсутствовать, *Leuconostoc* должен отсутствовать в 1 см³.

Один из приемлемых и перспективных способов инактивации микрофлоры сахара – радиационная обработка. Рафинированный сахар-песок после воздействия поглощенной дозы 10 кГц при мощности 8 Гр/с содержит единичные споры бактерий и плесеней. После 1-2 мес. хранения при температуре 5 °С такой сахар практически стерилен (А.А. Кудряшова).

Мед. Благодаря высокому осмотическому давлению и содержанию бактерицидных веществ он достаточно стоек в хранении. Микрофлора меда малочисленна, в ней присутствуют обычно осмофильные дрожжи рода *Zygosaccharomyces*, споры бактерии сенной палочки, микрококки. Мед недозревший забраживает вследствие развития в нем осмофильных дрожжей.

Кондитерские изделия. Они разнообразны по составу, технологии изготовления и применяемому для их производства сырью. Микрофлора сырья служит основным источником микрофлоры полуфабрикатов и готовой продукции. Некоторые виды сырья могут, кроме того, содержать микотоксины вследствие поражения плесенями в период хранения. В арахисе, фундуке, какао-бобах, фисташках нередко присутствуют афлатоксины. Предельно допустимой нормой афлатоксинов в продуктах, в том числе и используемых в кондитерском производстве, считается в нашей стране 0,5 мкг/кг (В.А. Тутельян, Л.В. Кравченко). Сырье должно отвечать требованиям стандартов. Некоторые микроорганизмы сырья на отдельных этапах технологического процесса погибают, другие сохраняются и переходят в готовую продукцию. Полуфабрикаты и готовые изделия могут дополнительно инфицироваться при производстве извне (с аппаратуры, оборудования, из воздуха, с рук и одежды рабочих и др.); численность микрофлоры изделий увеличивается и при нарушении технологических режимов изготовления.

В микрофлоре изделий, помимо возбудителей их порчи, могут содержаться и токсигенные формы. Известны случаи отравлений при употреблении некоторых кондитерских изделий.

Микрофлора основного сырья (сахара, молока, сливочного масла, яиц, муки и др.) была рассмотрена в соответствующих разделах настоящей главы. Ниже приводятся сведения о микрофлоре только некоторых полуфабрикатов и готовых изделий.

Фруктово-ягодные полуфабрикаты (пюре, повидло, начинки). Микрофлора этих полуфабрикатов состоит преимущественно из дрожжей родов *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Candida*, молочнокислых гетероферментативных бактерий, спор плесеней. При развитии микроорганизмов полуфабрикаты могут забраживать, закисать, плесневеть. Для предотвращения порчи в полуфабрикаты в небольшом количестве вводят химические консерванты (сорбиновую кислоту или ее соли, бензойную кислоту).

Хранят полуфабрикаты при низких положительных температурах.

Проведенные во ВНИИКП (Б.Т. Катарьян, Л.Е. Скокан, Е.А. Дразникова) исследования микрофлоры различных сахаристых и мучных кондитерских изделий показали, что в них преобладают споры плесеней в количестве от единиц до сотен в 1 г; кроме того, присутствуют мезофильные аэробные бактерии; в шоколаде и мучных кондитерских изделиях (без крема) число бактерий составляет $5 \cdot 10^3$ - $5 \cdot 10^5$, в карамели, халве, мармеладе и пастиле – $5 \cdot 10^4$ - $5 \cdot 10^5$ в 1 г.

В некоторых мучных кондитерских изделиях, а также в шоколаде, мармеладе, пастиле были обнаружены бактерии группы кишечных палочек в количестве от единицы до тысяч клеток в 1 г. В тортах и пирожных со сливочным кремом выявлен в небольших количествах (десятки клеток в 1 г) коагулазоположительный золотистый стафилококк.

На основании исследований большого количества разнообразных кондитерских изделий предложены действующим техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹ нормативы допустимого содержания в них микроорганизмов. Отдельные кондитерские изделия и нормативы представлены в таблице 33.

Готовые кондитерские изделия в случае нарушения установленных сроков и температурно-влажностных режимов хранения и реализации могут подвергаться микробной порче.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Таблица 33 – Допустимое содержание микроорганизмов в кондитерских изделиях

Наименование продукции	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются	Дрожжи, КОЕ/г, не более	Плесени, КОЕ/г, не более
		БГКП (колиформы) должны отсутствовать в массе продукта, г		
Конфеты и сладости неглазированные (помадные, молочные)	$5 \cdot 10^3$	1,0	10	50
Конфеты и сладости неглазированные (на основе пралине, на жировой основе)	$1 \cdot 10^4$	0,01	50	100
Конфеты и сладости глазированные с корпусами (помадными, фруктовыми, марципановыми, грильяжными)	$1 \cdot 10^4$	1,0	50	50
Конфеты и сладости глазированные с корпусами (молочными, сбивными)	$5 \cdot 10^4$	0,1	50	50
Карамель неглазированная (леденцовая, с начинкой помадной, ликерной, фруктово-ягодной, сбивной, желейной)	500	1,0	50	50
Карамель глазированная с начинками (помадной, фруктовой, ликерной, желейной)	$1 \cdot 10^4$	0,1	50	50
Халва глазированная	$1 \cdot 10^4$	0,01	50	50
Халва неглазированная	$5 \cdot 10^4$	0,01	50	50
Шоколад обыкновенный и десертный без добавлений	$1 \cdot 10^4$	0,1	50	50
Шоколад с добавлениями и с начинками	$5 \cdot 10^4$	0,1	50	100
Вафли без начинки, с начинками	$5 \cdot 10^3$	0,1	50	100
Пряники, коврижки без начинки	$2,5 \cdot 10^3$	1,0	50	50
Печенье сахарное с шоколадной глазурью, сдобное, всех видов, затяжное, овсяное	$1 \cdot 10^4$	0,1	50	100

Примечание. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, не допускаются в 25 г.

Мармелад и пастила в результате развития в них осмофильных дрожжей подвергаются деформации, растрескиванию, изменяется их вкус. В пластовом мармеладе развиваются плесени – *Aspergillus* и *Penicillium*. Для предотвращения плесневения при производстве мармелада вводят сорбиновую кислоту. Карамель и многие конфеты стойки в хранении, что обусловлено их малой влажностью, высокой концентрацией сахара. Однако конфеты, глазированные шоколадом, а также конфеты с помадной и сбивной

начинками могут вспучиваться, растрескиваться в результате развития в них осмофильных дрожжей или газообразующих бактерий.

Кремы, используемые для изготовления тортов и пирожных, являются скоропортящейся продукцией, которая может послужить причиной пищевых отравлений. Помимо различных сапрофитических аэробных споровых и бесспорных бактерий, дрожжей, спор плесеней, в кремах могут присутствовать патогенные микроорганизмы. Особенно опасен заварной крем, который отличается от других кремов низкой концентрацией сахара, повышенной влажностью и содержанием муки. Помимо того, что заварной крем быстро закисает в результате кислотообразующих бактерий, в нем могут активно развиваться токсигенный золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*) и некоторые условно-патогенные микроорганизмы – энтерококки, энтеропатогенные кишечные палочки. Накопление токсина в изделии при температуре от 15 до 22 °С происходит очень быстро (за 6-10 ч), при этом признаков порчи не наблюдается.

Причинами инфицирования крема может быть сырье – молоко, сливки, масло, яйца. Нарушение технологического режима и санитарных правил при изготовлении и хранении крема и кремовых изделий может также привести к накоплению токсина.

В соответствии с требованиями по хранению и реализации скоропортящихся продуктов в торговле и общественном питании¹ торты и пирожные с различными кремами разрешается хранить с момента выработки при температуре не выше (4±2) °С не более:

- без отделки кремом, с отделками белково-взбивной, типа суфле, сливочной, фруктово-ягодной, помадной – 72 ч;
- пирожное «картошка» – 36 ч;
- с заварным кремом, с кремом из взбитых сливок, с творожно-сливочной начинкой – 18 ч.

Готовые кремовые изделия подвергают микробиологическому контролю² (табл. 34).

¹ Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

² Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Таблица 34 – Допустимое содержание микроорганизмов в тортах и пирожных с разными отделками

Наименование показателя	Допустимые уровни	Наименование продукции
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	5·10 ³	Торты и пирожные диабетические; торты вафельные с жировой начинкой
	1·10 ⁴	Торты и пирожные с отделками, рулеты бисквитные с фруктовой начинкой, с цукатами, маком, орехами
	5·10 ⁴	Торты и пирожные с отделками, торты вафельные с начинками: пралине, шоколадно-ореховой, халвичной; рулеты бисквитные с начинками: сливочной, жировой
БГКП (колиформы), не опускаются в массу продукта, г	1,0	Торты и пирожные без отделок, с отделками на основе маргаринов, заменителей сливок и жиров; рулеты бисквитные с начинкой
	0,1	Торты и пирожные, рулеты диабетические; торты вафельные с жировой начинкой; рулеты в герметичной упаковке
	0,01	Торты и пирожные с отделками (со сроком годности менее 5 суток); торты вафельные с начинкой; рулеты бисквитные с жировой, сливочной начинками
<i>S. aureus</i> , не допускаются в массу продукта, г	1,0	Торты и пирожные с заварным кремом, диабетические; рулеты бисквитные с фруктовой начинкой, с цукатами, маком, орехами, диабетические
	0,1	Торты и пирожные с отделками: сливочной со сроком годности не менее 5 суток; фруктовой, помадной, из шоколадной глазури, жировой, творожно-сливочной, сливочнорастительной, типа «картошка»; без отделок; с отделками на основе маргаринов, растительных сливок и жиров; рулеты в герметичной упаковке
	0,01	Торты и пирожные, в т.ч. замороженные, со сливочной отделкой со сроком годности менее 5 суток
Плесени, КОЕ/г, не более	50	Торты и пирожные с отделками; без отделок; диабетические; торты вафельные с начинкой; рулеты в герметичной упаковке
	100	Торты и пирожные с отделками белково-сбивной, типа суфле, фруктовой, помадной, из шоколадной глазури, жировой, творожно-сливочной, сливочнорастительной, типа «картошка», с заварным кремом; рулеты бисквитные с начинками сливочной, жировой, фруктовой, с цукатами, маком, орехами
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	Торты и пирожные с отделками, без отделок, с отделками на основе маргаринов, растительных сливок и жиров; рулеты диабетические; торты вафельные с начинками жировой, пралине, шоколадно-ореховой, халвичной; рулеты бисквитные с начинкой; рулеты в герметичной упаковке
	100	Торты и пирожные со сливочной отделкой

Примечание. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, не допускаются в 25

г.

Шоколад и шоколадные конфеты исследуют на наличие кишечных палочек. Эти микроорганизмы должны в них отсутствовать в 0,1 г (табл. 33). Также нормируется общая бактериальная обсемененность, наличие патогенных микроорганизмов, дрожжей и плесеней.

Микробиологические исследования должны проводиться в соответствии с требованиями действующей документацией.

Микробиология вкусовых товаров

Алкобольные напитки

Вино. Это продукт спиртового брожения виноградного или плодово-ягодных соков (сусла). Состав соков разнообразен, но все они являются хорошим питательным субстратом не только для возбудителей брожения – дрожжей, но и для различных других нежелательных микроорганизмов. Для подавления развития вредной микрофлоры, главным образом аэробных диких дрожжей, соки сульфитируют (обрабатывают сернистым ангидридом SO_2), а затем подвергают брожению.

Сернистый ангидрид является не только антисептиком, но и антиокислителем. Он связывает кислород, понижая тем самым окислительно-восстановительный потенциал среды, что ограничивает развитие вредных аэробных микроорганизмов и благоприятствует спиртовому брожению.

Для брожения соков применяют чистые культуры винных дрожжей низового брожения *Saccharomyces vini (elipsoideus)*, а для некоторых вин (типа хереса), кроме того, дрожжей *S. oviformis*. Иногда закваской служит смешанная дрожжевая флора винограда.

При выборе производственных рас дрожжей руководствуются определенными требованиями. Так, они должны полно выражать сусло, быть устойчивыми к повышенному содержанию сахара и спирта, SO_2 и низкому значению pH, быстро оседать после брожения и давать плотный осадок.

