

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Н.Г. Догарева, М.В. Клычкова

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ
МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 19.04.03 и 19.03.03 Продукты питания животного происхождения

Оренбург
2019

УДК 637.1(075.8)
ББК 36.95я73
Д59

Рецензент – доктор биологических наук Г.М. Топурия

Догарева, Н.Г.

Д59 Физико-химические и биохимические процессы при производстве и хранении молочных продуктов : учебное пособие / Н.Г. Догарева, М.В. Клычкова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 181 с.
ISBN

В учебном пособии рассмотрены все основные физико-химические и биохимические процессы при производстве и хранении молочных продуктов и их влияние на качество готовых продуктов. Так же уделено внимание микробиологии молочных продуктов и порокам, возникающим при производстве и хранении продуктов. Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 19.04.03 Продукты питания животного происхождения, магистерская программа «Биотехнологии продуктов животного происхождения». Так же пособие может быть полезно для обучающихся по направлению подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения при выполнении научно-исследовательских работ.

УДК 637.1(075.8)
ББК 36.95я73

ISBN

© Догарева Н.Г.,
Клычкова М.В., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение	4
1 Биохимические и физико-химические процессы при производстве и хранении кисломолочных продуктов	5
2 Физико-химические процессы при производстве и хранении мороженого.....	45
3 Биохимические и физико-химические процессы при производстве и хранении сыра.....	56
4 Биохимические и физико-химические процессы при производстве и хранении масла	99
5 Физико-химические процессы при производстве и хранении молочных консервов	157
6 Физико-химические процессы при производстве и хранении молочно-белковых концентратов и лактозы.....	173
Список использованных источников	181

Введение

Молочная промышленность в настоящее время является высокоразвитой отраслью народного хозяйства, оснащенной современным оборудованием. Широко внедряются новые способы обработки и переработки молока, интенсификация и автоматизация процессов, непрерывные методы производства молочных продуктов.

Давно сложившаяся традиционная технология молочных продуктов претерпела значительные изменения в процессе интенсификации и механизации производства. Для этого потребовалось проведение глубоких исследований влияния различных факторов, технологических параметров на изменение компонентов молока, формирование товарных свойств молочных продуктов. Важной задачей при этом является сохранение уникальных по пищевой и биологической ценности свойств молока и его компонентов.

Сложные технологические процессы производства молока и молочных продуктов основываются на глубоком знании органической, физической, коллоидной и биологической химии; микробиологии и ферментологии, физики и химии молока и молочных продуктов; молочного животноводства.

В основе производства молочных продуктов лежат биохимические превращения основных составных частей молока – углеводов, белков, липидов и солей. Большое внимание уделяется биохимическим и физико-химическим процессам, протекающим в молоке при выработке основных молочных продуктов, предотвращению возникновения различных пороков, снижению потерь сырья. Правильная организация и совершенствование технологических процессов, улучшение качества и свойств молочных продуктов невозможны без знания основ биохимии молока и молочных продуктов.

Изучение достижений в химии и физике молока, раскрытие сущности физико-химических и биохимических процессов производства молочных продуктов являются основой создания новых видов продуктов, повышения их питательной и биологической ценности, стойкости при хранении, способствуют прогрессу в молочной промышленности.

1 Биохимические и физико - химические процессы при производстве и хранении кисломолочных продуктов

При производстве кисломолочных продуктов осуществляются как биохимические, так и физико-химические процессы – брожение молочного сахара, коагуляция казеина и гелеобразование.

Кисломолочные продукты играют важную роль в питании людей, особенно детей, лиц пожилого возраста и больных. Диетические свойства кисломолочных продуктов заключаются в том, что они улучшают обмен веществ, стимулируют выделение желудочного сока и возбуждают аппетит. Наличие в их составе микроорганизмов, способных приживаться в кишечнике и подавлять гнилостную микрофлору, приводит к торможению гнилостных процессов и прекращению образования ядовитых продуктов распада белка, поступающих в кровь человека.

Диетическая ценность кисломолочных продуктов определяется их химическим составом. Кисломолочные продукты имеют большую ценность с точки зрения физиологии питания. Под действием молочной кислоты казеин молока коагулирует в виде мелких хлопьев и усвояемость кисломолочных продуктов повышается. Так, простокваша в течение 1ч усваивается организмом человека на 92 %, а цельное молоко – на 32%.

В таких кисломолочных продуктах, как кефир и простокваша, содержатся жирорастворимые витамины А, D, E, которые накапливаются в результате жизнедеятельности бактерий.

Творог и кисломолочные напитки богаты солями фосфора, кальция, магния, участвующими в обмене веществ организма человека.

