

ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

1. ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ МОЛОКА

1.1. ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ МОЛОКА

Молочные продукты высокого качества можно выработать только из доброкачественного сырого молока. Доброкачественное молоко характеризуется нормальным химическим составом, оптимальными физико-химическими и микробиологическими показателями, определяющими его пригодность к переработке. Изменение свойств и, особенно, микробиологических показателей сырого молока в значительной степени обусловлено жизнедеятельностью микроорганизмов, которые попадают в молоко при несоблюдении санитарно-гигиенических правил дойки, содержания животных, мойки оборудования для дойки, хранения и транспортирования молока. Чтобы предотвратить бактериальное загрязнение сырья, необходимо не только соблюдать санитарные и ветеринарные правила получения молока, но и подвергать его первичной обработке. Цель первичной обработки — обеспечить стойкость молока при его транспортировании и хранении.

Первичная обработка включает следующие процессы: очистку, охлаждение и хранение до отправки на переработку или в реализацию.

Для удаления механических примесей молоко фильтруют, пропуская через ткань, а затем направляют на дальнейшую очистку. Для очистки применяют фильтры разных систем, где рабочими элементами служат ватные диски, марля, синтетические материалы, металлические сетки и др. В настоящее время для очистки молока используют сепараторы-молокоочистители, в которых механические примеси удаляются под действием центробежной силы. После очистки молоко следует немедленно охлаждать для подавления роста микроорганизмов. Для охлаждения молока используют пластинчатые охладители.

Охлажденное (не выше 6 °С) молоко транспортируют на крупные молочные предприятия в металлических флягах, цистернах с помощью автомобильного, железнодорожного и водного транспорта. Фляги для молока вместимостью 36...40 л изготавливают из алюминия и стали. При транспортировании больших количеств молока применяют автоцистерны из нержавеющей стали и алюминия. Они имеют изоляцию и снабжены герметически закрывающимися люками.

1.2. ПРИЕМКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОЛОКА

На молокоперерабатывающих предприятиях существует определенный порядок приемки и оценки качества молока. Приемку осуществляют в соответствии с требованиями действующего стандарта на молоко натуральное коровье. Молоко натуральное коровье должно быть получено от здоровых животных, отфильтровано и охлаждено в хозяйстве не позднее чем через 2 ч после дойки до температуры не выше 6 °С.

Молоко в зависимости от органолептических, физико-химических и микробиологических показателей подразделяют на сортовое (высший, первый и второй) и несортовое.

По внешнему виду и консистенции сортовое молоко должно быть однородной жидкостью без осадка и хлопьев, белого или светло-кремового цвета; вкус и запах чистые, без посторонних запахов и привкусов, несвойственных свежему натуральному молоку. Для несортового молока допускаются наличие хлопьев белка и механических примесей, а также выраженные кормовые привкус и запах.

В зависимости от физико-химических показателей натуральное молоко подразделяют на сорта в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 4.

4. Физико-химические показатели молока

Показатель	Норма для молока			
	высшего сорта	первого сорта	второго сорта	несортового
Кислотность, °Т	16...18	16...18	16...21	Менее 16 или более 21
Группа чистоты по эталону, не ниже группы	I	I	II	III
Плотность, кг/м ³ , не менее	1028	1027	1027	Менее 1027
Температура замерзания, °С	Не выше – 0,52		Выше – 0,52	

Примечание. Если измеряют температуру замерзания молока, то плотность его можно не определять.

Молоко плотностью 1026 кг/м³, кислотностью 15 или 21 °Т допускается принимать на основании стойловой пробы вторым сортом, если оно по остальным показателям соответствует требованиям действующего стандарта.

При приемке молока ежедневно в каждой партии определяют органолептические показатели, температуру, массовую долю жира, плотность, группу чистоты, термоустойчивость, температуру замерзания, а также не реже одного раза в 10 дней бактериальную обсемененность, содержание соматических клеток, наличие ингибирующих веществ; не реже двух раз в месяц — массовую

долю белка; при подозрении на тепловую обработку — активность фосфатазы.

По микробиологическим показателям сырое натуральное молоко должно соответствовать следующим требованиям: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) не должно превышать для молока высшего сорта $3 \cdot 10^5$ КОЕ/см³, первого сорта — $5 \cdot 10^5$ КОЕ/см³, второго сорта — $4 \cdot 10^6$ КОЕ/см³; число соматических клеток для молока высшего сорта — не более $5 \cdot 10^5$ в 1 см³, для молока первого и второго сорта — не более $1 \cdot 10^6$ в 1 см³.

Молоко, полученное от коров в первые 7 дней после отела (молозиво) и в последние 5 дней лактационного периода¹ (стародойное) не принимают на молочные заводы.

Это молоко значительно отличается от нормального (натурального) молока по химическому составу, органолептическим и физико-химическим показателям (табл. 5).

5. Сравнительные показатели нормального молока и полученного в первый (после отела) и последний дни лактационного периода

Показатель	Нормального (натурального)	Первого дня лактационного периода	Последнего дня лактационного периода
Массовая доля, %:			
сухих веществ	12,5	25...30	—
в том числе:			
молочного жира	3,5	5 и более	5 и более
белков	3,2	15 и более	До 5
в том числе:			
казеина	2,6	2,7	—
сывороточных белков	0,6	12 и более	Большое количество
молочного сахара (лактозы)	4,8	3,3	3,8
минеральных веществ	0,8	1,2 (увеличение за счет хлоридов)	0,9 (большое количество хлоридов и низкое гидро- и дигидрофосфатов, гидро- и дигидроцитратов)
витаминов	Микроколичество	Повышенное количество	—
ферментов	»	То же	Повышенное количество (в том числе липазы)

¹Лактационным периодом называют время, в течение которого корова продуцирует молоко. Начинается лактационный период сразу после отела и заканчивается перед запуском. Продолжительность лактационного периода составляет примерно 10 мес. (300 дней).

Продолжение

Показатель	Нормального (натурального)	Первого дня лактационного периода	Последнего дня лактационного периода
Вязкость, Па·с	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$25 \cdot 10^{-3}$	—
Кислотность, °Т	16...18	40...50 и более	14...16 (иногда 9...12)
Плотность, кг/м ³	1028	1037...1055	—

Так, молоко первого дня лактационного периода характеризуется высокой массовой долей сухих веществ (25...30 %), что обуславливает его высокую плотность (1037...1055 кг/м³) и вязкость ($25 \cdot 10^{-3}$ Па·с); пониженным содержанием лактозы и одновременно повышенным (за счет хлоридов) содержанием минеральных веществ, что придает молоку солоноватый вкус; высоким содержанием жира и ферментов (в том числе липазы), что способствует гидролизу жира и образованию значительного количества свободных жирных кислот, придающих молоку специфический запах; высоким содержанием белков, и прежде всего термолабильных сывороточных белков, что обуславливает высокую кислотность и нетермоустойчивость молока. Такое молоко свертывается при нагревании до 60 °С из-за денатурации и коагуляции сывороточных белков и потому непригодно для промышленной переработки на молочные продукты.