Различные расы *S. vini*, селекционированные для определенных типов вин, обладают разным температурным оптимумом брожения, образуют неодинаковое количество спирта (от 10 до 18%) и побочных продуктов; различен и состав побочных продуктов, что отражается на вкусовых и ароматических свойствах вин.

В процессе развития дрожжи не только сбраживают сахара, но и значительно изменяют в сусле азотсодержащие вещества и состав органических кислот.

В зависимости от используемого сырья, биологических особенностей применяемой расы дрожжей и характера технологического процесса получают различные вина.

В сброживаемое сусло и вино из сырья и из внешней среды попадают различные микроорганизмы. Развиваться в этих субстратах с низким значением pH, содержащих спирт и SO₂ могут лишь некоторые микроорганизмы: преимущественно различные дрожжи, молочнокислые и уксуснокислые бактерии.

Возбудителями порчи, называемой *цветением* или *цвелью* вина, являются аэробные пленчатые дрожжи родов *Candida* и *Pichia*, развивающиеся на поверхности вина в виде пленки и активно окисляющие сахар в органические кислоты. Участвуют также лимонovidные дрожжи родов *Hansenula* и *Hanseniaspora*, известные под названием апикулятусов. Они окисляют спирт и органические кислоты, образуют летучие кислоты и эфиры, придающие вину острый вкус и неприятный посторонний запах, кроме того, вино мутнеет.

Скисание вин вызывают молочнокислые, главным образом гетероферментативные, бактерии. Большое вино мутнеет, тускнеет, приобретает острый сладковато-кислый вкус, иногда с «мышинным привкусом».

Некоторые молочнокислые бактерии, в частности *Lactobacillus brevis*, вызывают *прогоркание вин* (особенно красных) за счет разложения глицерина с образованием акролеина. Цвет вина изменяется в результате выпадения в осадок красящих веществ. Такое вино непригодно к употреблению.

Распространенной и опасной болезнью столовых вин является *уксусное скисание*, которое вызывают уксуснокислые бактерии. Вино приобретает запах и вкус уксусной кислоты; значительно снижается содержание спирта.

Некоторые уксуснокислые бактерии, а также дикие дрожжи вызывают *ослизнение* (тягучесть) вин – болезнь, называемую *ожирением*.

Для предохранения от микробной порчи вина пастеризуют, вводят антисептики (SO₂, сорбиновую кислоту и ее соли). Эффективная «холодная» стерилизация, т.е. обработка ультразвуком, ультрафиолетовыми лучами и γ-лучами радиоактивного ⁶⁰CO.

Пиво. Пиво является слабоалкогольным напитком. Основное сырье для производства пива – ячменный солод, изготовляемый из пророщенных зерен ячменя (процесс называется соложением). В процессе солодоращения в зерне накапливаются ферменты амилазы, расщепляющие крахмал на сброживаемые углеводы (на мальтозу и декстрины); протеазы, превращающие белок (частично) в усвояемые дрожжами азотистые соединения.

Из солода, нередко с добавлением еще несоложенных зерновых материалов (ячменя, риса, кукурузной муки), воды и хмеля, изготавливают сахаристую жидкость – пивное сусло. Оно является полноценной питательной средой для дрожжей. Хмелевые вещества, переходящие при варке из хмеля в сусло, обладают антибактериальным действием и придают суслу и пиву специфические горечь и аромат. На разных стадиях технологического процесса в сусле протекают биохимические превращения под действием ферментов солода и используемых дрожжей.

Сусло сбраживается специальными пивными дрожжами. Они должны обладать способностью быстро размножаться и бродить при низких температурах (5-10 °С), быстро оседать и придавать пиву приятные вкус и аромат.

Применяют преимущественно расы *Saccharomyces carlsbergensis* – хлопьевидные дрожжи низового брожения. Для выработки некоторых специальных сортов пива используют расы верховых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

В процессе выработки пива различают два периода брожения сусла: основной (главный) и дображивание. В первый период (температура 6-10 °С) дрожжи активно размножаются и интенсивно сбраживают сахар. Полученное «зеленое» (незрелое) пиво сливают с дрожжевого осадка и направляют на дображивание. В этот период дрожжи, находящиеся в «зеленом» пиве, почти не размножаются и медленно сбраживают оставшийся сахар. В процессе созревания при 0,5-1 °С в пиве протекают различные биохимические процессы превращения веществ. В результате брожения накапливаются углекислый газ, этиловый спирт 3-6% (по массе) и побочные продукты (высшие спирты, летучие и нелетучие органические кислоты, диацетил, эфиры), участвующие в формировании вкуса и аромата пива.

Созревшее пиво осветляют и освобождают от дрожжей путем фильтрации или центрифугирования, после чего направляют на розлив.

Химический состав и вкусовые свойства разных сортов пива зависят от используемого сырья, применяемой расы дрожжей и технологии производства.

Часть осадочных (осевших на дно бродительных чанов) дрожжей после соответствующей обработки вновь используются для сбраживания сусла. Кроме того, их выпускают в виде жидких или сухих пивных дрожжей в качестве продукта, богатого витаминами (В₁, В₂, В₆, РР, пантотеновой кислотой); остальное используют на корм скоту.

В настоящее время применяют и новый способ производства некоторых сортов пива, позволяющий улучшить его качество, сократить продолжительность технологических стадий за счет варьирования температуры и степени аэрации сусла в период брожения.

В сусло и пиво попадает немало различных посторонних микроорганизмов из воздуха, воды, с аппаратуры, тары, а также с засевными дрожжами. Хмелевые вещества, спирт, избыточное давление CO_2 , низкое значение pH (4,1-4,4) задерживают развитие в сусле и пиве многих потенциальных возбудителей их порчи, однако некоторые из этих микроорганизмов способны размножаться в таких субстратах.

Возбудителями порчи пива выступают многие виды диких дрожжей (родов *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Hansenula*, *Torulopsis* и др.). Они вызывают его помутнение, неприятный вкус и запах, так как образуют различные летучие и горькие вещества. Особенно опасны дрожжи *Candida mycoderma*, развивающаяся на поверхности пива в виде плотной пленки и окисляющие спирт до CO_2 и воды. В сусле и пиве могут развиваться и некоторые бактерии, нечувствительные к антисептическим веществам хмеля, устойчивые к спирту и повышенной кислотности среды. Таковыми являются главным образом молочнокислые и уксуснокислые бактерии.

Молочнокислые бактерии вызывают помутнение и прокисание пива. Особенно опасны педиококки – гомоферментативные бактерии рода *Pediococcus*, ранее называемые «пивными сарцинами». Это кокки, чаще соединенные по четыре, реже попарно или одиночные. Педиококки придают пиву горечь, неприятный вкус и характерный медовый запах; вызывают значительное помутнение, способствуют образованию мелкозернистого осадка, а иногда и ослизнение пива.

Уксуснокислые бактерии, различные виды *Acetobacter*, образуют на поверхности пива пленки, снижают содержание спирта, окисляя его в уксусную кислоту; некоторые виды образуют слизь. Уксуснокислые бактерии – аэробы, но могут развиваться при малом содержании кислорода, что и происходит в пиве, хранящемся в открытых емкостях или в незаполненной и плохо укупоренной таре. Вызывают порчу пива также флавобактерии, при этом образуются «шелковистая» муть и легкий запах сероводорода.

Для предотвращения быстрой порчи пиво подвергают пастеризации. Возможны обработки СВЧ и использование в качестве консерванта сорбиновой кислоты.

Принято проводить микробиологический контроль пива на общую обсемененность аэробными и факультативно-анаэробным бактериями (КМАФАнМ), БГКП, содержание дрожжей и отсутствие патогенных микроорганизмов, в т.ч. сальмонелл.

Так, в пастеризованном пиве КМАФАнМ должно быть не более 500 клеток в 100 см^3 ; не допускаются дрожжи и плесени в сумме более 40 КОЕ/см^3 , колиформные бактерии в 10 см^3 , патогенные, в том числе сальмонеллы – в 25 см^3 продукта¹.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Хлебный квас. Этот слабоалкогольный напиток изготавливают путем комбинированного спиртового и молочнокислого брожения квасного сусла. Последнее готовят из концентрата квасного сусла путем разбавления его питьевой водой и добавления сахара в виде сахарного сиропа. Сырьем для концентрата служат ржаной и ячменный солод, ржаная мука, вода.

Квасное сусло сбраживают при 25-30 °С в течение 10-14 ч, используя пекарские дрожжи, жидкие пивные или чаще комбинированные закваски из чистых культур квасных дрожжей *Saccharomyces minor* и гетероферментативных молочнокислых бактерий *Lactobacillus brevis* в соотношении 1:1.

В хлебном квасе процессы брожения не закончены, сброжено лишь часть сахаров. При этом спирта и молочной кислоты накапливается немного, образуются также углекислый газ, диацетил, некоторые летучие ароматические вещества, создающие специфические вкус и аромат кваса.

Микробиальное качество кваса нормируется¹. Не допускаются БГКП в 3 см³ кваса в кегах, в разливном – в 1 см³, в полимерных бутылках и фильтрованных пастеризованных – в 10 см³; патогенные, в том числе сальмонеллы, в 25 см³ пива должны отсутствовать. Кроме этих показателей в квасе фильтрованном пастеризованном нормируются КМАФАнМ – не более 10 КОЕ/см³, дрожжи и плесени в сумме – не более 100 КОЕ/см³.

Наличие слизиобразующих бактерий не допускается. Углекислый газ, кислая реакция тормозят развитие в квасе многих микроорганизмов, попавших в него из сырья, воды, воздуха, сахарного сиропа и с оборудования, но не вызывают их гибели; однако некоторые микроорганизмы могут развиваться и вызывать порчу кваса. Например, ослизнение происходит в результате развития бактерий рода *Leuconostoc*, уксуснокислое прокисание вызывают уксуснокислые бактерии – при этом резко повышается кислотность, ухудшается вкус. Качество кваса ухудшается при развитии в нем диких дрожжей рода *Candida*, окисляющих спирт и органические кислоты и сообщающих квасу неприятный вкус. Некоторые кислотообразующие термобактерии вызывают помутнение кваса и придают ему неприятный запах. Квас имеет небольшую стойкость при хранении: 2-3 дня при температуре 10-12 °С. Срок может быть продлен путем пастеризации.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Безалкогольные напитки

Фруктово-ягодные соки. Это несброженные натуральные соки, изготовленные из свежих доброкачественных плодов и ягод. Плоды и ягоды всегда в той или иной степени обсеменены различными микроорганизмами.

При производстве одни технологические операции (очистка и мойка сырья, осветление и фильтрование сока) значительно уменьшают микрофлору перерабатываемого сырья, другие (дробление сырья, прессование его для извлечения сока) – увеличивают численность микрофлоры. Кроме микроорганизмов сырья, в процессе изготовления в сок попадают микроорганизмы извне (из воздуха, с оборудования); при этом большое значение имеет уровень санитарного состояния производства. Количественный и качественный состав микрофлоры готового сока может быть различным. Сок, являясь хорошей питательной средой для многих микроорганизмов, быстро подвергается порче, поэтому его после розлива в тару герметически укупоривают и стерилизуют или пастеризуют.

Готовые стерилизованные соки должны удовлетворять требованиям промышленной стерилизации (табл. 35¹).

Таблица 35 – Требования промышленной стерильности к консервированной соковой продукции после термостатной выдержки

Наименование продукта	Показатели	Допустимые уровни
Соковая продукция из фруктов с pH 4,2 и выше, а также pH 3,8 и выше для соковой продукции из абрикосов, персиков, груш	Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы:	
	<i>B. cereus</i> и <i>B. polymyxa</i> в 1 см ³	не допускаются
	<i>B. subtilis</i> КОЕ/см ³ не более	11
	Мезофильные клостридии:	
	<i>Cl. botulinum</i> и <i>Cl. perfringens</i> в 1 см ³	не допускаются
	прочие КОЕ/см ³ , не более	1
Неспорообразующие микроорганизмы, плесневые грибы, дрожжи в 1 см ³	не допускаются	
Молочнокислые микроорганизмы в 1 см ³	не допускаются	
Спорообразующие термофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы в 1 см ³ (для продукции, хранящейся при температуре выше 20 °С)	не допускаются	

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №882.

