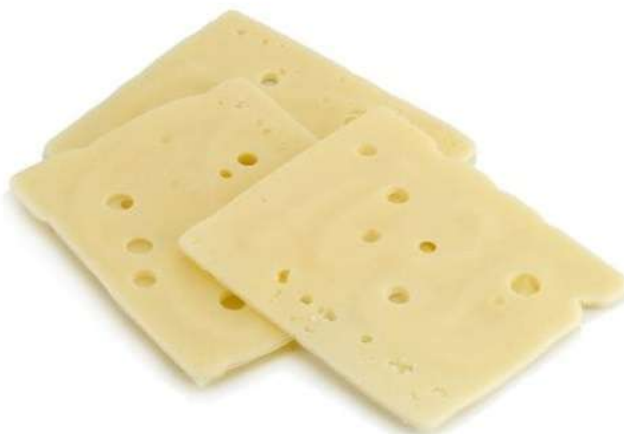




Раздел из монографии:
Воробьева Л.И.
Пропионовокислые
бактерии. - М.: Изд-во
МГУ, 1995. - С.220-225



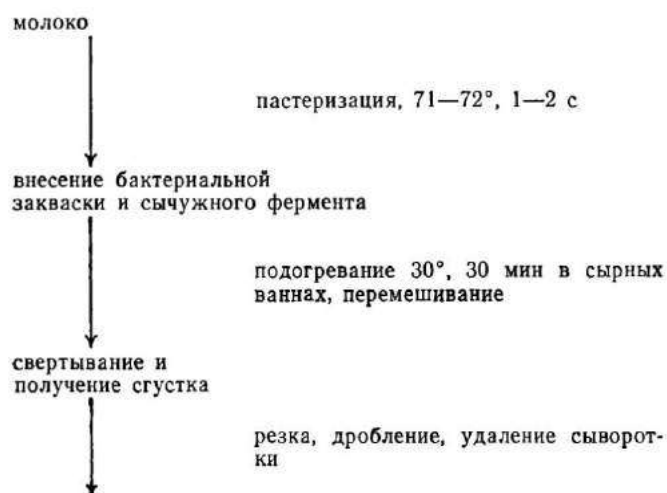
7.1. СЫРОДЕЛИЕ

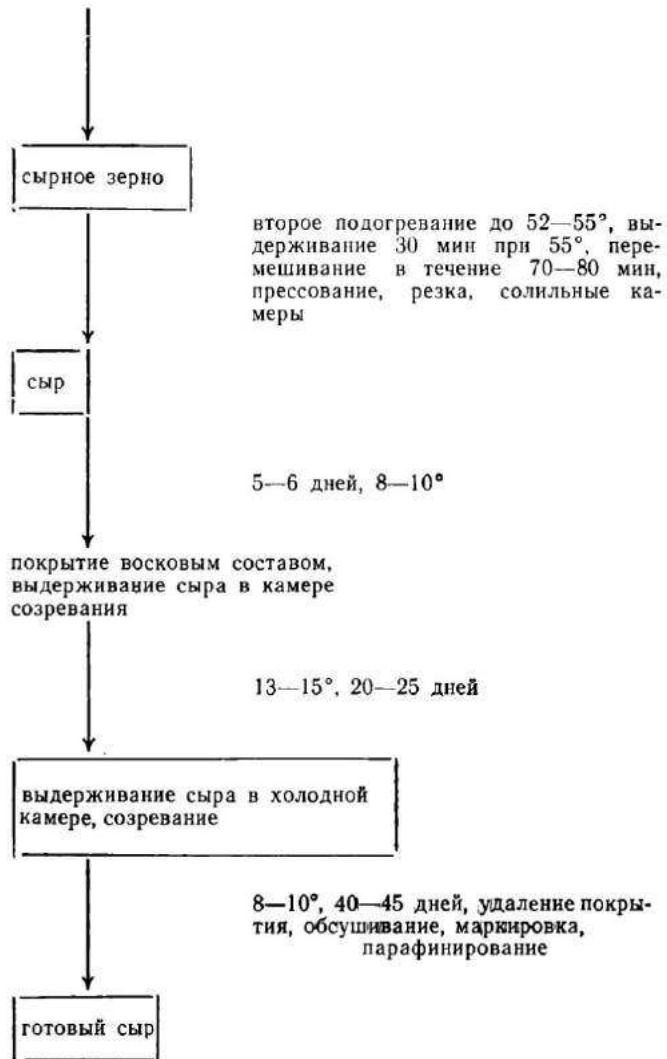
Сыроделие — наиболее древняя биотехнология, использующая биохимическую активность пропионовокислых бактерий, если вспомнить, что возраст первого сыра равен ~9000 лет и связан с одомашниванием овец в Иране. Предполагают (Marth, 1982), что древний человек собирал желудки животных и использовал их как емкости для жидкостей. Когда свежедобытый желудок был использован для молока, то комбинация реннина, некоторых бактерий, повышенной температуры могла дать продукт, похожий на современный сыр. Питательность и вкус хороших сыров всегда находили себе высокую оценку; «десерт без сыра — как девушка без улыбки» (Brillat-Savarin, 1755—1826) — так выражались ощущения удовольствия при употреблении этого отличного продукта.