Показатели молока постепенно изменяются и после 7 (иногда 10) дней соответствуют показателям нормального молока.

Молоко последнего дня лактации отличается: повышенным содержанием жира и ферментов (в том числе липазы), что способствует повышению количества свободных низкомолекулярных жирных кислот, образующихся при гидролизе жира; повышенным содержанием хлоридов и пониженным содержанием лактозы, что обуславливает появление в молоке солоноватого вкуса. Несмотря на повышенное содержание белков и солей, молоко имеет пониженную кислотность, что объясняется изменениями в составе минеральных веществ, повышенным содержанием гидро- и дигидрофосфатов, гидро- и дигидроцитратов. Последние в нормальном молоке обуславливают долю кислотности 9...13 °Т. Стародойное молоко содержит мелкие жировые шарики и мицеллы казеина. Казеин отличается повышенным содержанием γ -фракции.

Молозиво и стародойное молоко медленно свертываются молоко-свертывающими ферментами и являются плохой средой для развития молочнокислых микроорганизмов. Продукты, изготовленные из молока с примесью молозива и стародойного молока, имеют неприятный вкус и быстро портятся.

Поэтому согласно действующему стандарту натуральное коровье молоко, полученное в первые 7 и последние 5 дней лактаци-

онного периода, не подлежит приемке и переработке на пищевые цели.

В нашей стране установлена базисная норма массовой доли жира молока 3,4 %, базисная норма массовой доли белка 3,0 %.

1.3. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ МОЛОКА

Очистку проводят для того, чтобы удалить механические загрязнения и микроорганизмы. Осуществляют очистку способом фильтрования под действием сил тяжести или давления и центробежным способом на сепараторах-молокоочистителях. При фильтровании молоко должно преодолеть сопротивление, оказываемое перегородкой фильтра, выполненной из металла или ткани. При прохождении жидкости через фильтрующую перегородку на ней задерживаются загрязнения в количестве, пропорциональном объему жидкости, прошедшей через фильтр.

Периодически через каждые 15...20 мин необходимо удалять загрязнения из фильтра. Эффективность очистки в значительной мере зависит от давления, при котором происходит фильтрование. Обычно в цилиндрические фильтрационные аппараты молоко поступает под давлением 0,2 МПа. Фильтрационные аппараты с тканевыми перегородками имеют ряд недостатков: кратковременность безостановочной работы; необходимость частой разборки для промывки; возможность прорыва ткани; уменьшение производительности фильтров в зависимости от продолжительности работы.

Наиболее эффективна очистка молока с помощью сепараторов-молокоочистителей. Центробежная очистка в них осуществляется за счет разницы между плотностями частиц плазмы молока и посторонних примесей. Посторонние примеси, плотность которых больше, чем у плазмы молока, отбрасываются к стенке барабана и оседают на ней в виде слизи.

Молоко, подвергаемое очистке, поступает по центральной трубке (рис. 1, а) в тарелкодержатель, из которого направляется в шламмовое пространство между кромками пакета тарелок и крышкой. Затем молоко поступает в межтарелочные пространства и по зазору между тарелкодержателем и верхними кромками тарелок поднимается вверх и выходит через отверстия в крышке барабана. Процесс очистки начинается в шламмовом пространстве, а завершается в межтарелочных пространствах.

Традиционно в технологических линиях центробежная очистка молока осуществляется при 35...45 °С, так как в этих условиях осаждение механических загрязнений более эффективно вследствие увеличения скорости движения частиц.

При центробежной очистке молока вместе с механическими загрязнениями удаляется значительная часть микроорганизмов,

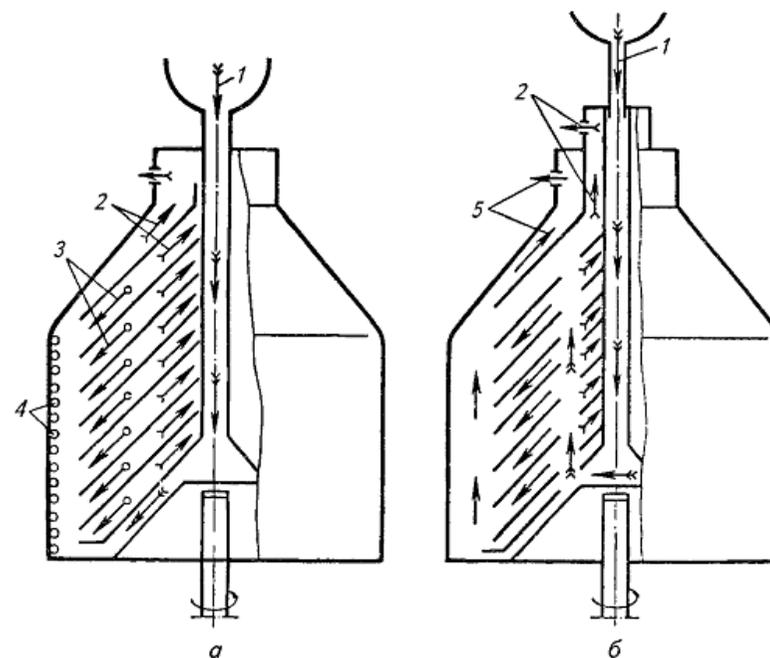


Рис. 1. Схема работы сепарирующего устройства:

а — молокоочистителя; б — сливоотделителя; 1 — исходное молоко; 2 — легкая фракция (очищенное молоко или сливки); 3 — частицы, образующие осадок; 4 — осадок (слизь); 5 — тяжелая фракция (обезжиренное молоко)

что объясняется различием их физических свойств. Бактериальные клетки имеют размеры 0,8...6 мкм, а размеры белковых частиц молока значительно меньше: даже наиболее крупные из них — частицы казеина — достигают размера 0,1...0,3 мкм. Для достижения наибольшей степени удаления микробных клеток предназначен сепаратор-бактериоотделитель. Эффективность выделения микроорганизмов на нем достигает 98 %.