Соковая продукция из фруктов с рН ниже 4,2, а также рН ниже 3,8 для соковой продукции из абрикосов, персиков, груш	Неспорообразующие микроорганизмы, плесневые грибы, дрожжи в 1 см ³	не допускаются
	Молочнокислые микроорганизмы в 1 см ³	не допускаются
Соки, морсы, сокосодержащие напитки, консервированные и газированные с использованием углекислоты с рН 3,8 и ниже	КМАФАнМ, КОЕ/см ³ , не более БГКП (колиформы) в 1 см ³	50 1·10 ³ Не допускаются
	Дрожжи, КОЕ/см ³ в 1 см ³	Не допускаются
	Плесени, КОЕ/см ³ , не более	50
Концентрированные соки, морсы и пюре из фруктов	Молочнокислые микроорганизмы в 1 см ³	Не допускаются
	Неспорообразующие микроорганизмы (для продукции в розничной торговле) в 1 см ³	Не допускаются
	Дрожжи, КОЕ/см ³ , в 1 см ³	Не допускаются
	Плесени, КОЕ/см ³ , в 1 см ³	Не допускаются
		Не допускаются

Дальнейшее поведение остаточной микрофлоры сока зависит в первую очередь от температуры хранения. Имеют значение также физико-химические свойства сока, его рН, окислительно-восстановительный потенциал и др. Сок из поврежденных, содержащих большое число микробов плодов и ягод, имеет повышенную остаточную микрофлору и, следовательно, низкую стойкость при хранении. Использование заплесневелого сырья недопустимо, так как сок из него может содержать микотоксины.

Пастеризованные соки даже при температуре 2-10 °С (рекомендуемой для хранения) сохраняются непродолжительное время. Наиболее распространено забраживание соков, которое вызывают дрожжи, чаще *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Debaryomyces*. При этом в соке снижается содержание сахара, образуются этиловый спирт, СО₂, летучие кислоты, альдегиды. Сок становится мутным, иногда вспенивается, появляется осадок, изменяются его вкус и цвет. Из забродившего яблочного сока были выделены (Т. Ендрика и др.) как преобладающие развивающиеся активно бродящие дрожжи *Schizosaccharomyces pombe* и *Saccharomyces cerevisiae*; в меньших количествах – *Candida krusei* и *C. mycoderma*. При развитии диких дрожжей *Saccharomyces pasteurianus* соки приобретают горький вкус. Некоторые дрожжи из шизосахаромицетов снижают кислотность соков, так как разрушают яблочную кислоту до СО₂ и Н₂О. Порчу соков могут вызывать молочнокислые бактерии, преимущественно гетероферментативные, сбраживающие углеводы с образованием молочной, уксусной кислот и СО₂. Некоторые способны преобразовывать яблочную кислоту в молочную и СО₂. При развитии бактерий рода *Leuconostoc* сок приобретает тягучесть, а при активном росте этих бактерий

образуются плотные слизистые комки. Возможно и плесневение соков; чаще его вызывают грибы рода *Penicillium*.

Для увеличения сроков хранения или смягчения режима пастеризации и даже взамен ее рекомендуется обработка соков УФ-лучами, ультразвуком, химическими консервантами (бензойной, сорбиновой кислотами и их солями).

Газированные плодово-ягодные напитки. Микрофлора сырья (питьевой воды, плодово-ягодных соков, сиропов и экстрактов из них, сахара, ароматических эссенций, лимонной кислоты и др.), а также оборудования, тары, воздуха производственных помещений служит источником инфицирования напитков микроорганизмами. К сырью предъявляют определенные требования по микробиологическим показателям. Так, в сахаре должны отсутствовать слизееобразующие бактерии. Плодово-ягодные соки, экстракты не должны содержать более 20-30 клеток микробов в 1 см³; в противном случае их подвергают тепловой обработке или химической консервации (по данным А.Ю. Жвирблянской и О.А. Бакушинской).

Приготовленные напитки разливают в тару, герметически укупоривают стерильными крышками и хранят при температуре от 2 до 12 °С.

При соблюдении технологического режима и поддержании санитарного состояния производства на должном уровне в 1 см³ напитка содержится от единиц до нескольких десятков клеток дрожжей и бактерий. При несоблюдении санитарных требований степень обсеменения микроорганизмами напитка возрастает. Интенсивность развития в напитке исходной микрофлоры в дальнейшем зависит от свойств отдельных ее представителей, температуры хранения, физико-химических свойств напитка.

Повышенное содержание в напитках СО₂, низкое значение рН (от 2,5 до 4,5) предотвращают развитие лишь некоторых микроорганизмов; многие (дрожжи, молочнокислые бактерии, плесени) способны развиваться в этих условиях, снижается только скорость их роста, и то в разной степени.

Микробиологические показатели безалкогольных напитков нормируются.

Качество газированных углекислотой плодово-ягодных напитков оценивается по микробиологическим показателям, указанным в таблице 35.

Виды порчи газированных плодово-ягодных напитков аналогичны видам порчи соков.

Исследования выработанных на разных заводах безалкогольных напитков (И.И. Гусева, Л.М. Фин) с признаками порчи (муть, осадок) показали, что 90% их поражено дрожжами. По встречаемости представители дрожжевой флоры распределялись в следующем порядке: *Saccharomyces cerevisiae*, *S. vini*, *Candida*, *Torulopsis*, *Brettanomyces*,

Pichia. При дрожжевом заброживании в напитках снижается содержание сахара, увеличивается количество летучих кислот, молочной кислоты. Помимо диких дрожжей, вызывают прокисание напитков молочнокислые и реже уксуснокислые бактерии. Для предотвращения быстрой порчи напитки консервируют сорбатом калия. Стойкость напитков в хранении определяется технологией их производства. Так, безалкогольные напитки без консервантов сохраняются при температуре 20 °С 10 сут, с консервантами – 20, пастеризованные – до 30.

Пряности (специи)

При изготовлении многих пищевых продуктов широко применяют разнообразные части пряноароматических растений (корни, стебли, листья, цветы, плоды). Используют их в малых количествах в качестве добавок к пищевым продуктам, однако они могут служить источником их инфицирования микробами.

Сухие пряности обычно обильно обсеменены микроорганизмами. Например, на поверхности 1 г черного перца содержится от нескольких тысяч до нескольких десятков миллионов различных микроорганизмов. Обсемененность молотого перца достигает нескольких миллионов клеток в 1 г. На поверхности лаврового листа содержится от нескольких сотен до десятков тысяч клеток на 1 г продукции.

Видовой состав микрофлоры пряностей представлен аэробными и анаэробными бактериями, многие из которых термостойкие. Помимо сапрофитных видов встречаются условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, в частности энтерококки, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *S. aureus*.

Мойка пряностей позволяет снизить в 2-3 раза их микробиальную обсемененность, но полностью удалить поверхностную микрофлору не удастся. Для снижения численности микроорганизмов на поверхности специй в консервной промышленности их подвергают термической обработке. Перспективно применение йодиола (табл. 36; А.А. Кудряшова), радиационная обработка, УФ-облучение. Значительно уменьшается микрофлора пряностей при обработке их окисью этилена.

Таблица 36 – Результаты обработки йодиолом пряностей

Наименование продукта	Количество микроорганизмов в 1 г		
	0 (контроль)	стандартный раствор йодиола	разведенный 1:10 раствор йодиола
Лавровый лист	$1,0 \cdot 10^4$	8	$3,1 \cdot 10^4$
Горький черный перец	$2,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^3$
Горький красный перец	$7,5 \cdot 10^3$	0	70

Радиационной обработкой дозой 25 кГц при мощности 2-11 Гр/с достигается стерилизация специй. Комбинированная обработка специй йодином и γ -лучами позволяет снизить поглощенную дозу до 10-15 кГц (А.А. Кудряшова).

Пряности гигроскопичны, поэтому в случае хранения при повышенной относительной влажности воздуха (более 75%) на их поверхности микроорганизмы могут развиваться.

В настоящее время применяют экстракты из пряностей, которые практически не содержат микроорганизмов и обладают некоторым консервирующим действием.

Поваренная соль

Разные виды соли (самосадочная, каменная, выварочная) имеют различную по видовому и количественному составу микрофлору. Количество микроорганизмов на 1 г соли варьирует от единиц до нескольких тысяч, а иногда и сотен тысяч клеток.

В бактериальной флоре преобладают спорообразующие виды и представители родов *Flavobacterium*, *Brevibacterium* и *Micrococcus*, среди которых много галофилов и солеустойчивых форм. Встречаются также в небольших количествах псевдомонасы, стафилококки, дрожжи, споры плесеней.

Для всех видов соли характерно присутствие бактерий, образующих на питательных субстратах розовый, красный и другие пигменты. Красные галофилы чаще обнаруживаются в самосадочной соли, но могут встречаться и в каменной. Эти микроорганизмы вызывают порок пищевых продуктов, известный под названием *фуксин*. Одним из возбудителей фуксина является неспорообразующая галофильная бактерия *Serratia salinaria*. Красные галофилы способны развиваться в пищевых продуктах, содержащих 25% соли, при рН среды 6-10 и относительной влажности 75%. При температуре около 0 °С они не развиваются. Инактивация красных галофилов наблюдается при нагревании соли в течение 30 мин при 100 или 150 °С в течение 15 мин.

Хранение соли при низкой влажности воздуха складских помещений способствует снижению численности микрофлоры.

Микробиология кулинарных изделий

На предприятиях пищевой промышленности и общественного питания из различного пищевого сырья изготавливают различные кулинарные изделия.

Качество, состав микрофлоры готовой продукции зависят от качества и микробной обсемененности перерабатываемого сырья и вспомогательных компонентов (входящих в рецептуру блюд), от режима термической обработки, санитарного состояния используемого оборудования, инвентаря, упаковочного материала, а также от условий (продолжительности и температуры) хранения готовых изделий с момента выработки до реализации.

Некоторые подготовительные операции производства кулинарных изделий, например разделка сырья, измельчение, порционирование и особенно панирование (сухарями, жидким тестом и др.) перед обжариванием, способствуют увеличению обсеменности перерабатываемого сырья. В результате термической обработки (варки, жарки, запекания) значительно (на два-три порядка) снижается число микроорганизмов в изделиях. При последующих операциях – охлаждении, фасовании, укладке в тару и упаковывании обсемененность готовых изделий микроорганизмами обычно повышается ввиду инфицирования извне; возможно также и размножение остаточной микрофлоры.

Вторичное инфицирование продуктов, прошедших тепловую обработку, особенно при наличии ручных операций, представляет опасность, так как продукт может быть инфицирован микробами, опасными для здоровья людей. Поэтому необходимо строго соблюдать установленные режимы и санитарно-гигиенические требования (к оборудованию, инвентарю, чистоте рук рабочих при ручной фасовке и др.) на всех стадиях изготовления, хранения и реализации кулинарных изделий.

При промышленном производстве во избежание вторичного инфицирования и лучшего сохранения качества целесообразно (как показывают многие исследования) упаковывать готовые кулинарные изделия в полимерные пленочные материалы непосредственно после охлаждения на предприятии.

Кулинарные рыбные изделия. Изготавливают из свежей, охлажденной или мороженой рыбы, мороженого филе, а фаршевые изделия – из мороженого фарша.

Обсемененность рыбы и состав ее микрофлоры были изложены выше. В охлажденной и мороженой рыбе, используемой для производства охлажденных холодных блюд, содержание бактерий не должно превышать 10^5 в 1 г, БГКП должны отсутствовать в 0,001 г, золотистый стафилококк – в 0,01, патогенные, в том числе сальмонеллы и листерии в 25 г, *V. parahaemolyticus* – не более 100 КОЕ/г для морской рыбы¹.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Рыбный фарш – хороший субстрат для развития многих микробов. Обсемененность его по сравнению с исходным сырьем (свежей или мороженой рыбой) обычно выше и колеблется в пределах от 10^2 до 10^6 клеток на 1 г (техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹ допускается – не более 10^5 клеток). Состав микрофлоры сходен с составом микрофлоры сырья. Преобладают беспоровые психротрофные бактерии, некоторые из которых обладают активной протеолитической и липолитической способностью.

Хранение фарша в охлажденном виде (-2... 2 °С) разрешается всего 24 ч².

Замороженный фарш сохраняется при минус 18 °С от 3 до 6 мес. Обсемененность его составляет 10^2 - 10^4 бактерий в 1 г. В микрофлоре преобладают микрококки. В технологическом процессе производства кулинарных изделий микрофлора перерабатываемого сырья значительно изменяется, что видно из данных таблиц 37 (Е.Н. Дутова) и 38 (С.С. Школьников).