Первые исследования пропионовокислых бактерий были связаны с изучением их роли в созревании сыров. Наиболее высоки•

ми органолептическими качествами и длительными сроками хранения обладают твердые сычужные сыры с высокой температурой второго нагревания, при изготовлении которых принимают участие пропионовокислые бактерии. Общее правило, касающееся использования этих бактерий в созревании сыров, гласит: вреден как недостаток, так и избыток пропионовых бактерий, но без их участия сыр нужного качества изготовить невозможно; могут получаться «слепые» (Siewert, 1989), т. е. сыры без глазков или с другими дефектами. Для нормального развития пропионовых бактерий рекомендуют (Siewert, 1989) использовать молоко с высоким содержанием белка (3,3%), при концентрации мочевины менее 4 мМ нужно обеспечивать преобладание стрептококков над молочнокислыми бактериями введением смешанной термофильной культуры с соотношением микроорганизмов 10:1. Существуют и другие условия, несоблюдение которых подавляет деятельность в сырах пропионовых бактерий. Установление этих условий создает научную базу сыроделия, о которой речь идет ниже.

Независимо от сорта получаемого сыра, весь процесс сыроварения можно разделить на 9 этапов (Козиковский, 1985): 1) подготовка молока, 2) свертывание молока и образование сгустка, 3) измельчение сгустка, 4) нагревание сыворотки, 5) отделение лишней сыворотки, 6) посолка сырной массы, 7) введение специальных микроорганизмов, 8) прессование, 9) созревание сыра (последовательность может немного меняться в зависимости от сорта сыра). Кроме молока, используют специальные штаммы бактерий, молокосвертывающий агент, NaCl. Вариации этих основных компонентов, использование дополнительных ингредиентов и вариации в окружающих условиях позволяют получать сотни сортов сыра. Общая схема приготовления сыра («Советского») с высокой температурой второго нагревания выглядит следующим образом:





Созревание сыра — сложный биохимический процесс, протекающий при участии сычужного фермента, ферментов молока, молочнокислых и пропионовых бактерий. Происходят энзиматические изменения в белках, жире, аминокислотах. Формируется аромат, внешний вид, консистенция сыра. Высокая температура второго нагревания содействует развитию термофильных молочнокислых стрептококков и пропионовых бактерий. Посолка оказывает сдерживающее влияние на интенсивность развития микрофлоры сыра: задерживается рост молочнокислых палочек и пропионовых бактерий. Физиологические особенности пропионовых бактерий: термоустойчивость, отсутствие роста при высоких температурах,

при $>4,5\%$ концентрациях NaCl, задержка роста при 9° . способность сбраживать лактаты, находятся в соответствии с технологическим режимом сыроварения. После второго нагревания большая часть молочнокислых мезофильных палочек погибает, а образованный ими лактат начинает активно сбраживаться пропионовокислыми бактериями. В созревании сыров, прессуемых с низкой ($40-42^\circ$) температурой второго нагревания (сорта «Голландский», «Костромской», «Ярославский», «Российский»), пропионовокислые бактерии не участвуют. Вкусовые качества сыров зависят от того, какие микроорганизмы играли ведущую роль в их созревании.

Из высококачественного «Советского» сыра и молока было выделено (Алексеева и др., 1973) 25 штаммов пропионовокислых бактерий, из которых 17 штаммов представлены *P. freudenreichii*, а остальные отнесены к *P. acidipropionici* и *P. jensenii*, так что основным штаммом «Советского» сыра является *P. freudenreichii*. Кроме того, на ранней стадии созревания сыра были выделены пропионовокислые кокки (см. выше). Основная роль пропионовых бактерий в созревании сыров состоит в использовании лактатов, образованных молочнокислыми бактериями при сбраживании лактозы молока, при этом лактаты превращаются в пропионовую, уксусную кислоту и CO_2 . Кислоты обеспечивают специфический острый вкус сыров и участвуют в консервации молочного белка — казеина; гидролитическое расщепление липидов с образованием жирных кислот важно для развития органолептических свойств сыра; образование пролина и других аминокислот, а также летучих веществ: ацетона, диацетила, диметилсульфида, ацетальдегида, участвующих в формировании аромата сыра; образование углекислоты в процессе пропионовокислого брожения лактата и декарбоксилирования аминокислот (главным образом); CO_2 участвует в создании рисунка сыра (глазков); образование витаминов и в первую очередь витамина B_{12} .