1.4. РЕЖИМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

Качество молока, особенно его бактериологические показатели, в значительной степени зависит от длительности и температуры его хранения. Известно, что свежесозданное молоко содержит особые бактерицидные вещества, которые не только препятствуют росту бактерий, но и уничтожают их. В неохлажденном молоке быстро развиваются микроорганизмы, вызывающие его скисание. Так, при температуре 32 °С через 10 ч кислотность молока повышается в 2,8 раза, а число бактерий возрастает в 40 раз. В мо-

локе, охлажденном до 12 °С, в течение 10 ч кислотность не увеличивается, а общее число бактерий изменяется незначительно. Значит, охлаждение молока — один из основных факторов, способствующих подавлению развития нежелательной патогенной микрофлоры и сохранению качества молока.

Размножение большинства микроорганизмов, встречающихся в молоке, резко замедляется при охлаждении его ниже 10 °С и почти полностью прекращается при температуре около 2...4 °С.

Оптимальные сроки хранения молока, охлажденного до 4...6 °С, не более 12 ч. При более длительном хранении молока в условиях низких температур возникают пороки вкуса и консистенции.

2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МОЛОКА

2.1. СЕПАРИРОВАНИЕ И НОРМАЛИЗАЦИЯ МОЛОКА

Сепарирование молока — это разделение его на две фракции различной плотности: высокожирную (сливки) и низкожирную (обезжиренное молоко). Осуществляется сепарирование под действием центробежной силы в барабане сепаратора. Молоко, распределяясь в барабане между тарелками в виде тонких слоев, перемещается с небольшой скоростью, что создает благоприятные условия для наиболее полного отделения высокожирной фракции (жировых шариков) за короткое время. Процесс сепарирования молока подчиняется закону Стокса:

$$v = \frac{2}{9} \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 Rr^2 n^2 \frac{\rho - \rho_1}{\mu},$$

где v — скорость выделения жировых шариков, см/с; R — средний радиус рабочей части тарелки сепаратора, см; r — радиус жирового шарика, см; n — частота вращения барабана сепаратора, с⁻¹; ρ , ρ_1 — плотность плазмы и жира, кг/м³; μ — динамическая вязкость, Па·с.

В соответствии с этим законом скорость выделения жировой фракции из молока находится в прямой зависимости от размеров жировых шариков, плотности плазмы молока, габаритов и частоты вращения барабана и в обратно пропорциональной зависимости от вязкости молока. С увеличением размеров жировых шариков и плотности плазмы молока ускоряется процесс сепарирования и отделения сливок. Чем выше содержание сухих обезжиренных веществ в молоке, тем выше плотность плазмы и цельного молока. Следовательно, молоко большей плотности будет иметь лучшие условия для сепарирования. Повышение вязкости молока приводит к снижению скорости выделения жировой фракции.

Кроме того, существенное влияние на сепарирование оказывают кислотность и температура молока.

Повышение кислотности молока приводит к изменению коллоидного состояния его белков, сопровождающемуся иногда выпадением хлопьев; в результате нарастает вязкость, что затрудняет сепарирование.

Повышение температуры молока способствует снижению его вязкости и переходу жира в жидкое состояние, что улучшает сепарирование. Оптимальная температура сепарирования 35...45 °С. Нагревание молока до этой температуры обеспечивает хорошее обезжиривание.

Наряду с сепарированием при 35...45 °С иногда применяют высокотемпературное сепарирование при 60...85 °С. С увеличением температуры сепарирования повышаются производительность сепаратора и качество обезжиривания. Однако высокотемпературное сепарирование имеет и ряд недостатков: увеличение содержания жира в обезжиренном молоке вследствие частичного выпадения альбумина, препятствующего выделению жира; сильное вспенивание сливок и обезжиренного молока; возрастание раздробления жировых шариков.

Большое внимание уделяют сепарированию при низких температурах, так называемому сепарированию холодного молока. Однако сепарирование при низкой температуре на обычных сепараторах приводит к снижению их производительности почти вдвое из-за повышения вязкости и частичной кристаллизации жира.

Процесс сепарирования в сепараторе осуществляется в такой последовательности (рис. 1, б). Цельное молоко по центральной трубке поступает в тарелкодержатель, из которого по каналам, образованным отверстиями в тарелках, поднимается в верхнюю часть комплекта тарелок и растекается между ними. В межтарелочном пространстве жировые шарики как более легкая фракция молока движутся к центру барабана, далее по зазору между кромкой тарелки и тарелкодержателем поднимаются вверх и поступают в камеру для сливок. Затем под напором сливки поступают в патрубок, на котором установлены измеритель количества сливок (ротаметр) и регулировочный вентиль. Обезжиренное молоко как более тяжелая фракция направляется к периферии барабана (в грязевое пространство), поднимается вверх и поступает в патрубок, на котором установлены манометр и регулировочный вентиль (кран).

Регулировочный вентиль предназначен для регулирования жирности получаемых сливок, которая изменяется в зависимости от количества сливок и обезжиренного молока. При постоянных количестве и массовой доле жира в поступающем молоке уменьшение количества выходящих сливок приводит к повышению массовой доли жира в них и, наоборот, увеличение количества сливок снижает в них массовую долю жира.

Исходя из соотношения масс сливок и обезжиренного молока можно найти требуемую жирность сливок. Определив расчетным путем соотношение между массами сливок и обезжиренного молока, устанавливают это соотношение при помощи регулирующего устройства.

На молочные предприятия молоко поступает с разным содержанием жира и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а в готовом продукте жир и СОМО должны быть в определенном количестве или соотношении. В связи с этим необходима нормализация сырья.

Нормализация — это регулирование состава сырья для получения готового продукта, отвечающего требованиям стандарта.

При нормализации исходного (цельного) молока по жиру могут быть два варианта: жира в цельном молоке больше, чем требуется в производстве, и жира в цельном молоке меньше, чем требуется. В первом варианте жир частично отбирают путем сепарирования или к исходному молоку добавляют обезжиренное молоко. Во втором варианте для повышения жирности исходного молока добавляют к нему сливки. Массы сливок и обезжиренного молока, необходимых для добавления к исходному молоку, рассчитывают по уравнениям материального баланса, который можно составить для любой составной части молока.

Один из простейших способов нормализации по жиру — нормализация путем смешивания в емкости рассчитанных количеств нормализуемого молока и нормализующего компонента (сливок или обезжиренного молока). Нормализующий компонент добавляют при тщательном перемешивании смеси в емкости.

Нормализацию смешиванием можно осуществить в потоке (рис. 2, а), когда непрерывный поток нормализуемого молока смешивается в определенном соотношении с потоком нормализующего продукта.