Таблица 37 – Изменение микрофлоры рыбного сырья в зависимости от типа переработки

Наименование продукта	Количество образцов, содержащих бактерии в 1 г, процент от общего количества				
	10^1 - 10^2	10^2 - 10^3	10^3 - 10^4	10^4 - 10^5	10^5 - 10^6
Полуфабрикаты:					
рыба после размораживания	-	5	15	77	3
рыба после разделки и мойки	1	2	58	39	-
рыба после порционирования	-	2	54	41	3
рыба после посола и панирования мукой	-	1	68	25	6
Готовый продукт:					
рыба после термической обработки (жареная)	61	26	3	-	-
рыба жареная после охлаждения	33	49	18	-	-

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

² Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

Таблица 38 – Изменение микрофлоры рыбных палочек в зависимости от типа переработки

Наименование продукта	Количество образцов, содержащих бактерии в 1 г, процент от общего количества				
	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
Рыбные палочки:					
из мороженого филе	0	17	37	43	3
панированные в жидком тесте	0	4	14	59	23
обжаренные	68	32	-	-	-
упакованные	45	42	13	-	-
замороженные	41	41	18	-	-

По данным литературных источников, преобладающее большинство готовых рыбных кулинарных изделий, выработанных в производственных условиях, имеет бактериальную обсемененность 10²-10³ в 1 г. Фаршевые изделия (котлеты, сосиски, колбасы) по сравнению с кусковыми изделиями обсеменены несколько больше. Отдельные образцы (5-10% от общего количества) жареных котлет и сосисок содержат в 1 г до 10⁴ клеток.

В микрофлоре кулинарно подготовленных изделий преобладают (до 70-80%) аэробные споровые бактерии (*Bacillus subtilis*, *B. megaterium*, *B. pumilus*), встречаются и анаэробные бактерии (*Clostridium sporogenes*, *Cl. putrificum*); а также микрококки. Бактерии группы кишечных палочек в 1 г продукта должны отсутствовать. Наличие этих бактерий указывает на нарушение санитарного и технологического режимов их производства. Источником повышенного содержания споровых бактерий в колбасных рыбных изделиях являются крахмал и различные структурообразователи, каррагинан, соевый изолят, а так же специи, вносимые в фарш (по рецептуре).

Из всех исследованных (С.С. Школьникова) видов рыбной кулинарии наиболее обсеменена микроорганизмами была заливная рыба. Из большого количества образцов около 30% содержало 10³ бактерий в 1 г, 35% – 10⁴, остальные – 10⁵ и более клеток. В отдельных образцах была выявлена кишечная палочка. Большая обсемененность заливной рыбы обусловлена тем, что за термической обработкой сырья следуют ручные операции (раскладка рыбы, вареных яиц и овощей), что и приводит к дополнительному инфицированию изделия. При приготовлении заливной рыбы необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические условия производства и правила личной гигиены работников. Инвентарь, тара для упаковки (формочки, банки, лотки и др.) должны быть тщательно санитарно обработаны.

При исследовании многих образцов рыбного студня обнаруживалось от 10^2 до 10^5 бактерий в 1 г. В преобладающем большинстве образцов бактериальная обсемененность исчислялась тысячами клеток в 1 г.

Исследования К.А. Мудрецово-Висс и В.В. Еременко многих образцов фаршевых рыбных изделий, реализуемых розничными предприятиями торговли, выявили значение условий реализации этой продукции. Так, фаршевые изделия, которые в период реализации сохранялись при 0-1 °С, содержали от $2,1 \cdot 10^2$ до $8,0 \cdot 10^3$ бактерий (в зависимости от вида изделия) в 1 г. Фаршевые изделия (те же виды и тот же поставщик-изготовитель), в период реализации которых поддерживалась температура 5 °С и выше, были обсеменены бактериями на порядок выше – $9,5 \cdot 10^3$ - $7,0 \cdot 10^4$ в 1 г.

Такое расхождение в температурных условиях даже при кратковременном хранении, как показали специально проведенные эксперименты, имеет большое значение. Фаршевые изделия из трески и окуня с исходной обсемененностью соответственно $5,6 \cdot 10^2$ и $3,2 \cdot 10^2$ при температуре 5 °С уже через сутки теряли присущий им запах, цвет фарша становился тусклым, а число бактерий увеличилось в 10 раз. Ко 2-3-му дню хранения изделия были признаны испорченными по органолептическим показателям (гнилостный запах, потемнение фарша). При 0 °С лишь на 6-7-е сутки хранения число бактерий в фаршевых изделиях (обоих видов) увеличилось в 10 раз и появились признаки некоторого снижения качества (слабый посторонний запах, потускнение фарша).

Рыбная кулинария относится к особо скоропортящимся продуктам, сроки ее хранения и реализации в торговой сети и на предприятиях общественного питания, даже при низких положительных температурах (4 ± 2) °С, ограничены (табл. 39)¹.

Таблица 39 – Сроки хранения рыбной продукции

Наименование продукта	Срок хранения, ч, при температуре (4 ± 2) °С
Рыба отварная, припущенная, жареная, тушеная, запеченная, фаршированная	36
Блюда из рыбной котлетной массы (котлеты, зразы, шницели, фрикадельки, пельмени), запеченные изделия, пироги	24
Желированные продукты (студни, зельцы, рыба заливная)	24
Салаты из рыбы и морепродуктов баз заправки	12
Многокомпонентные изделия – солянки, плов, закуски	24
Изделия структурированные («Крабовые палочки» и др.)	48
Раки и креветки вареные	12

¹ Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

При нарушении технологии или режимов хранения кулинарные изделия быстро подвергаются порче. Порча рыбных колбас проявляется вздутием батона, которое вызывают газообразующие анаэробные бактерии (*Clostridium sporogenes*, *Cl. welchii*). Возможно скисание колбасы при развитии в ней кислотообразующих бактерий (*Bacillus subtilis* и др.); образование на поверхности темных пятен, обусловлено развитием аэробных спорообразующих бактерий (*Bacillus coagulans*, *B. circulans*).

На основании большого фактического материала, полученного в кулинарных цехах рыбоперерабатывающих предприятий и экспериментальных исследований, разработаны микробиологические нормативы качества некоторых кулинарных изделий из рыбы (табл. 40)¹.

Таблица 40 – Допустимое содержание микроорганизмов в кулинарных рыбных изделиях

Наименование показателя	Допустимые уровни	Наименование продукции
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	1·10 ⁴	Кулинарные изделия с термической обработкой, икорные продукты; салаты многокомпонентные без заправки
	5·10 ⁴	Кулинарные многокомпонентные изделия с термической обработкой, желированные продукты
	2·10 ⁵	Кулинарные изделия без тепловой обработки: рыба соленая рубленая, паштеты, пасты; масло селечное, икорное, крилевое и др.; кулинарные икорные многокомпонентные продукты
БГКП (колиформы), не опускаются в массу продукта, г	1,0	Кулинарные изделия с термической обработкой, фаршевые изделия, пасты, паштеты, запеченные, жареные, отварные, в заливках и др.; салаты из рыбы и морепродуктов без заправки; кулинарные икорные продукты с термообработкой
	0,1	Кулинарные изделия желированные, икорные многокомпонентные продукты без термической обработки
	0,01	Кулинарные многокомпонентные изделия с термической обработкой (в т.ч. замороженные), без тепловой обработки: рыба соленая рубленая, паштеты, пасты
	0,001	Кулинарные изделия без тепловой обработки: масло селечное, икорное, крилевое и др.
<i>S. aureus</i> , не допускаются в массу продукта, г	1,0	Кулинарные изделия с термической обработкой: рыба и фаршевые изделия, пасты, паштеты, запеченные, жареные, отварные, в заливках и др., с мучным компонентом, многокомпонентные изделия, желированные продукты; кулинарные икорные продукты; кулинарные изделия без тепловой обработки: икорные продукты, салаты из рыбы и морепродуктов без заправки

¹ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

		морепродуктов без заправки)
	0,1	Кулинарные изделия без тепловой обработки: рыба соленая рубленая, паштеты, пасты, масло селечное, икорное, крилевое и др., кулинарные икорные многокомпонентные блюда без термической обработки после смешивания
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в массе продукта, г	1,0	Кулинарные изделия с термической обработкой, в т.ч. фаршевые запеченные, жареные, отварные, в заливках и др.; с мучным компонентом; многокомпонентные изделия, упакованные под вакуумом
Плесени и дрожжи, КОЕ/г, не более	100	Кулинарные изделия с термической обработкой: рыба и фаршевые изделия, пасты, паштеты, запеченные, жареные, отварные, в заливках и др.; с мучным компонентом, в т.ч. замороженные
Бактерии рода <i>Proteus</i> , не допускаются в массе продукта, г	0,1	Кулинарные изделия без тепловой обработки из рыбы и морепродуктов, икорные многокомпонентные продукты

Примечание. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы и листерии, не допускаются в 25 г.

Кулинарные мясные изделия. Приготавливают эти изделия из цельного и рубленого (фарша) мяса охлажденного или мороженого. Микрофлора его описана ранее.

Многие мясные блюда, помимо основного сырья, содержат и другие компоненты, что может обусловить увеличение обсемененности изделия.

Согласно действующим нормам¹ мясо, используемое для производства быстрозамороженных первых и вторых блюд, а также кулинарных изделий, должно содержать КМАФАнМ не более $1 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^5$ КОЕ/г, БГКП должны отсутствовать в 0,1-0,001 г, патогенные, в том числе сальмонеллы и листерии, – в 25 г. В охлажденном мясе учитывается отсутствие *Proteus* в 0,1 г для продукции со сроком годности более 7 суток и в 1,0 г – для детского и диетического питания.

Обсемененность микроорганизмами сырых мясных блюд колеблется в широких пределах. В результате тепловой обработки она значительно снижается, что видно из данных таблицы 41 (Е.Л. Моисеева).

Таблица 41 – Изменение количества микроорганизмов в мясных изделиях при термообработке

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Наименование продукции	Количество мезофильных аэробных бактерий в 1 г продукта		Титр бактерии группы кишечной палочки в продукте, г	
	сырого	готового	сыром	готовом
Котлеты	$3,3 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^2$	0,0001	Более 0,1
Фрикадельки	$7,4 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^3$	0,0001	
Фарш для блинчиков	$6,3 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^3$	0,0001	

Степень обсеменения бактериями мясных сырых котлет, приобретенных на различных предприятиях торговли и общественного питания, колебалась от $1,8 \cdot 10^6$ до $9,0 \cdot 10^6$ в 1 г, а титр кишечной палочки – от 0,001 до 0,01 г. Общее количество бактерий в жареных котлетах, приобретенных там же, – от 10^3 до 10^4 клеток на 1 г, а титр кишечной палочки в большинстве образцов – более 0,1 г (К.А. Мудрецова-Висс).

По данным ВНИИКТИхолодпрома (Е.Л. Моисеева и др.), обсемененность большинства (до 90% исследованных в производственных условиях образцов) готовых мясных изделий из рубленого мяса с соусом не превышала 50 000 бактерий в 1 г, а изделий из кусковых полуфабрикатов (без соуса) – 10 000. Титр кишечной палочки всех образцов – не менее 0,1 г.

Исследования широкого ассортимента продукции предприятия общественного питания, проведенные во ВНИИКОП (Т.С. Бушканец и др.), показали, что мясные блюда с крупяными и овощными гарнирами обычно более обсеменены микробами, чем натуральные мясные изделия без гарнира (табл. 42).

Таблица 42 – Обсемененность микроорганизмами мясных блюд с крупяными и овощными гарнирами

Наименование продукта	Обсемененность 1 г продукта	
	полуфабрикаты (сырые)	кулинарно подготовленные
Натуральные мясные блюда (без гарнира)	$10^3 - 10^5$	$10^1 - 10^3$
Мясные блюда с овощными и крупяными гарнирами	$10^5 - 10^7$	$10^3 - 10^4$
Мясные блюда с высококислотными томаторастительными гарнирами	$10^3 - 10^4$	$10^1 - 10^2$

В микрофлоре готовых блюд преобладали спороносные бактерии (*Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, *B. megaterium*), в небольших количествах были обнаружены микрококки. Бактерии группы кишечных палочек, протей и сальмонеллы в 1 г изделий не обнаруживались.