Вместе с тем требуется регуляция активности пропионовых бактерий, которые не должны, в частности, развиваться и образовывать CO_2 при низких температурах, что может привести к разрывам и трещинам в сырах.

Для обнаружения и учета числа пропионовых бактерий в сыре предложена (Dripan, Sogan, 1992) специальная среда состава (%): лактат натрия — 1, дрожжевой экстракт — 1, триптон — 1, KH_2PO_4 — 0,5, агар — 1, pH — 7,0. В среду вносят антибиотик клоксациллин (0,4 мкг/мл) для подавления роста мезофильных стрептококков — главной микрофлоры сыров с низкой температурой второго нагревания. На этой среде растут также некоторые незаквасочные бактерии (мезофильные лактобациллы, энтерококки, *Clostridium tyrobutyricum*), но их колонии легко отличить от колоний пропионовых бактерий по размеру, окраске и отсутствию каталазы.

Классическая технология изготовления «Швейцарского» сыра не предусматривала специального внесения пропионовых бакте-

рий (закваска), поскольку использовали сырое молоко хорошего качества, вытяжку из сычуга молочных телят (источник реннина), где содержалось достаточное количество пропионовых бактерий. В настоящее время в сыродельни используют пастеризованное молоко, но при пастеризации при 71° за 15 с погибают почти все пропионовые бактерии (Алексеева и др., 1983), а норма предусматривает содержание в 1 г сыра после прессования $2 \cdot 10^3$ — $4 \cdot 10^3$ пропионовых бактерий, поэтому при изготовлении «Советского» сыра требовалось внесение пропионовокислых бактерий с высокой кислото-, газообразующей способностью, липолитической активностью, устойчивостью к действию различных ингибиторов (включая постороннюю микрофлору) при развитии в сыре и совместимостью с молочнокислыми бактериями, входящими в состав закваски для сыров. Так, из 22 штаммов молочнокислых бактерий 9 штаммов оказались антагонистами пропионовых бактерий, при этом *Str. lactis* и *Str. diacetilactis* имели наибольший спектр подавления (Алексеева и др., 1983). *Str. cremoris*, *Str. thermophilus* и *Lbm. helveticum* отнесены к штаммам, совместимым с *P. freudenreichii* и *P. shermanii*. При учете совместимости штаммов в закваске качество сыра повышается и по общему среднему баллу превышает качество сыра высшего сорта (Алексеева, 1974). Среди обитателей сыра есть и такие, которые стимулируют биохимическую активность пропионовых бактерий. Так, под действием микрококков сыра на 20% увеличивается выход CO₂ пропионовокислыми бактериями (Ritter et al., 1967); *Micrococcus caseolyticus* ингибирует активность бактерий кишечной палочки при выработке и созревании сыров (Лайпанов, 1989), что создает благоприятные условия для развития пропионовых бактерий. Для созревания и получения сыра высокого качества важное значение имеет фосфолипазная активность пропионовокислых бактерий. Бактерии содержат внутри- (А) и внеклеточную (С) фосфолипазу (Уманский, Мельникова, 1986). В некоторых штаммах присутствуют обе липазы вместе, но для сыроделия важна внеклеточная фосфолипазная активность. Фосфолипазы С пропионовых бактерий специфичны по отношению к молочным фосфолипидам — фосфосфингозину, фосфатидилхолину и фосфатидилэтаноламину. Под действием фосфолипазы С происходит значительный гидролиз фосфолипидных компонентов сыра (обнаружено 8 таких компонентов) без образования лизосоединений, обнаруженных наряду с фосфатидными кислотами в прогорклых образцах сыров, а также в сырах с привкусом сала (Уманский, Мельникова, 1986). Наибольшее число фосфолиполитиков выявлено (Мельникова, 1985) среди штаммов *P. globosum*. Сыр, выработанный с бактериальной закваской с высоким уровнем фосфолипазы С, имел наиболее высокие вкусовые показатели, консистенцию, рисунок; штамм рекомендован для включения в состав закваски для «Советского» сыра.

Усовершенствованием в технологии сыроварения можно назвать создание многштаммовой сухой закваски пропионовых

бактерий (Алексеева и др., 1982) из трех штаммов вида *P. freudenreichii*. Многоштаммовая закваска превосходила монокультуру в отношении газо- и кислотообразования. Общая оценка опытных сыров, изготовленных с применением сухой многоштаммовой закваски, по сравнению с контрольными была на 4,2 балла выше. Установлена возможность непосредственного внесения сухих культур в перерабатываемое молоко без предварительного их перевода в активное состояние. Сухая закваска удобнее, чем ранее применявшаяся жидкая закваска, при транспортировке. Многоштаммовая сухая закваска внедрена в производство «Советского» сыра.