Нормализация молока с использованием сепаратора-сливкоотделителя осуществляется в таком порядке: нормализуемое молоко подается на сепаратор-сливкоотделитель, где разделяется на сливки и обезжиренное молоко. Затем полученные сливки и обезжиренное молоко смешиваются в потоке в требуемом соотношении, а часть сливок (при $J_M > J_{н.м}$) или обезжиренного молока (при $J_M < J_{н.м}$) отводится как избыточный продукт (рис. 2, б).

Массовая доля жира в молоке, нормализованном в потоке, регулируется автоматически с помощью систем управления УНП (управление нормализацией в потоке) и УНС (управление нормализацией в потоке с применением сепаратора-сливкоотделителя). Основная задача систем управления процессом нормализации заключается в получении стабильных заданных значений массовой доли жира или другого параметра нормализованного молока.

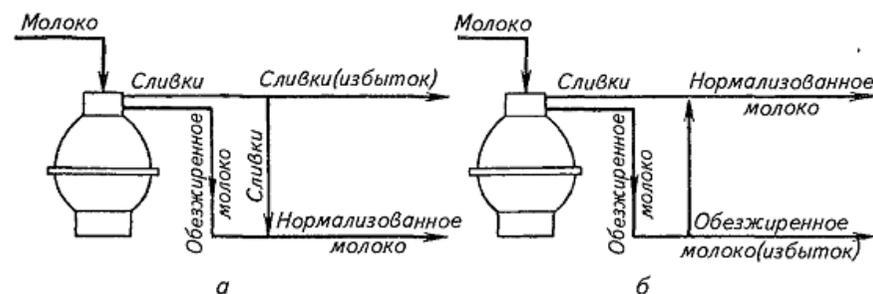


Рис. 2. Схема нормализации с применением сепаратора-сливкоотделителя, снабженного нормализующим устройством:

а — при $J_M > J_{н.м}$; б — при $J_M < J_{н.м}$. Здесь $J_M, J_{н.м}$ — соответственно массовые доли жира в исходном и нормализованном молоке

2.2. ГОМОГЕНИЗАЦИЯ МОЛОКА

Гомогенизация — это обработка молока (сливок), заключающаяся в дроблении (диспергировании) жировых шариков путем воздействия на молоко значительных внешних усилий. Известно, что при хранении свежего молока и сливок из-за разницы в плотности молочного жира и плазмы происходит всплывание жировой фракции, или ее отстаивание. Скорость отстаивания жира зависит от размеров жировых шариков, вязкости, от возможности соединения жировых шариков друг с другом. Как известно, размеры жировых шариков колеблются в широких пределах — от 0,5 до 18 мкм. Согласно формуле Стокса скорость выделения (всплывания) жирового шарика прямо пропорциональна квадрату его радиуса. В процессе гомогенизации размеры жировых шариков уменьшаются примерно в 10 раз (размер ~1,0 мкм), а скорость всплывания их соответственно становится примерно в 100 раз меньше. В процессе дробления жирового шарика перераспределяется его оболочечное вещество. На построение оболочек образовавшихся мелких шариков мобилизуются плазменные белки, а часть фосфатидов переходит с поверхности жировых шариков в плазму молока. Этот процесс способствует стабилизации высокодисперсной жировой эмульсии гомогенизированного молока. Поэтому при высокой дисперсности жировых шариков гомогенизированное молоко практически не отстаивается.

Механизм дробления жировых шариков, схематично показанный на рисунке 3, заключается в следующем. В гомогенизирующем клапане на границе седла гомогенизатора и клапанной щели имеется порог резкого изменения сечения потока, а следовательно, и изменения скорости движения. При переходе от малых скоростей движения к высоким жировой шарик деформируется: его передняя часть, включаясь в поток в гомогенизирующей щели с

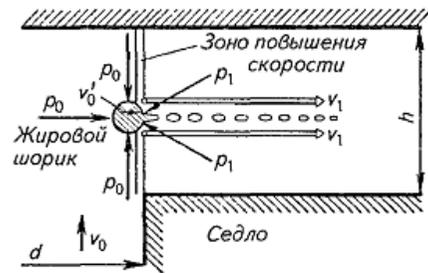


Рис. 3. Схема дробления жировых шариков в клапанной щели гомогенизатора:

d — диаметр отверстия в седле клапана; v_0 — скорость движения молока в клапане; v_1 — скорость в пограничном сечении; p_0 — давление в клапане; p_1 — давление в щели клапана; h — высота щели клапана

диаметр жировых шариков составляет 1,43 мкм, а эффективность гомогенизации 74 %, при давлении 20 МПа средний диаметр шариков уменьшается до 0,97 мкм, а эффективность возрастает до 80 %. Повышения давления можно достигнуть, снабдив гомогенизатор двумя или тремя клапанами. Такие гомогенизаторы называют двух- или трехступенчатыми. Однако повышение давления приводит к увеличению расхода электроэнергии, поэтому оптимальное давление составляет 10...20 МПа. Рекомендуемое давление гомогенизации зависит от вида и состава изготавливаемого продукта. С повышением содержания жира и сухих веществ в продукте следует применять более низкое давление гомогенизации, что обусловлено необходимостью снижения энергетических затрат.

Интенсивность гомогенизации возрастает с повышением температуры, так как при этом жир переходит полностью в жидкое состояние и уменьшается вязкость продукта. При повышении температуры снижается также отстаивание жира. При температурах ниже 50 °С отстаивание жира усиливается, что приводит к ухудшению качества продукта. Наиболее предпочтительной считают температуру гомогенизации 60...65 °С. При чрезмерно высоких температурах сывороточные белки в гомогенизаторе могут осаждаться.

Кроме того, эффективность гомогенизации зависит от свойств и состава продукта (вязкость, плотность, кислотность, содержание жира и сухих веществ). С повышением кислотности молока эффективность гомогенизации уменьшается, так как в кислом молоке снижается стабильность белков и образуются белковые агломераты, затрудняющие дробление жировых шариков. При повышении вязкости и плотности молока эффективность гомогенизации также снижается.

большой скоростью, вытягивается в нить и дробится на мелкие капельки. Таким образом, степень раздробленности, или эффективность гомогенизации, зависит прежде всего от скорости потока при входе в гомогенизирующую щель, а следовательно, от давления гомогенизации, которое всегда определяет скорость.

С повышением давления усиливается механическое воздействие на продукт, возрастает дисперсность жира, а средний диаметр жировых шариков уменьшается. По данным ВНИКМИ, при давлении 15 МПа средний

В настоящее время применяют два вида гомогенизации: одно- и двухступенчатую. При одноступенчатой гомогенизации могут образовываться агрегаты мелких жировых шариков, а при двухступенчатой происходит разрушение этих агрегатов и дальнейшее диспергирование жировых шариков.