Проведенные в НИИОП (М.А. Бабилашвили и др.) исследования вторых охлажденных блюд нескольких десятков наименований показали, что содержание бактерий в большинстве из них составляло от десятков до нескольких тысяч бактерий в 1 г, при этом обсемененность изделий из рубленого мяса выше, чем натуральных.

В соответствии с действующими санитарными нормами¹ в готовых быстрозамороженных мясных блюдах КМАФАнМ не должно превышать $1 \cdot 10^4$ - $2 \cdot 10^4$ в 1 г, БГКП не допускаются в 0,01 г, золотистый стафилококк – в 0,1 г, патогенные, в том числе сальмонеллы и листерии, – в 25 г. Нормируется содержание бактерий рода *Enterococcus*. Количество их не должно превышать $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г продукта.

Обнаружение в продукте большей численности микроорганизмов свидетельствует о неудовлетворительном технологическом и санитарном режимах производства или о переработке некачественного сырья.

Сроки хранения и реализации мясных кулинарных изделий на предприятиях общественного питания и торговой сети непродолжительны (табл. 43²).

Таблица 43 – Сроки хранения мясных и кулинарных изделий

Наименование продукта	Срок хранения, ч, при температуре (4±2) °С
Мясо отварное (для холодных блюд; крупным куском, нарезанное на порции для первых и вторых блюд)	24
Мясо жареное тушеное (говядина и свинина жареные для холодных блюд; говядина и свинина жареные крупным куском, нарезанные на порции для вторых блюд, мясо шпигованное)	36
Изделия из рубленого мяса жареные (котлеты, бифштексы, биточки, шницели и др.)	24
Блюда из мяса	
Пловы, пельмени, манты, беляши, блинчики, пироги	24
Гамбургеры, чизбургеры, сэндвичи готовые, пицца готовая	24
Желированные продукты из мяса: заливные, зельцы, студни, холодцы	12
Субпродукты мясные отварные (язык, вымя, сердце, почки, мозги), жареные	24
Паштеты из печени и/или мяса	24

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

² Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

Кулинарные изделия из мяса птицы	
Тушки и части тушек птицы копченые, копчено-запеченные и копчено-вареные	72
Блюда готовые из птицы жареные, отварные, тушеные	48
Блюда из рубленого мяса птицы, с соусами и/или с гарниром	12
Пельмени, пироги из мяса птицы	24
Желированные продукты из мяса птицы: зельцы, студни, холодцы, в т.ч. ассорти с мясом убойных животных	12
Паштеты из мяса птицы и субпродуктов	24

Кулинарные изделия из крупы (каши) и овощей. Обсемененность готового изделия в значительной степени зависит от обсемененности сырья и полуфабрикатов на разных стадиях технологического процесса. Известно, например, что при измельчении вареного сырья, панировании формованных котлет, и особенно поливке их льезоном, значительно увеличивается степень обсеменения изделия. При добавлении соусов обсемененность овощных блюд также повышается. Например, картофельные и морковные котлеты без соуса содержали в 1 г тысячи бактерий, а с соусом – десятки тысяч (Г.Л. Носкова и Г.Ю. Пек).

При изготовлении винегретов и салатов обсемененность компонентов повышается при нарезании овощей, в емкостях перемешивания и на линии раздачи.

Салаты из сырых овощей, готовые к употреблению, в соответствии с действующими санитарными нормами¹ подвергаются микробиологическому контролю (табл. 44).

Таблица 44 – Допустимое содержание микроорганизмов в салатах из овощей

Наименование показателя	Допустимые уровни	Наименование продукции
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^3$	Салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей без добавления соленых овощей и заправки
	$1 \cdot 10^4$	Салаты из сырых овощей и фруктов без заправки; салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. без заправки
	$5 \cdot 10^4$	Салаты из сырых овощей и фруктов с заправками (майонез, соусы и др.); салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей с заправками (майонез, соусы и др.);

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

		салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.)
БГКП (колиформы) , не опускаются в массе продукта, г	0,1	Салаты из сырых овощей и фруктов без заправки, с заправками (майонез, соусы и др.); салаты из маринованных, квашенных, соленых овощей; салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей без добавления соленых овощей и заправки, с заправками (майонез, соусы и др.); салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. без заправки, с заправками (майонез, соусы и др.)
	0,01	Салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д. без заправки и без добавления соленых овощей, с заправками (майонез, соусы и др.)
<i>E. coli.</i> , не допускаются в массе продукта, г	1,0	Салаты из сырых овощей и фруктов без заправки, с заправками (майонез, соусы и др.)
	0,1	Салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д. без заправки и без добавления соленых овощей, с заправками (майонез, соусы и др.); салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей с заправками (майонез, соусы и др.); салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. без заправки, с заправками (майонез, соусы и др.)
<i>S. aureus</i> , не допускаются в массе продукта, г	1,0	Салаты из сырых овощей и фруктов без заправки, с заправками (майонез, соусы и др.); салаты из маринованных, квашенных, соленых овощей; салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей без добавления соленых овощей и заправки, с заправками (майонез, соусы и др.)
	0,1	Салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д. без заправки и без добавления соленых овощей, с заправками (майонез, соусы и др.)
<i>Proteus</i> , не допускаются в массе продукта, г	0,1	Салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д.; салаты из маринованных, квашенных, соленых овощей; салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей; салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д.
Дрожжи, КОЕ/г, не более	200	Салаты из сырых овощей и фруктов с заправками (майонез, соусы и др.) с консервантом; салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.) с консервантом; салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей с заправками (майонез, соусы и др.) с консервантом; салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.) с консервантом
	500	Салаты из сырых овощей и фруктов с заправками (майонез, соусы и др.); салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.); салаты и винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей с заправками (майонез, соусы и др.); салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.)
Плесени, КОЕ/г, не более	50	Салаты из сырых овощей и фруктов с заправками (майонез, соусы и др.); салаты из сырых овощей с добавлением яиц, консервированных овощей, плодов и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.); салаты и

	винегреты из вареных овощей и блюда из вареных, жареных, тушеных овощей с заправками (майонез, соусы и др.); салаты с добавлением мяса, птицы, рыбы, копченостей и т.д. с заправками (майонез, соусы и др.)
--	---

Примечание. Патогенные, в том числе сальмонеллы и *L. monocytogenes*, а также бактерии рода *Yersinia* (при наличии эпидситуации в регионе производства), не допускаются в 25 г.

Отварные, тушеные изделия, а также жареные котлеты содержат в основном 10^2 - 10^3 бактерий в 1 г.

Обсемененность 1 г кулинарно подготовленного картофельного пюре составляет, как показали исследования (И.Я. Овруцкая и др.), от $1,4 \cdot 10^4$ до $1,1 \cdot 10^5$ клеток. Источником служит микрофлора сухого картофельного пюре, а также других компонентов (молока, масла), используемых для приготовления пюре. Помимо различных спорообразующих и неспороносных сапрофитных бактерий и спор плесеней были обнаружены условно-патогенные бактерии (*Bacillus cereus* и *Clostridium perfringens*). Обсемененность микроорганизмами кулинарно подготовленного пюре, которое выдерживали без подогрева в комнатных условиях, через 20 мин возрастала вдвое, через 40 мин – в 3-4 раза, а через 3 ч – в 5 раз по сравнению с первоначальной.

Экспериментально было выявлено, что в сухом картофельном пюре споры *Cl. perfringens*, *Cl. botulinum*, *B. cereus* могут сохраняться месяцами, не теряя при этом токсигенных свойств (И.Я. Овруцкая, В.Е. Новицкая и др.).

Срок хранения (ч) изделий из крупы и овощей при температуре от (4 ± 2) °C составляет¹:

- блюда из вареных, тушеных, жареных овощей – 24;
- рис отварной, макаронные изделия отварные, пюре картофельное – 12;
- овощи тушеные – 18;
- картофель отварной, жареный – 18.

К изготовлению и реализации кулинарных изделий, употребляемых в пищу без повторной тепловой обработки, предъявляют строгие санитарные требования.

Микробиологический контроль перерабатываемого сырья на всех этапах технологического процесса, а также готовой продукции, тары, оборудования, инвентаря является важным профилактическим мероприятием, обеспечивающим выпуск доброкачественной и безопасной для здоровья потребителя пищи.

¹ Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03.

Одним из перспективных методов значительного увеличения сроков хранения кулинарных изделий является их замораживание, которое проводят в течение 1-3 ч при температуре от минус 30 до минус 40 °С. Некоторые продукты замораживают в жидком азоте при минус 196 °С. Вследствие быстрого замораживания продукт практически не теряет своих первоначальных качеств.

В процессе замораживания часть микрофлоры продукта отмирает, но какое-то количество микроорганизмов всегда сохраняется жизнеспособными. При этом чем больше микробов было на изделии перед замораживанием, тем обильнее его остаточная микрофлора. Хранение быстрозамороженных продуктов при -18...-20°С исключает развитие в них остаточной микрофлоры; месяцами численность ее сохраняется на исходном уровне или даже несколько снижается.

Проведенные ВНИИКТИхолодпромом исследования большого количества разнообразных мясных быстрозамороженных готовых блюд показали, что в 30-55% изделий содержание бактерий 10^2 - 10^3 в 1 г; в 35-50% изделий – 10^3 - 10^4 . Бактерии группы кишечных палочек не обнаруживались в 0,1 г. Наиболее обсеменены были блюда, приготовленные с использованием фарша и субпродуктов. Обсемененность быстрозамороженных готовых гарниров из овощей и картофеля, а также изделий из круп составляла $1 \cdot 10^2$ - $9 \cdot 10^3$ клеток в 1 г, титр кишечной палочки – более 0,1 г продукта (Е.Л. Моисеева).

В микрофлоре быстрозамороженных кулинарных изделий могут присутствовать патогенные микроорганизмы, которые попадают в продукт после его термической обработки (в период охлаждения, расфасовки, упаковки) и сохраняются при замораживании. Известно, что многие патогенные и токсигенные микроорганизмы (энтерококки, стафилококки, сальмонеллы) холодоустойчивы. Поскольку быстрозамороженные кулинарные изделия употребляют в пищу после кратковременной тепловой обработки, необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические правила на всех этапах технологического процесса изготовления этой продукции.

Установлено (Е.Л. Моисеева), что срок хранения и реализации в торговой сети и на предприятиях общественного питания быстрозамороженных мясных готовых блюд при -5°С не должен превышать 4 сут, а при 0 °С – 2 сут.

Во ВНИИКТИхолодпроме разработана «Инструкция по микробиологическому контролю производства быстрозамороженных готовых мясных блюд»¹, в которой указаны микробиологические нормативы для оценки качества этой продукции, а также для характеристики санитарно-гигиенического состояния производства.

¹ Утверждена Минздравом СССР и Минмясомолпромом СССР. 1981.

Предлагается оценивать воздух производственных помещений как удовлетворительный при наличии в нем следующего количества микроорганизмов, осевших на чашку Петри с питательной средой за 5 мин: бактерии – 50-70, плесеней – до 5, дрожжевых клеток – до 5.

Требования к содержанию микроорганизмов в быстрозамороженных мясных блюдах, предъявляемые техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»¹, представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Допустимое содержание микроорганизмов в быстрозамороженных мясных блюд

Наименование продукта	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются		<i>Enterococcus</i> , КОЕ/г, не более
		БГКП (коли форм ы)	<i>S. aureus</i>	
Мясные блюда, готовые, быстрозамороженные из порционных кусков мяса всех видов убойных животных (без соусов), жареные, отварные	$1 \cdot 10^4$	0,01	0,1	$1 \cdot 10^3$
Мясные блюда, готовые, быстрозамороженные из рубленого мяса с соусами; блинчики с начинкой из мяса или субпродуктов и т.п.	$2 \cdot 10^4$	0,01	0,1	$1 \cdot 10^3$
Готовые быстрозамороженные блюда из мяса птицы жареные, отварные	$1 \cdot 10^4$	0,1	1,0	$1 \cdot 10^4$
Готовые быстрозамороженные блюда из мяса птицы из рубленого мяса с соусами	$2 \cdot 10^4$	0,1	1,0	$1 \cdot 10^4$

Примечание. Патогенные, в том числе сальмонеллы и *L. monocytogenes*, а также бактерии рода *Yersinia* (при наличии эпидситуации в регионе производства), не допускаются в 25 г.