Кумыс, кефир, ацидофильно-дрожжевое молоко содержат диоксид углерода и молочную кислоту, следы алкоголя, которые оказывают сильное секреторное воздействие на пищеварительные железы, что улучшает процесс пищеварения и усвоения пищи.

Кисломолочные продукты содержат в достаточном количестве незаменимые легкоусвояемые аминокислоты.

В связи с широким применением антибиотиков в медицине повысилась роль продуктов, содержащих ацидофильные палочки и бифидобактерии. Их использование дает возможность восстановить нормальную микрофлору кишечника, угнетаемую антибиотиками.

Брожение молочного сахара

Важнейшим биохимическим процессом, протекающим при выработке кисломолочных продуктов, является брожение молочного сахара вызываемое микроорганизмами бактериальных заквасок. Его скорость и направление определяют консистенцию, вкус и запах готовых продуктов.

По характеру брожения молочного сахара кисломолочные продукты можно разделить на 2 группы:

- продукты в основе приготовления которых лежит главным образом молочнокислое брожение (простокваша, йогурт, ацидофилин, творог, сметана).
- продукты со смешанным брожением, при изготовлении которых происходит молочнокислое и спиртовое брожение (кефир, кумыс, ацидофильно-дрожжевое молоко).

При молочнокислом брожении каждая молекула пировиноградной кислоты, образуемая из молекулы глюкозы, восстанавливается с участием окислительно-восстановительного фермента лактатдегидрогеназы до молочной кислоты. В результате из одной молекулы лактозы образуются четыре молекулы молочной кислоты

Многие молочнокислые бактерии при сбраживании сахара кроме молочной кислоты образуют ряд других химических веществ придающих кисломолочным продуктам специфические вкус и аромат. К ним относятся летучие кислоты (уксусная, пропионовая и др), карбонильные соединения (диацетил, ацетоин, ацетальдегид), спирт и углекислый газ.

В зависимости от продуктов, накапливаемых в процессе брожения, все молочнокислые бактерии подразделяются на гомоферментативные и гетероферментативные.

Бактерии (*Lac.lactis*, *Lac.cremoris*, *Lac.diacetilactis*, *Str.thermophilus*, *L.acidophilus*), образующие в качестве основного продукта брожения молочную кислоту, относят к гомоферментативным; бактерии (*Leuc. Cremoris*, *Leuc. Dextranicum* и др.), которые кроме молочной кислоты в значительных количествах образуют и другие продукты брожения - к гетероферментативным.

Путем определенного комбинирования различных видов молочнокислых бактерий и регулирования температуры сквашивания можно получить продукт с нужными вкусовыми, ароматическими достоинствами, консистенцией и диетическими свойствами.

В кисломолочных продуктах со смешанным брожением (кефир, кумыс и др.) наряду с молочной кислотой образуется большое количество этилового спирта и углекислого газа. Возбудителем спиртового брожения в этих продуктах являются дрожжи. При спиртовом брожении пировиноградная кислота под действием фермента пируватдекарбоксилазы , катализирующего отщепление углекислого газа , расщепляется на уксусный альдегид и углекислый газ.

Уксусный альдегид с участием окислительно-восстановительного фермента алкогольдегидрогеназы восстанавливается в этиловый спирт.

Способность дрожжей вырабатывать спирт и углекислый газ зависит от многих факторов: вида используемых дрожжей, количества молочного сахара в исходном сырье, температуры , рН среды и др.

Молочнокислое брожение

Оно может вызываться гомоферментативной микрофлорой: молочнокислыми стрептококками (*Str. lactis*, *Str. cremoris*, *Str. Diacetilactis* и др.) и молочнокислыми палочками (*Lbm. bulgaricum*, *Lbm. acidophilum*, *Lbm. casei* и др.). В результате воздействия 10 ферментов, выделяемых молочнокислой микрофлорой, глюкоза и

галактоза проходят гликолитический путь расщепления с образованием пировиноградной кислоты. Последняя под действием фермента лактатдегидрогеназы восстанавливается до молочной кислоты. Роль восстановителя выполняет НАД Н₂, образовавшийся в реакции окисления фосфоглицеринового альдегида.

В зависимости от условий среды (рН, температуры, наличия СО₂, О₂ и др.) и объема ароматобразующих стрептококков кроме молочной кислоты образуются ацетоин, диацетил, бутиленгликоль, летучие кислоты, спирты и др., придающие специфический аромат кисломолочным продуктам. Но этих побочных продуктов из глюкозы в результате гомоферментативного брожения образуется небольшое количество. В основном эти ароматические вещества получаются при сбраживании лимонной кислоты.