Иногда при производстве молочных напитков и сыров используют раздельную гомогенизацию. Раздельная гомогенизация предназначена для получения гомогенизированного молока с требуемым содержанием жира, повышенной стабильностью жировой дисперсной фазы и белков. Раздельная гомогенизация отличается от полной тем, что при ней механическому воздействию подвергается лишь высококонцентрированная жировая эмульсия (сливки определенной жирности). Сущность раздельной гомогенизации заключается в том, что молоко вначале сепарируют, а полученные сливки гомогенизируют, после гомогенизации их смешивают с обезжиренным молоком, нормализуют, пастеризуют и охлаждают. При производстве раздельно гомогенизированного молока с использованием двухступенчатой гомогенизации массовая доля жира в сливках не должна превышать 25 %, а при одноступенчатой гомогенизации 16 %.

Раздельную гомогенизацию применяют для того, чтобы увеличить производительность гомогенизации и ограничить нежелательное механическое воздействие на молочный белок при выработке питьевого молока, кисломолочных продуктов и сыров. Полученное при раздельной гомогенизации молоко по своим физико-химическим и органолептическим свойствам не отличается от обычного гомогенизированного молока при условии, если массовая доля жира в сливках, используемых при гомогенизации, не превышает 12 %. В молоке, полученном из сливок с повышенным содержанием жира и гомогенизированном раздельным способом, наблюдается усиленное отстаивание жира.

2.3. МЕМБРАННЫЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МОЛОКА

К мембранным методам обработки продукта относят баромембранные и электромембранные (например, электродиализ).

Баромембранным называют такой способ обработки, когда продукт проходит через полупроницаемую перегородку (мембрану) под действием избыточного давления. В зависимости от размера отделяемых частиц различают обратный осмос, ультрафильтрацию, нанофильтрацию, микрофильтрацию и др. Однако четкой границы между баромембранными методами провести нельзя, так как они часто перекрывают друг друга (рис. 4).

К мембранным методам разделения и концентрирования молока относятся ультрафильтрация, обратный осмос и электродиализ.

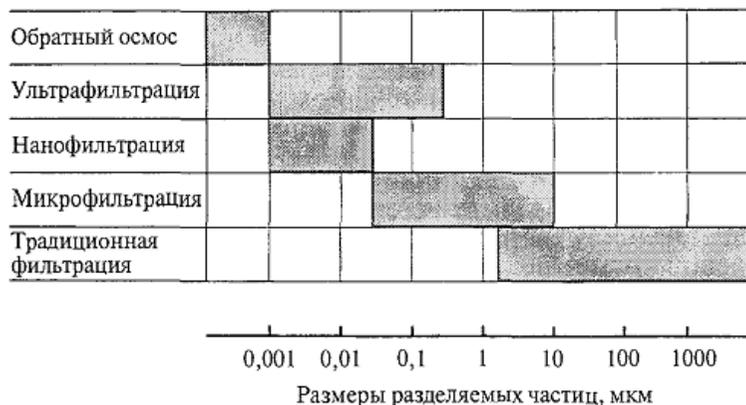


Рис. 4. Схема градации баромембранных методов по размерам разделяемых частиц (по Ватсону и Харнбургу)

Ультрафильтрация — это фильтрация под давлением с помощью полупроницаемых мембран, изготовляемых на основе синтетических полимерных (ацетат целлюлозы, полиамид, полисульфон) и керамических материалов.

Для ультрафильтрации применяют мембраны с порами размером 50...100 нм. Такие мембраны задерживают молекулы с размерами большими, чем размеры пор, и пропускают мелкие молекулы. Схема распределения молекул при ультрафильтрации показана на рисунке 5. При ультрафильтрации приходится преодолевать осмотическое давление разделяемого раствора, так как растворитель переносится в направлении, противоположном возрастанию концентрации растворенного вещества, задерживаемого фильтром. Поэтому ультрафильтрацию проводят под давлением 0,1...0,5 МПа.

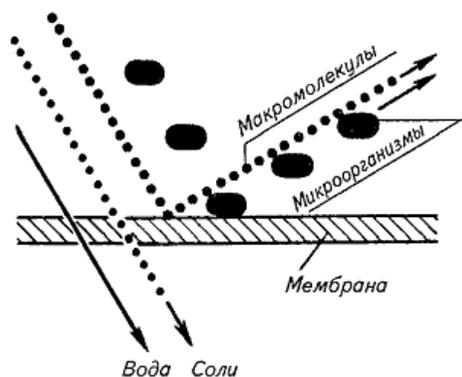


Рис. 5. Схема распределения молекул при ультрафильтрации

В молочной промышленности ультрафильтрацию используют для выделения белков из молока или молочной сыворотки. В процессе ультрафильтрации сыворотка под давлением движется между полупроницаемыми мембранами. Часть сыворотки (фильтрат) проходит через мембраны, оставляя при этом на фильтре сывороточные белки. Полученный фильтрат состоит в основном из воды,

лактозы, минеральных солей. Другая часть сыворотки (концентрат) проходит между мембранами, унося при этом и выделившиеся белки. Таким образом, концентрат включает все сывороточные белки и ту часть воды, лактозы и минеральных солей, которая не прошла через мембраны. Отношение объемов концентрата и сыворотки, поступившей на ультрафильтрацию, составляет обычно 1 : 5.

Успешно применяют ультрафильтрацию для концентрации сывороточных белков творожной сыворотки. Сывороточно-белковые концентраты и фильтраты используют при выработке традиционных и новых видов продуктов питания, отличающихся повышенной биологической ценностью, в частности при производстве продуктов диетического, лечебного и детского питания.

Обратный осмос — это разделение растворов через полупроницаемые мембраны с порами размером менее 50 нм при давлении 1...10 МПа. При обратном осмосе через мембраны проходит только вода, а все остальные части молочного сырья задерживаются мембраной. Происходит концентрирование молочного сырья.

Электродиализ — это перенос ионов из одного раствора в другой, осуществляемый через мембрану под действием электрического поля, создаваемого электродами, расположенными по обе стороны мембраны. Электродиализу подвержены только те вещества, которые при растворении диссоциируют на ионы или образуют заряженные комплексы. Электронейтральные вещества, например лактоза, сахароза, молекулы которых при растворении не несут какого-либо заряда, в электродиализном процессе не участвуют.

В молочной промышленности электродиализной обработке подвергают молочную сыворотку с целью ее деминерализации. В молочной сыворотке кроме белков и лактозы содержится повышенное количество минеральных солей, что затрудняет ее переработку на продукты питания, особенно для детей. Освобождение сыворотки от минеральных солей при помощи электродиализа в 8...10 раз дешевле, чем при использовании для этой цели ионообменных смол.