Размораживать изделия следует непосредственно перед использованием, так как оттаявшие продукты могут быстро подвергаться микробной порче.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.

Микробиология консервов

Производство консервов основано на принципе герметизации и термической обработке продукта. Подготовленные продукты закладывают в жестяные и стеклянные банки или тару из других материалов, которые герметически укупоривают (с удалением воздуха) и стерилизуют или пастеризуют.

Основное сырье (мясо, рыба, овощи и др.) и вспомогательные материалы (соль, сахар, пряности и др.), входящие в состав консервов, всегда обсеменены в той или иной степени различными микроорганизмами (см. соответствующие разделы данной главы). Среди них немало бактерий – возбудителей порчи, обладающих термоустойчивыми спорами. Возможно наличие и токсинообразующих микроорганизмов.

При подготовке продуктов к стерилизации некоторые технологические операции – очистка, мойка, бланширование и особенно обжаривание – снижают обсемененность продукта микробами; другие же – расфасовка, панировка, укладка в тару – увеличивают ее.

Термоустойчивость различных микроорганизмов и их спор колеблется в широких пределах. Режимы термической обработки консервов (температуру и продолжительность) устанавливают в первую очередь с учетом термоустойчивости микроорганизмов, опасных для здоровья людей, и основных возбудителей порчи каждого вида консервов.

Надежность режима стерилизации зависит не только от видового состава микрофлоры консервируемого продукта, но и от других факторов, влияющих на выживаемость микроорганизмов в процессе нагревания. Так, имеют значение и химический состав продукта, его рН. В кислой среде стерилизация достигается быстрее. Например, длительность стерилизации при 110 °С субстрата с рН 6,0 составляет 190 мин, с рН 5,3 – 160, с рН 5,0 – 40 мин. Кислая реакция ускоряет тепловую денатурацию белков и вызывает снижение термоустойчивости бактерий. При повышенном содержании жира в продукте термоустойчивость бактерий повышается, поэтому эффективность стерилизации снижается. Считается, что жир, обволакивая клетку, препятствует увлажнению ее оболочки. Тепло через неувлажненную оболочку проникает в клетку медленнее. По данным Л. Кочергиной, после 10-минутной варки мяса без жира сохраняется около 1% первоначально содержащихся в нем микроорганизмов, в мясе с содержанием жира до 5% – около 6, а с 15% – более 9%.

Для уничтожения спор сенной палочки в бульоне достаточно нагревать его в течение 20 мин при 106 °С, а в масле они погибают через 60 мин при 150 °С (Ф.Е. Будагян).

Поваренная соль и сахар также повышают термоустойчивость микробов во время стерилизации, что связано с обезвоживанием клеток.

Эффективность стерилизации зависит и от степени исходной обсемененности продукта микроорганизмами. Чем она выше, тем больше микроорганизмов сохраняется при стерилизации и, следовательно, снижается стойкость консервов при хранении.

В промышленности для каждого вида консервов устанавливают определенный режим стерилизации. Консервы с высокой кислотностью, имеющие рН более 4,2-4,4 (мясные, рыбные, многие овощные), которые могут подвергаться порче под воздействием спорообразующих термоустойчивых бактерий и в которых способны развиваться в период хранения возбудители пищевых отравлений, стерилизуют при температуре от 112 до 120 °С (иногда 125-130 °С) от 20 до 50 мин (в зависимости от вида продукта).

Консервы с высокой кислотностью, имеющие рН ниже 4,0-4,2 (некоторые овощные, плодово-ягодные), пастеризуют при температуре 75-100 °С, что обеспечивает гибель основных возбудителей порчи этих продуктов – бесспорных бактерий, дрожжей, плесеней.

После тепловой обработки консервы быстро охлаждают.

В промышленности добиваются абсолютной стерильности только консервов особого назначения, для большинства же консервов требуется *промышленная стерильность*, обеспечивающая гибель микроорганизмов, потенциально опасных для здоровья, и микроорганизмов, способных развиваться в данном продукте при установленной для него температуре хранения и вызывать его порчу. В промышленно стерильных консервах не допускается посторонний запах. При микроскопировании мазков из продуктов допустимо присутствие лишь единичных клеток микроорганизмов (Н.Н. Мазохина-Поршнякова).

При промышленной стерилизации в консервах могут сохраняться единичные жизнеспособные микроорганизмы, преимущественно споровые бактерии. Видовой состав этой остаточной микрофлоры консервов, а следовательно, и возможный характер порчи зависят от вида стерилизуемого продукта и режима стерилизации.

В остаточной микрофлоре многих видов консервов обнаруживаются кислото- и газообразующие мезофильные анаэробные и факультативно-анаэробные бактерии рода *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. pumilis*, *B. megaterium*, *B. cereus*), кислотообразующие термофильные спороносные аэробы – *Bacillus stearothermophilus*, *B. aerothermophilus*, мезофильные гнилостные анаэробные бактерии *Clostridium sporogenes*, *Cl. putrificum*, а также маслянокислые бактерии.

Bacillus cereus, обнаруженная в остаточной микрофлоре, представляет потенциальную опасность. В случае обильного размножения этих бактерий продукт может послужить причиной отравления. В 1 г консервируемого продукта (до стерилизации) допускается не более 100 клеток *B. cereus*.

В остаточной микрофлоре консервов с высокой кислотностью, подвергающихся тепловой обработке при невысоких температурах, могут сохраняться некоторые бесспорные бактерии (молочнокислые, кокковые формы), споры плесеней.

Особенно большую опасность представляет *Clostridium botulinum* – возбудитель тяжелого отравления, который может попадать в продукт и сохраняться при стерилизации. При его развитии может не быть внешних признаков порчи консервов, но токсин содержится в продукте. Строгое соблюдение правил и требований нормативно-технической документации по санитарии и технологии производства консервов должно обеспечить безопасность консервов в отношении ботулизма и других отравлений.

Остаточная микрофлора нормируется для каждого вида консервов. Возможность ее развития в консервах при установленных режимах обусловлена многими факторами. Анаэробные условия в банках неблагоприятны для аэробов. Умеренная температура хранения (обычно от 0 до 15 °С) препятствует развитию термофилов, некоторые из них даже частично отмирают. Низкое значение pH некоторых видов консервов задерживает развитие многих бактерий. Кроме того, микроорганизмы и их споры, сохранившиеся при стерилизации, могут быть настолько ослаблены, что в течение длительного времени будут находиться в неактивном состоянии, поэтому нестерильные консервы могут и не подвергаться порче.

Порча консервов чаще всего связана с недостаточной степенью их стерилизации или нарушением герметичности и может быть химической и физической природы.

Наиболее распространенными видами микробной порчи консервов являются бомбаж¹ и плоско-кислая порча.

Бомбаж и хлопуньи возникают вследствие развития оставшихся после стерилизации бактерий, образующих в процессе метаболизма газы (CO₂, H₂, H₂S, NH₃). В банках постепенно повышается давление, и их доньшки вспучиваются; в банке могут даже образовываться свищи.

Возбудителем бомбажа консервов с низкой и средней кислотностью (pH более 4,2-4,4) чаще всего является облигатно-анаэробная сахаролитическая, термофильная спорообразующая бактерия *Clostridium thermosaccharolyticum*. Вызывают бомбаж мезофильные анаэробные спороносные гнилостные бактерии – *Clostridium sporogenes*, *Cl. putrificum*, *Cl. perfringens*, а также (реже) маслянокислые бактерии. Помимо газов, многие из этих бактерий образуют кислоты, летучие органические соединения. Содержимое банок пенится, появляется гнилостный или кисло-сырный запах.

¹ Бомбаж, вызываемый микроорганизмами, нередко называют биологическим в отличие от химического бомбажа, возникающего в результате взаимодействия продукта и металла тары; выделяющийся при этом водород вызывает ее вспучивание.

Бомбаж некоторых овощных и фруктовых консервов, помимо указанных бактерий, вызывают кислотоустойчивые мезофильные бактерии *Bacillus polymyxa* и *B. macerans*. Продукт приобретает кислый запах, нередко ослизняется. Обе эти бактерии обладают пектолитической и амилолитической активностью, образуют значительное количество CO_2 и H_2 , этиловый спирт, кислоты.

Возбудителями порчи (бомбажа, скисания) томатопродуктов и плодово-ягодных консервов (с повышенной кислотностью) нередко являются гетероферментативные молочнокислые бактерии, а иногда и дрожжи. Продукт пенится, ослизняется.

Плоско-кислая порча – это закисание продукта без внешних изменений тары; порчу можно обнаружить лишь после вскрытия консервов. Консервы всех видов могут быть поражены такой порчей, но чаще овощные и мясо-растительные. Прокисший продукт нередко разжижается. Возбудителями этой порчи обычно являются кислотообразующие (преимущественно молочную и уксусную), термофильные, аэробные бактерии *Bacillus aerothermophilus* и *B. stearothermophilus*. Эти бактерии имеют высокий температурный оптимум (55-65 °С), температурные границы их роста от 40 до 82 °С. Споры выдерживают длительное нагревание до 120 °С. Плоско-кислую порчу консервов вызывает также факультативно-анаэробная, кислото- и термоустойчивая бактерия *Bacillus coagulans*. Температурный оптимум ее 25-37 °С, но она хорошо растет и при 20-55 °С.

Пастеризованные консервы, особенно укупоренные без удаления воздуха (повидло, джем, варенье, компоты, соки), могут поражаться плесенями, осмофильными дрожжами, молочнокислыми бактериями. Продукт приобретает затхлый привкус, в нем накапливаются спирт, кислоты, углекислый газ.

При нарушении герметичности банок микробиальная порча консервов может иметь различный характер также в результате вторичного инфицирования извне пастеризованного продукта.

Консервы в нашей стране вырабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ и технических условий.

В соответствии с требованиями нормативной документации для обеспечения выработки доброкачественных, микробиологически стабильных (длительно не подвергающихся микробной порче) консервов на заводах должны быть приняты меры, предотвращающие инфицирование перерабатываемых продуктов микробами извне и не допускающие их размножения. Необходимо проводить микробиологический контроль подготовленных к стерилизации продуктов, причем особенно тщательно проверяют консервы с рН более 4,2-4,4, в которых возможно развитие возбудителей отравлений. Определяют общую бактериальную обсемененность (КМАФАнМ), наличие спор

мезофильных и термофильных облигатно-анаэробных бактерий (кlostридий) и спор мезофильных и термофильных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий (бацилл).

Допустимая обсемененность консервов перед их стерилизацией нормируется. Общее число бактерий в 1 г (1 см³) не должно превышать 10 тыс.–50 тыс. (в зависимости от вида продукта), а в консервах для детского питания – 200. Кlostридии должны отсутствовать в 0,5 см³ пробы содержимого банки. Мезофильных бацилл допускается не более 100-300 на 1 г (Н.Н. Мазохина-Поршнякова, Л.П. Найденова).

Для установления микробиологической стабильности консервов многие виды их выборочно (часть банок от партии) термостатируют, т.е. выдерживают на складе или в термостатных камерах до 15 сут при температуре 20, 37 °С, а иногда и до 55 °С (в зависимости от продукта), благоприятной для активации мезофильной и термофильной остаточной микрофлоры. Сохранение нормального внешнего вида тары после термостатирования является одним из показателей микробиологической стабильности консервов. Дефектных банок с признаками микробальной порчи (бомбаж, хлопуща) допускается не более 0,2% всей партии. Содержимое дефектных банок анализируют для установления природы дефекта. Поскольку микробная порча может не проявляться видимыми изменениями тары, в отдельных случаях (предусмотренных соответствующей документацией) проводят (выборочно) микробиологический контроль содержимого банок без видимых изменений – устанавливают наличие микрофлоры и ее состав. Результаты термостатирования и микробиологического контроля консервов служат основанием для решения вопроса об их доброкачественности, возможности и условиях хранения (Н.Н. Мазохина-Поршнякова).

Обычный (в автоклавах) метод стерилизации консервов основан на сравнительно длительном нагревании для уничтожения микроорганизмов, в результате снижается качество продукта (внешний вид, консистенция, вкус и др.).

В промышленности применяют особый технологический процесс изготовления консервов из жидких и пюреобразных продуктов – высокотемпературную кратковременную стерилизацию – так называемое *асептическое консервирование*. Продукт нагревают в непрерывном потоке в тонком слое при температуре 130-146 °С в течение 1-5 мин. Пастеризованный и охлажденный продукт разливают асептически, не допуская инфицирования микробами извне, в заранее пастеризованную тару, которую затем герметизируют в стерильных условиях. Весь процесс выполняется автоматически в замкнутой системе аппаратов. В связи со значительным сокращением времени нагревания качество продукта улучшается, а количество перерабатываемого сырья увеличивается.

Гигиена пищевых продуктов

Санитарные требования к транспортировке пищевых продуктов

Качество пищевых продуктов во многом зависит от соблюдения санитарных правил при их перевозке, исключающих загрязнение и вредное воздействие внешней среды.

Основное санитарное правило – перевозка пищевых продуктов должна производиться в специально предназначенных для этого транспортных средствах. Организации и предприятия, имеющие этот транспорт, обязаны содержать его в чистоте, своевременно производить мойку и дезинфекцию.

Транспортные средства могут быть узко специализированными для перевозки определенных продуктов (молока, хлеба и др.) или предназначенными для перевозки продуктов разных наименований, что должно быть отражено в их маркировке («Хлеб», «Продукты» и т.д.). Неспециализированные транспортные средства разрешается использовать только для перевозки затаренных продуктов или овощей.

При транспортировании одновременно различной пищевой продукции, либо пищевой продукции и иных грузов, необходимо обеспечить условия, исключающие их соприкосновение, загрязнение и изменение органолептических свойств пищевой продукции.

Транспортные средства, используемые для перевозки пищевых продуктов, должны иметь санитарный паспорт, выданный в установленном порядке, быть чистыми, в исправном состоянии. Внутренняя поверхность кузова машины должна иметь гигиеническое нетоксичное покрытие, легко поддающееся мойке и дезинфекции, например, из оцинкованного железа или алюминия.

Конструкция грузовых отделений транспортных средств и контейнеров должна обеспечивать проведение очистки, мойки, дезинфекции и защиту пищевой продукции от загрязнения, проникновения животных, в том числе грызунов, и насекомых.

Перевозку скоропортящихся и особо скоропортящихся продуктов осуществляют в специализированном транспорте, оборудованном охлаждаемыми или изотермическими кузовами. При этом полуфабрикаты и кулинарные изделия помещают в специальную тару с плотно пригнанными крышками.

При транспортировании пищевых продуктов необходимо строго соблюдать правила их последовательной укладки, исключающие контакт сырой и готовой продукции, загрязнения продуктов при погрузке и выгрузке. Температурные условия перевозки продовольственных товаров должны соответствовать требованиям нормативной и технической документации на перевозимую продукцию.

Хлеб и хлебобулочные изделия следует перевозить в лотках, в специальных закрытых автомашинах или фургонах, оборудованных полками. Перевозить хлеб навалом запрещено.

Кулинарные и кондитерские изделия перевозятся в специально предназначенном для этих целей транспорте в промаркированной и чистой таре.

Кремовые кондитерские изделия должны быть уложены в контейнеры или лотки с крышками, торты должны поставляться в стандартной таре изготовителя. Транспортирование кремовых кондитерских изделий на открытых листах или лотках не допускается.

Сыпучие продукты (сахар-песок, крупы) транспортируют в мешках; соленья, сельдь – бочках, ведрах и т.д.

Молоко и молочные продукты в расфасованном виде перевозят транспортными средствами с изотермическим кузовом фургона.

Молоко нефасованное перевозят транспортными средствами с кузовом «молочная цистерна» с изотермическими стенками.

Сметану перевозят во флягах, пакетах Tetra Pak, стеклянных банках, пластиковых баночках или коробочках с укладкой в ящики; охлажденные творог, сырки творожные, творожную массу и кисломолочные продукты – в жесткой таре и ящиках; замороженный творог – в ящиках.

Овощи и фрукты перевозят в коробах, ящиках, сетках, мешках.

Колбасы, копчености, сыр должны перевозиться только в закрытых машинах.

Живую рыбу перевозят в автомобилях-цистернах с термоизоляцией, имеющих устройство для охлаждения воды, а также оборудование для насыщения воды воздухом. Температура воды в цистерне должна быть не выше 10 °С.

Нерасфасованную икру рыб перевозят в бочках, а расфасованную в металлические или стеклянные банки – в ящиках.

Мясо и мясопродукты перевозят в замороженном, подмороженном или охлажденном состоянии. Замороженные мясные блоки должны быть завернуты в пергамент, целлофан или другие полимерные пленки, упакованы в ящики из гофрированного картона или специализированные изотермические картонные контейнеры.

Транспортные средства, используемые для перевозки пищевых продуктов и продовольственного сырья, подвергают мойке с применением моющих и дезинфицирующих средств, разрешенных к применению в установленном порядке, с периодичностью, необходимой для того, чтобы грузовые отделения не могли являться

источником загрязнения продукции. Вода, используемая для мойки внутренних поверхностей, должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

Шофер-экспедитор (экспедитор), шофер-грузчик должны иметь при себе личную медицинскую книжку установленного образца, работать в спецодежде, строго соблюдать правила личной гигиены, обеспечивать сохранность, качество, безопасность и правила транспортирования и разгрузки пищевых продуктов.

Санитарные требования к приемке и хранению пищевых продуктов

Пищевые продукты, в том числе скоропортящиеся и импортные, поступающие в продовольственные магазины, должны соответствовать требованиям действующей нормативной и технической документации (ГОСТу, техническому регламенту Таможенного союза, ТУ, СанПиНу и т.д.) и иметь документы, подтверждающие их происхождение, качество и безопасность для здоровья человека (сертификат соответствия или декларацию о соответствии, ветеринарные сопроводительные документы).

В настоящее время в соответствии с требованиями к информации о товаре на упаковке продукции должна содержаться информация о температурном режиме и сроке ее хранения, которые необходимо соблюдать и в магазинах при организации хранения и реализации товаров. Для скоропортящихся и особо скоропортящихся товаров эти данные указываются в сопроводительных документах, на листах-вкладышах.

Пищевые продукты принимают в чистой, сухой, без постороннего запаха и нарушений целостности тары и упаковке. Перетаривание пищевых продуктов из тары поставщика в более мелкую тару не допускается.

Этикетки (ярлыки) на таре поставщика должны сохраняться до окончания сроков годности (хранения) пищевых продуктов.

Количество принимаемых продуктов определяют объемом работающего холодильного оборудования (для скоропортящихся продуктов, замороженных и особо скоропортящихся) или размерами складского помещения, достаточными для обеспечения соответствующих условий хранения в течение всего срока годности данного продукта.

К скоропортящимся относятся продукты переработки мяса, птицы, яиц, молока, рыбы и нерыбных объектов промысла; мучные кремово-кондитерские изделия с массовой долей влаги более 13 %; майонезы, маргарины; быстрозамороженные готовые блюда и полуфабрикаты; все виды пресервов; термизированные кисломолочные продукты, стерилизованные молочные продукты и др. Хранение и реализацию скоропортящихся продуктов, за исключением продукции, требующей более жестких режимов хранения, осуществляют при температуре не выше 6 °С.

К особо скоропортящиеся относятся продукты, которые не подлежат хранению без холода и предназначены для краткосрочной реализации: охлажденные полуфабрикаты, все продукты и блюда общественного питания; свежееотжатые соки; кремово-кондитерские изделия, изготовленные с применением ручных операций; скоропортящиеся продукты во вскрытых в процессе реализации упаковках и др. Для этих продуктов установлены непродолжительные сроки хранения (от 12 ч до нескольких суток) при температуре не выше (4 ± 2) °С¹.

При отсутствии или неисправности холодильного оборудования в магазинах и других организациях торговли прием и хранение особо скоропортящихся продуктов запрещены.

Во всех складских помещениях должен поддерживаться постоянный температурно-влажностный режим во избежание конденсации влаги, способствующей размножению нежелательной микрофлоры.

При хранении пищевых продуктов необходимо соблюдать правила товарного соседства, нормы складирования. Продукты, имеющие специфический запах (сельди, специи и т.п.), должны храниться отдельно от продуктов, воспринимающих запахи.

Запрещается совместное хранение сырых продуктов и полуфабрикатов вместе с готовыми пищевыми продуктами, испорченных или подозрительных по качеству пищевых продуктов вместе с доброкачественными, сильно пахнущих, рядом с продуктами, легко воспринимающими посторонние запахи, а также хранение в складских помещениях для пищевых продуктов тары, тележек, хозяйственных материалов и непищевых товаров.

Все пищевые продукты в складских помещениях, охлаждаемых камерах, подсобных помещениях и т.п. необходимо хранить на высоте не менее 15 см от пола на стеллажах, поддонах или подтоварниках, изготовленных из материалов, легко поддающихся мойке и дезинфекции.

Не разрешается складирование пищевых продуктов вблизи водопроводных и канализационных труб, приборов отопления, вне складских помещений, а также складирование незатаренной продукции непосредственно на полу, навалом.

Охлажденное мясо (туши и полутуши) хранят в подвешенном состоянии на крючьях так, чтобы туши не соприкасались между собой, со стенами и полом помещения.

Мороженое мясо может храниться на стеллажах или подтоварниках.

¹ Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.

Мясные полуфабрикаты, субпродукты, птица и рыба мороженая и охлажденная должны храниться в таре поставщика. При укладке в штабеля для лучшей циркуляции воздуха между ящиками необходимо прокладывать деревянные рейки.

Охлажденную рыбу необходимо хранить при температуре не выше 2 °С. Живую рыбу хранят в аквариуме с чистой водой и аэрацией в теплое время года – не более 24 ч, в холодное – не более 48 ч при температуре воды не выше 10 °С.

Хлеб и хлебобулочные изделия хранят в чистых, сухих, хорошо проветриваемых помещениях. Не допускается хранение навалом, вплотную со стенами помещений, без подтоварников. Расстояние от нижней полки стеллажа до пола должно быть не менее 35 см.

В случае обнаружения в процессе хранения признаков заболевания хлеба и хлебобулочных изделий картофельной болезнью, изделия изымают из торгового зала и складских помещений, полки промывают теплой водой с моющими средствами и протирают 3 %-ным раствором уксусной кислоты.

Хранение сыпучих продуктов (круп, муки) производят в сухих чистых хорошо проветриваемых помещениях, не зараженных амбарными вредителями, с относительной влажностью воздуха не более 75%. Хранят их в мешках штабелями на стеллажах, на расстоянии 50 см от стен, с разрывом между штабелями не менее 75 см. Для предупреждения самосогревания мешки необходимо периодически перекладывать.

При приемке кондитерских изделий с кремом не допускается их перекладывание из лотков поставщика, а также реализация их в неупакованном виде по методу самообслуживания. Прием тортов, не упакованных поштучно в потребительскую тару, а также пирожных, не упакованных в лотки с плотно прилегающими крышками не допускается.

Колбасы и копчености хранят в подвешенном виде на крючьях. Сыры размещают на чистых деревянных полках, перекладывая листами из фанеры. Мелкие сыры хранят в таре. При этом важно, чтобы головки сыра не соприкасались между собой. Образующиеся на корке плесень и слизь удаляют чистой салфеткой, смоченной раствором поваренной соли.

Молоко хранят в таре, в которой оно прибыло в организации торговли. Молоко с повышенной кислотностью (самоквас) следует возвращать молочному предприятию для промпереработки.

Масло сливочное хранят в таре или брусками, завернутыми в пергамент. Яйца хранят в таре или выкладывают на лотки. Масло сливочное, маргарин и яйца не

разрешается размещать рядом с остропахнувшими продуктами, так как они впитывают запахи.

Сахар и соль гигроскопичны и впитывают запахи, поэтому их нельзя хранить рядом с влажными и остропахнувшими продуктами.

Картофель и овощи необходимо хранить в сухом темном подвале или в кладовой. Хранение овощей на полу запрещено. В целях профилактики иерсиниоза и псевдотуберкулеза овощи в процессе хранения периодически проверяют и подвергают переборке и очистке.

Консервы в стеклянной таре должны находиться в ящиках с мягкими прокладками.