Достижения в технологии фракционирования и модификации компонентов молока путем ультрафильтрации, электродиализа, обратного осмоса обусловили более широкое применение молочных ингредиентов в различных отраслях промышленности (хлебопекарной, кондитерской, мясной). Применение мембранных процессов в молочной промышленности привело к созданию малотходного производства, позволяющего повысить эффективность использования сырья на пищевые цели. В результате применения мембранных процессов все сухие вещества молока оказываются полностью переработанными в полноценные продукты питания. Это позволяет увеличить выработку товарной продукции из единицы сырья и снизить ее себестоимость. Продукты ультра-

фльтрации нашли применение в производстве молочных напитков, сыров и творога. Внедрение ультрафльтрации на сыродельных заводах позволяет увеличить выход сыров на 15...20 % путем использования сывороточных белков концентрата сыворотки, сократить расход сычужного фермента на 75...80 %, а также частично решить проблему очистки сточных вод.

3. ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА МОЛОКА

3.1. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА МОЛОКА

Тепловую обработку молочного сырья проводят с целью его обеззараживания. Она должна обеспечить не только надежное подавление жизнедеятельности микроорганизмов, но и максимально возможное сохранение исходных свойств молока. Любое тепловое воздействие на молоко нарушает его первоначальный состав и физико-химические свойства. Степень физико-химических изменений составных частей молока зависит главным образом от температуры и продолжительности тепловой обработки.

Молочные белки под действием тепла денатурируют. Наиболее чувствительны к нагреванию сывороточные белки, которые денатурируют при температурах выше 65 °С, казеин же обладает высокой тепловой стойкостью. При температурах выше 100 °С начинается частичное разложение лактозы, в результате которого молоко приобретает специфический вкус, запах и цвет (бурый). Молочный жир при нагревании до 100 °С практически не меняется. В процессе тепловой обработки частично разрушаются витамины, особенно водорастворимые (С, В₁₂, тиамин и др.), а также инактивируются ферменты (редуктаза, фосфатаза, пероксидаза). Минеральные соли в результате перехода растворимых солей кальция и фосфора в нерастворимое состояние частично выпадают в осадок. Изменение составных частей молока, отрицательно влияющее на пищевую ценность и органолептические показатели, должно быть незначительным.

К видам тепловой обработки относятся пастеризация и стерилизация. Разновидности пастеризации — это ультравысокотемпературная (УВТ) обработка и термизация.

3.2. ПАСТЕРИЗАЦИЯ МОЛОКА

Пастеризация молока — это тепловая обработка молока с целью уничтожения вегетативных форм микрофлоры, в том числе патогенных. Режим пастеризации должен обеспечить также получение заданных свойств готового продукта, в частности органолептических показателей (вкус, нужные вязкость и плотность сгустка).

Эффект пастеризации, обусловленный степенью гибели патогенной микрофлоры, влияет на выбор режимов и способов пастеризации. Из патогенных микроорганизмов наиболее устойчивы к тепловой обработке бактерии туберкулеза. Поскольку работа по определению возбудителей туберкулеза сложна, то эффективность пастеризации принято определять по гибели не менее стойкой кишечной палочки. Эффект пастеризации зависит от температуры t и продолжительности тепловой обработки z , взаимосвязь которых установлена в виде следующего уравнения:

$$\ln z = 36,84 - 0,48 t,$$

где 36,84 и 0,48 — постоянные величины.

В зависимости от этих факторов различают три режима пастеризации: длительная пастеризация — при температуре 60...63 °С с выдержкой 30 мин; кратковременная — при 74...78 °С с выдержкой 20 с; моментальная — при температуре 85...87 °С или 95...98 °С без выдержки.

Выбор режимов пастеризации предопределяется технологическими условиями и свойствами продукта. При содержании в продукте компонентов, отличающихся низкой термоустойчивостью, следует применять длительную пастеризацию. Процесс длительной пастеризации хотя и обеспечивает надежное уничтожение патогенных микробов и наименьшее изменение физико-химических свойств молока, однако требует больших затрат, связанных с использованием малопроизводительного оборудования.

Наиболее распространенный способ в производстве пастеризованного молока, кисломолочных продуктов и мороженого — кратковременная пастеризация. Этот способ также надежен для инактивации микробов и максимального сохранения исходных свойств молока. Моментальная пастеризация по воздействию на микробы и свойства молока аналогична кратковременной. Она рекомендуется для пастеризации сливок, из которых вырабатывают масло, и при производстве молочных консервов. Таким образом, все способы пастеризации позволяют получить продукт, безвредный для непосредственного употребления в пищу, но имеющий ограниченный срок хранения.

Сопrotивляемость микроорганизмов тепловой обработке увеличивается при повышении содержания жира и сухих веществ в продуктах (сливки, смесь для мороженого), так как жировые и белковые вещества оказывают защитное действие на микробные клетки. Поэтому для продуктов с повышенным содержанием жира и сухих веществ температура пастеризации должна быть увеличена на 10...15 °С по сравнению с температурой пастеризации молока.

Одновременно с пастеризацией для улучшения органолептических показателей молока и сливок проводят их дезодорацию.

Органолептические показатели изменяются вследствие наличия в молоке летучих веществ и газов, особенно кислорода, обуславливающих нежелательные вкус и запах. Кислород, присутствующий в молоке, при хранении способствует окислению жировой фракции и разрушению витаминов. Для удаления этих нежелательных веществ из молока используют вакуум-дезодорационные установки. Деаэрацию осуществляют обычно при температуре 65...70 °С и разрежении 0,04...0,06 МПа в течение 4...5 с. При этих условиях молоко закипает и вместе с парами удаляются нежелательные газы и летучие вещества.

Ультравысокотемпературная (УВТ) обработка молока проводится при температурах выше 100 °С без выдержки или с выдержкой 1...3 с. Так, в технологии кисломолочных напитков используют УВТ-обработку при 102 ± 2 °С без выдержки.

Термизация — это тепловая обработка молока с целью увеличения продолжительности его хранения путем снижения общей бактериальной обсемененности молока. Проводят ее при температуре 65 °С в течение 15 с. Термизация в качестве низкотемпературной кратковременной тепловой обработки рекомендована для повышения стойкости сырого молока при хранении. В сыроделии термизацию применяют для обработки молока с повышенной бактериальной обсемененностью и предназначенного для созревания, а в производстве молочных консервов — для повышения термостойкости молока.

3.3. СТЕРИЛИЗАЦИЯ МОЛОКА

Стерилизация молока — это тепловая обработка молока (при температурах выше 100 °С) с целью повышения стойкости в хранении путем уничтожения как вегетативных, так и споровых форм микроорганизмов.

Эффективность стерилизации \mathcal{E}_c определяется по разности десятичных логарифмов первоначальной концентрации спорообразующих микроорганизмов в исходном молоке C_n и конечной концентрации спор C_k в продукте после тепловой обработки:

$$\mathcal{E}_c = \lg C_n - \lg C_k.$$

Она должна быть в пределах от 9 до 10. Эффективность стерилизации находится в такой же прямой зависимости от температуры и продолжительности ее воздействия, как и при пастеризации. Стерилизацию по сравнению с пастеризацией проводят при более высоких температурах, но с менее продолжительной выдержкой, поэтому физико-химические свойства молока претерпевают почти такие же изменения, как при пастеризации.

В зависимости от особенностей производства и фасования продукта различают периодическую и непрерывную стерилизацию в таре и в потоке с асептическим розливом.

Периодическую стерилизацию в таре осуществляют после фасования и герметического укуповивания продукта при 110...120 °С в течение 15...30 мин. Для периодической стерилизации в таре служат стерилизаторы периодического действия — автоклавы. При периодической стерилизации продукт в таре загружают в стерилизатор, нагревают паром, выдерживают определенное время и охлаждают водой или воздухом до 40...50 °С. Периодическая стерилизация обеспечивает высокую стойкость продукта при хранении даже в неблагоприятных условиях (при 50 °С) в течение 12 мес и более. Однако этот способ малопроизводителен и вызывает физико-химические изменения составных частей молока вследствие продолжительного теплового воздействия. В результате этих изменений молоко приобретает сильно выраженный кипяченый вкус, буровато-кремовую окраску.

Наиболее распространена непрерывная стерилизация с одноступенчатым и двухступенчатым режимами. При стерилизации с одноступенчатым режимом в потоке продукт подвергают кратковременной ультравысокотемпературной обработке (УВТ) при температуре 130...150 °С в течение нескольких секунд, после чего фасуют в асептических условиях в стерильную тару. Стерилизацию в потоке проводят прямым или косвенным нагревом. Прямой нагрев осуществляют путем смешивания теплоносителя (пара) с продуктом, а косвенный нагрев — через теплопередающую поверхность. При смешивании с паром продукт нагревается практически мгновенно, что позволяет использовать молоко более низкой термоустойчивости. Кроме того, мгновенное тепловое воздействие вызывает наименьшие физико-химические изменения. К существенным недостаткам описанного способа относятся низкий коэффициент регенерации теплоты, повышенные требования к качеству пара, используемого для нагревания продукта.

Для стерилизации продукта способом косвенного нагрева применяют трубчатые, пластинчатые, а для вязких продуктов — скребковые теплообменники. Теплообменники косвенного нагрева характеризуются надежностью в работе, простотой обслуживания и высокой степенью использования теплоты. Однако при стерилизации в таких теплообменниках быстрее образуется пригар на теплопередающих поверхностях.

Непрерывную стерилизацию с двухступенчатым режимом осуществляют в такой последовательности: первоначально продукт стерилизуют в потоке при 130...150 °С в течение нескольких секунд, затем после розлива и укуповивания вторично стерилизуют продукт в таре при 110...118 °С в течение 15...20 мин. Двухступенчатый режим стерилизации предназначен для уничтожения мик-

роорганизмов, не только имеющих в сырье, но и попавших в продукт при его фасовании. Продукт, полученный при двухступенчатом режиме стерилизации, имеет высокую стойкость при длительном хранении.

При выборе способа стерилизации и типа установок следует учитывать условия эксплуатации, качество исходного сырья, вид вырабатываемого продукта и экономическую целесообразность.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКВАСОК

4.1. ПОДБОР КУЛЬТУР ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Производство многих молочных продуктов (кисломолочные напитки, творог, сыр) основано на биохимических процессах брожения молочного сахара (лактозы) и коагуляции казеина молока. Брожение лактозы, т. е. превращение в соединения с меньшей молекулярной массой, происходит под воздействием молочнокислых, пропионовокислых, уксуснокислых бактерий и дрожжей.

К молочнокислым бактериям, вызывающим молочнокислое брожение, относятся молочнокислые кокки и палочки. В группу молочнокислых кокков входят лактококки (*Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*) и термофильный стрептококк (*Sc. salivarius thermophilus*), а в группу молочнокислых палочек — болгарская и ацидофильная, а также палочки, используемые в сыроделии.

Пропионовокислые бактерии сбраживают глюкозу, молочную кислоту в пропионовую кислоту и другие продукты, которые обогащают вкус и запах продукта. В процессе размножения эти бактерии могут синтезировать витамин В₁₂. Уксуснокислые бактерии являются возбудителями уксуснокислого брожения, в результате которого образуется уксусная кислота.

Чистые культуры молочнокислых бактерий и другие микроорганизмы (например, дрожжи) получают в специальных лабораториях чистых культур из молока, высококачественных молочных продуктов и растений. Для бактериальных заквасок должны быть подобраны такие культуры микроорганизмов, в результате деятельности которых получают высококачественные молочные продукты.

Подбор отдельных штаммов и заквасок для кисломолочных продуктов осуществляют по следующим показателям:

соответствие микробиологической чистоты штаммов и заквасок по микроскопическому препарату (отбраковка образцов, загрязненных посторонней микрофлорой);

активность штаммов и заквасок, характеризующая продолжительностью сквашивания и органолептической оценкой (характер сгустка, вкус, запах);

влагоудерживающая способность (влагоотдача);
предел кислотообразования, определяемый по титруемой кислотности;

устойчивость к поливалентному бактериофагу;
антибиотическая и антагонистическая активность по отношению к условно-патогенной и патогенной микрофлоре.

Бифидобактерии, используемые для приготвления молочных продуктов лечебно-профилактического назначения, подбирают с учетом особенностей их свойств. Бифидобактерии медленно размножаются в молоке, отдельные штаммы этих бактерий сквашивают молоко при оптимальной температуре развития за 2...4 сут, что неприемлемо в технологии молочных продуктов. Поэтому проводят подбор штаммов бифидобактерий, имеющих повышенную кислотообразующую способность. Профилактическая и лечебная ценность молочных продуктов определяется не только количеством полученной заквасочной микрофлоры, но и способностью приживаться в кишечнике человека. Косвенным показателем способности микроорганизмов приживаться в кишечнике служит их устойчивость к фенолу, который всегда находится в содержимом кишечника. Штаммы бифидобактерий сильно различаются по этому свойству. Поэтому существует необходимость подбора бифидобактерий по данному признаку. Кроме того, следует подбирать бифидобактерии по их способности образовывать антибиотические вещества. В настоящее время определены следующие критерии подбора бифидобактерий в состав заквасок для сыра:

продолжительность свертывания молока, ч;
прирост титруемой кислотности за 24 ч, °Т;
число жизнеспособных клеток бифидобактерий в производственной закваске;
антагонистическая активность по отношению к кишечной палочке;
устойчивость к фенолу, рН;
органолептические показатели сгустка.