Тара и упаковочные материалы, защищающие пищевые продукты от воздействия вредных факторов внешней среды, влияющих на их качество, не должны выделять токсических веществ и изменять состав и органолептические свойства продуктов.

Деревянные ящики и бочки, в которых хранят продукты питания, впитывают жидкость и легко подвергается воздействию плесеней и слизиобразующих бактерий. Поэтому эти виды тары применяют ограничено. В настоящее время наибольшее распространение получила металлическая тара и из полимерных материалов.

Металлическую тару (фляги, консервные банки и т.д.) изготавливают из материалов, разрешенных к применению в установленном порядке.

Полимерные материалы стареют под влиянием солнечного света, кислорода воздуха, повышенных температур: становятся тусклыми, хрупкими, выделяют токсичные мономеры, мигрирующие в пищевые продукты. Поэтому полимерные изделия должны использоваться строго по назначению, обозначенному на клейме («Для холодных пищевых продуктов», «От 0 до 60 °С» и т.д.) и до появления признаков старения.

Полиэтилен химически стоек, выдерживает температуру от минус 15 до 110 °С, используется для производства пленок, мешков, бутылок, ящиков, бочек и т.д.

Полистиролы твердые, влагостойкие, не впитывают жир. Их недостаток – нестойки к ударам и температуре выше 80 °С. Из полистирола изготавливают тару для молочных, мясных продуктов, майонезов.

Поливинилхлорид используют для изготовления бутылей, флаконов, термоусадочных и стрейч пленок и др. Недостаток поливинилхлорида – выделение мономеров, загрязняющих продукты. Допустимое количество миграции хлористого винила из пленок и изделий из этого полимера в пищевые продукты составляет не более 0,01 мг/л¹.

Из упаковочных материалов наиболее гигиеничны следующие.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 г. №769.

Пергаментная бумага не пропускает жир и воду и применяется для упаковки жиросодержащих продуктов.

Целлофан – разновидность целлюлозной пленки, непроницаем для жира и воздуха. Его используют для упаковки замороженных продуктов, макаронных и кондитерских изделий.

Алюминиевая пищевая фольга предназначена для упаковки кондитерских изделий, пряностей и специй, продуктов детского питания, и т.д. В соответствии с установленными нормами¹ пищевая фольга должна выделять в контактирующие с ней пищевые продукты не более 0,5 мг/л алюминия, 0,3 мг/л железа, 1 мг/л меди и цинка, 0,1 мг/л марганца, титана и ванадия.

Из *комбинированных материалов* – полимерные пленки в сочетании с бумагой, фольгой, картоном – получают гигиенические упаковки для отдельных видов продуктов. Бумагу, покрытую смесью полиэтиленового воска и парафина, используют для упаковки сливочного масла, молока, для изготовления стаканчиков одноразового пользования; многослойные пленки типа полиэтилен-целлофан, лавсан-полиэтилен и др. – для яичного порошка, сухофруктов, чая, кофе, пищевых концентратов и т.д.

Упаковочные материалы размещают в специальных помещениях на стеллажах. Хранение их на полу не разрешается – во избежание загрязнения.

Освободившуюся тару хранят в кладовых.

Санитарные требования к реализации продовольственных товаров покупателю

Пищевые продукты, реализуемые в магазинах и других организациях торговли, должны соответствовать требованиям, установленным нормативной и технической документацией, а также гигиеническим требованиям к пищевой ценности и безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья.

При подготовке продовольственных товаров к продаже и отпуске их покупателям необходимо соблюдать три основных санитарных правила:

- к продаже должны допускаться только доброкачественные продукты до истечения срока их реализации;
- продукты сырые и готовые к употреблению должны продаваться отдельно;
- реализация продуктов должна осуществляться в условиях, обеспечивающих их сохранность, качество, безопасность и исключаящих их загрязнение посторонней микрофлорой и токсикантами.

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 г. №769.

Запрещается реализация продукции:

- без наличия сертификата соответствия или декларации о соответствии, сопроводительных документов, подтверждающих их происхождение, качество и безопасность;
- с нарушенной целостью упаковки и в загрязненной таре, без этикеток (или листов-вкладышей);
- при отсутствии необходимых условий для соблюдения температурных и влажностных условий хранения;
- дефростированной и повторно замороженной;
- домашнего приготовления;
- с истекшими сроками годности.

Подготовка к продаже и реализация пищевых продуктов к продаже не должна производиться вспомогательным персоналом (уборщицами, подсобными рабочими и т.д.) и покупателями.

Наиболее гигиеничная форма отпуска продовольственных товаров – продажа фасованных продуктов в полимерных прозрачных пленках, подложках, банках и т.д. При отпуске покупателям нерасфасованных пищевых продуктов продавец обязан пользоваться специальным инвентарем – лопатками, совками, ложками, разделочными досками и ножами и другим отдельным для каждого вида продуктов инвентарем с соответствующей четкой маркировкой.

Подготовку, взвешивание и упаковку сырых и готовых к употреблению пищевых продуктов следует производить отдельно. Продажу сырых продуктов (мяса, птицы, рыбы, морепродуктов, яиц, овощей и др.) и полуфабрикатов из них необходимо производить в специальных отделах, отдельно от реализации готовых к употреблению продуктов.

Взвешивать и отпускать пищевые продукты следует в чистой упаковке (пакетах, пленке, контейнерах и т.д.). Взвешивание неупакованных пищевых продуктов непосредственно на весах без упаковочных материалов не допускается. Запрещается отпускать пищевые продукты без упаковки и в грязную тару покупателей.

Категорически запрещается продавцам смачивать слюной пальцы рук при отделении пакетов из пачки, производить пробу молока и других продуктов из производственного инвентаря.

Продукты, случайно упавшие на пол или загрязненные иным путем, считаются санитарным браком. Дальнейшее использование санитарного брака, его утилизация

подтверждается соответствующими документами и проводится в соответствии с действующим законодательством.

Запрещается одновременная продажа нерасфасованных продуктов и прием оплаты одним продавцом.

При отпуске жидких продуктов (молоко, сметана, растительное масло) не разрешается держать посуду покупателя над открытым бидоном, а также сливать продукты из посуды покупателя в общую емкость. Ложки, лопатки нельзя оставлять в таре с молоком, творогом или сметаной. Их следует держать в специальной посуде и ежедневно промывать. Весь инвентарь должен использоваться строго по назначению.

Запрещается реализация творога, изготовленного из непастеризованного молока, молока и сливок с повышенной кислотностью (самоквас);

Мясо должно иметь ветеринарное клеймо, запрещается реализация условно годного мяса и мясопродуктов. Перед продажей мясо зачищают от загрязненных участков, срезают клейма. Разрубленные куски помещают на металлические лотки.

Запрещается реализация непотрошеной птицы, за исключением дичи.

Яйца предварительно отсортировывают и просматривают в овоскопе. Яйца из хозяйств, неблагополучных по сальмонеллезам, а также с загрязненной скорлупой, с пороками (красюк, туман, кровавое кольцо, большое пятно, миражные), с насечкой, «тек», «бой», а также утиные и гусиные яйца запрещены к реализации.

Не разрешается продажа яиц в гастрономических и молочных отделах вместе с другими продуктами.

С колбасных изделий и копченостей удаляют шпагат, срезают концы оболочки и заветренные срезы.

Скоропортящиеся пищевые продукты, масса (объем) и потребительская тара которых не позволяет осуществить их реализацию одновременно (мясные изделия в парогазопроницаемых оболочках, вакуумной упаковке, массой более 1 кг, салаты и готовые охлажденные многокомпонентные блюда в таре от 1 до 3 кг), допускается реализовывать вразвес в отделах.

Реализация продуктов из вскрытых потребительских упаковок осуществляется в течение одного рабочего дня, но не более 12 ч с момента вскрытия упаковки при соблюдении условий хранения (температура, влажность).

Торты и пирожные поступают в продажу в таре поставщика; открытая выкладка и отбор их покупателями запрещается. Запрещается нарезка тортов и продажа их частями.

Фрукты и овощи реализуются в специализированных отделах и секциях. Предварительно их перебирают, удаляют бракованные (загнившие, с нарушением целостности

кожуры) экземпляры. Отпуск квашеной, соленой, маринованной и др. переработанной плодоовощной продукции, не упакованной в герметичную тару, необходимо производить отдельно от реализации сырых овощей и фруктов с использованием специального инвентаря (ложки, вилки, щипцы).

В период массового поступления картофеля и свежей плодоовощной продукции допускается продажа овощей и фруктов с лотков, тележек и др., а также на открытых овощных базарах. Однако реализация их навалом, с земли не должна осуществляться. Продажа бахчевых культур частями и с надрезами не допускается.

Запрещается продажа консервов с дефектами (бомбаж, хлопуши, подтеки, пробойны и сквозные трещины, деформированных), с признаками микробиологической порчи (плесневение, брожение, ослизнение) и др.

В специализированных организациях торговли рекомендуется осуществлять мытье корнеплодов и их фасовку (после просушивания) в сетки и пакеты.

Автоматы для реализации напитков в розлив обеспечивают одноразовыми стаканами.

Горячие готовые изделия (пирожки, беляши, чебуреки, котлеты и др.) необходимо отпускать из изотермических или подогреваемых емкостей, тележек.

Продовольственное сырье и пищевые продукты, признанные не соответствующими требованиям нормативной и технической документации, представляющие опасность для здоровья населения, снимают с реализации. Решение о возможности их дальнейшего использования или уничтожения принимается в соответствии действующим законодательством.

Список литературы

1. Вербина Н.М., Каптерева Ю.В. Микробиология пищевых производств. М.: ВО «Агропромиздат», 1988.
2. Воробьев А.В., Быков А.С. и др. Микробиология. М.: Медицина 2003.
3. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1324-03, 2003 г.
4. Голова Ж.А., Дедюхина В.П. Микробиология рыбы и рыбных продуктов. М.: Агропромиздат, 1986.
5. Готтшалк Г. Метаболизм микробов. М.: Мир, 1982.
6. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. М.: Академия, 2003.
7. Дедюхина В.П. Основы микробиологии. Владивосток: ДВГАЭУ, 2004.
8. Дедюхина В.П. Санитария и гигиена скоропортящихся продуктов. Владивосток: ДВГАЭУ, 2004.
9. Дементьева М.И., Выгонский М.И. Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении. М.: Агропромиздат, 1988.
10. Дутова Е.Н., Гофтарш М.М. и др. Техническая микробиология рыбных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1976.
11. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденные Решением Комиссии Таможенного Союза от 28 мая 2010 года №299.
12. Жарикова Г.Г. Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена. М.: Академия, 2005.
13. Итоги науки и техники. Микробиология, Т. 22. М.: ВИНТИ, 1989.
14. Клевакин В.М.; Карцев В.В. Санитарная микробиология пищевых продуктов. Л.: Медицина, 1986.
15. Королев С.А. Основы технической микробиологии молочного дела. М.: Пищевая промышленность, 1974.
16. Королева Н.С. Техническая микробиология кисломолочных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1966.
17. Королева Н.С. Техническая микробиология цельномолочных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1975.
18. Королева Н.С., Семенихина В.Ф. Санитарная микробиология молока и молочных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1980.
19. Кудряшова А.А. Микробиологические основы сохранения плодов и овощей. М.: Агропромиздат, 1986.
20. Мазохина-Поршнякова Н.Н. и др. Анализ и оценка качества консервов по микробиологическим показателям. М.: Пищевая промышленность, 1977.
21. Микробиология продуктов животного происхождения: пер. с нем. / Г.-Д. Мюнх, Х. Заупе, М. Шрайтер и др. М.: Агропромиздат, 1985.
22. Михайлов В. В. Биота российских вод Японского моря. Том 2. Прокариоты. Владивосток: Дальнаука, 2004.
23. Моисеева Е.Л. Микробиология мясных и молочных продуктов при холодильном хранении. М.: Агропромиздат, 1988.
24. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология. М.: Издательский центр «Академия», 2006.

- 25.Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01, 2002 г.
- 26.Санитарно-эпидемиологические требования к организациям торговли и обороту в них продовольственного сырья и пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.3.6.1066-01. Утверждены главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2001 г.
- 27.Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67
- 28.Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880.
- 29.Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №883.
- 30.Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 г. №769.
- 31.Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей», утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №882.

20 печ.л.