4.2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЗАКВАСОК

Специализированные лаборатории и биофабрики выпускают закваски в зависимости от их физического состояния и способа производства следующих видов: жидкие (обозначаются буквой Ж); сухие (обозначаются буквой С); замороженные (обозначаются буквой З); на плотных питательных средах (обозначаются буквами ПС).

В зависимости от числа жизнеспособных клеток и способа производства различают бактериальные закваски (БЗ) и бактериальные концентраты (БК).

При изготовлении *бактериальных заквасок* не проводят концентрирование микробных клеток, поэтому число жизнеспособных клеток в 1 см³ или 1 г заквасок составляет не более 10 млрд.

При изготовлении *бактериальных концентратов* проводят обязательное концентрирование микробной массы, поэтому число жизнеспособных клеток в 1 см³ или 1 г концентрата составляет сотни миллиардов.

Жидкие закваски представляют собой чистые культуры, находящиеся в активном состоянии и выращенные в стерильном молоке. Срок годности их составляет 2 нед при температуре хранения 3...6 °С. При длительном транспортировании без соблюдения режима охлаждения активность культур, входящих в жидкие закваски, быстро снижается.

С целью повышения сроков хранения заквасок, их активности и увеличения в заквасках числа бактериальных клеток вырабатывают сухие закваски, а также жидкий и сухой бактериальные концентраты. Жидкий бактериальный концентрат готовят путем культивирования молочнокислых бактерий в питательной среде, их концентрирования (центрифужным способом) и смешивания полученной биомассы с защитной средой.

Сухой бактериальный концентрат вырабатывают из жидкого препарата (с защитной средой) путем его сублимационной сушки. Сублимационная сушка заключается в высушивании бактериального препарата в замороженном состоянии при глубоком вакууме. При этом содержание микробных клеток в 1 г сухого бактериального препарата повышается до сотен миллиардов клеток, а срок хранения увеличивается до 4 мес.

Сухие закваски вырабатывают из жидких путем их сушки методом распыления или сублимации. При производстве сухих заквасок с помощью распылительных сушилок активность чистых культур сохраняется до 3 мес. При сублимационном способе сушки сохраняемость живых клеток достигает 90 % в течение нескольких месяцев и даже лет.

Сухие бактериальные закваски и концентраты в отличие от жидких более транспортабельны и могут сохраняться в течение длительного времени. При использовании сухого бактериального концентрата упрощается схема приготовления заквасок. Сухой бактериальный концентрат активизируется путем растворения его в стерилизованном обезжиренном молоке и выдержки в течение 1,5...5 ч при оптимальной температуре развития бактериальных клеток. После активации бактериальный препарат направляют непосредственно в производство или для получения первичной производственной закваски, приготовленной на пастеризованном молоке.

Разработаны закваски прямого внесения. В качестве таких заквасок используют культуры DVS (прямое сквашивание в емкостях), которые просты в употреблении и не нуждаются в предварительной подготовке, например в активизации. Во ВНИИМСе разработана технология лиофилизированных бактериальных концентратов, пригодных для непосредственного внесения в молоко при выработке сыра. Это исключает необходимость приготовления производственных заквасок на заводах.

Для обеспечения работников молочной промышленности информацией о составе микрофлоры бактериальных заквасок и концентратов введены условные обозначения различных групп, видов и разновидностей микроорганизмов, включаемых в состав заквасочной микрофлоры.

В таблице 6 приведены список микроорганизмов, используемых в составе заквасок для сыров, а также буквенные обозначения состава заквасочной микрофлоры (ее бактериальная формула), которые наносят на этикетку и (или) указывают в удостоверении о качестве заквасок.

6. Микроорганизмы, используемые в составе заквасок для сыров, и их буквенное обозначение

Подгруппа	Род	Вид	Разновидность	Условное обозначение
<i>Прокариоты бактерий</i>				
Грамположительные кокки	Enterococcus (энтерококки)	faccalis	—	ЕФ
		Lactococcus (лактококки)	lactis	lactis
	cremoris		cremoris	К
	diacetylactis		diacetylactis	Д
	cremoris dextranicum		cremoris dextranicum	Б
	Leuconostoc (лейконостоки)	lactis mesenteroides	cremoris dextranicum	Тс
Streptococcus (стрептококки)	salvaries	thermophilus	Тс	
Грамположительные неспорообразующие палочки правильной формы	Lactobacillus (лактобациллы)	casei	—	Пк
		plantarum	—	Пп
		acidophilus	—	Па
		delbruechii	bulgaricus	Пб
		lactis	lactis	Пл
		helveticus fermentum	—	Пх
Грамположительные неспорообразующие палочки неправильной формы	Bifidobacterium (бифидобактерии)	bifidum	—	БФб
		longum	—	БФл
		adolescentis	—	БФа
	Brevibacterium (бревибактерии)	linens	—	БВл
		Propionibacterium (пропионовокислые бактерии)	shermani	—

Продолжение

Подгруппа	Род	Вид	Разно- видность	Условное обозначение
<i>Эукариоты</i>				
	Плесневые грибы Penicillium	camemberti	—	Пкм
		caseicolum	—	Пкк
		roqueforti	—	Прф
	Дрожжи Torulopsis	—	—	Дт

В зависимости от числа видов микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры, закваски подразделяют на два типа: монови-
довые, состоящие из микроорганизмов одного вида или разновид-
ности, которые условно обозначают буквой М, и поливидовые, в
состав микрофлоры которых входит два или более видов микроор-
ганизмов, условно обозначаемые буквой П. Так, бактериальная
формула угличской закваски (СМС) — БЗ : П : С : ЛКДБ — рас-
шифровывается как бактериальная закваска (БЗ), поливидовая
(П), сухая (С), в состав которой входят следующие микроорганиз-
мы: *Lc. lactis* (Л), *Lc. cremoris* (К), *Lc. diacetylactis* (Д), *Leuc.*
cremoris (Б).

За рубежом используют другую систему информации о составе
заквасок. При этом она отличается в разных странах у различных
производителей. Чаще всего применяют следующие обозначения:
О — бактериальная формула имеет вид ЛК; D — бактериальная
формула ЛКД; J — бактериальная формула Б; JD — бактериальная
формула ЛКДБ.