Молочнокислое брожение также может проходить по пентозофосфатному пути под действием гетероферментативной микрофлоры, включающей лейконостоки (*Leuc. citrovorum*, *Leuc. dextranicum*), молочнокислые стрептококки (*Str. diacetylactis*, *Str. paracitrovorus*, *Str. citrovorus*) и молочнокислые палочки. Эта микрофлора не имеет ключевого фермента альдолазы для расщепления фруктозо-дифосфата на две молекулы триозофосфата, поэтому и не способна провести брожение по гликолитическому пути.

Бифидобактерии (*Lbm. bifidum*) сбраживают глюкозу по фруктозофосфатному пути (вместо глюкозо-фосфата образуется фруктозо-фосфат). В результате получают молочная и уксусная кислоты, при этом последней в 1,5 раза больше.

Спиртовое брожение

Этот вид брожения проходит под воздействием молочнокислых бактерий и дрожжей с образованием из глюкозы этанола и углекислоты.

При этом часть пировиноградной кислоты под действием ферментов молочнокислых бактерий восстанавливается до молочной кислоты, а другая часть декарбоксилируется под действием пируватдекарбоксилазы, содержащейся в

клетках дрожжей, с образованием CO_2 и уксусного альдегида. Последний под воздействием НАД H_2 , который образовался при окислении фосфоглицеринового альдегида, восстанавливается в этанол.

При спиртовом брожении образуются небольшие количества уксусной, пропионовой, янтарной кислот и изобутилового спирта.

Коагуляция казеина и гелеобразование

Накопление молочной кислоты при молочнокислом брожении лактозы имеет существенное значение для образования белкового сгустка, определяющего консистенцию кисломолочных продуктов. Сущность кислотной коагуляции сводится к следующему: образующаяся (или внесенная) молочная кислота снижает отрицательный заряд казеиновых мицелл, так как H^+ -ионы подавляют диссоциацию карбоксильных групп фосфорной кислоты. В результате этого достигается равенство положительных и отрицательных зарядов в изоэлектрической точке казеина (рН 4,6-4,7).

При кислотности коагуляции помимо снижения отрицательного заряда казеина нарушается структура казеинаткальцийфосфатного комплекса (отщепляется фосфат кальция и структурообразующий кальций). Так как кальций и фосфор кальция являются важными структурными элементами комплекса, то их переход в раствор дополнительно дестабилизирует казеиновые мицеллы.

При выработке творога кислотным-сычужным способом на казеин совместно действуют молочная кислота и внесенный сычужный фермент.

Под действием сычужного фермента казеин превращается в параказеин, имеющий изоэлектрическую точку в менее кислой среде (рН 5,0-5,2).

В изоэлектрической точке казеиновые или параказеиновые частицы при столкновении агрегируют, образуя цепочки или нити, а затем пространственную сетку, в ячейки или петли которой захватывается дисперсионная среда с жировыми шариками и другими составными частями молока. Происходит гелеобразование.

При производстве кисломолочных продуктов и сыра процесс гелеобразования можно условно разделить на 4 стадии:

- стадия скрытой коагуляции (индукционный период);
- стадия массовой коагуляции;
- стадия структурообразования (уплотнение сгустка);
- стадия синерезиса.

В коллоидных системах на гелеобразование влияют концентрация дисперсной фазы, размер, форма частиц, температура и т.д. Образующийся сгусток (гель) обладает определенными механическими свойствами: вязкостью, пластичностью, упругостью и прочностью. Эти свойства связаны со структурой системы, поэтому их называют структурно-механическими или реологическими.

Структурно-механические свойства сгустков определяются характером связей, возникающих между белковыми частицами при формировании структуры. Связи могут быть обратимыми и необратимыми. Обратимые (тиксотропно-обратимые) связи восстанавливаются после нарушения структуры сгустка. Они обуславливают явление тиксотропии (от греч. *Tixis* – прикосновение + *trope* – изменение) – способность структур после их разрушения в результате какого-нибудь механического воздействия самопроизвольно восстанавливаться во времени.

Необратимые (необратимо разрушающиеся) связи не обладают свойством восстанавливаться после механического воздействия на сгусток. С ними связано явление синерезиса. Синерезис – уплотнение, стягивание сгустка с укорачиванием нитей казеина и вытеснением заключенной между ними жидкости. Скорость синерезиса определяется влагоудерживающей способностью казеина и зависит от концентрации в сырье сухих веществ, состава бактериальных заквасок, режимов тепловой обработки и гомогенизации, способа свертывания молока и других факторов.

Для кисломолочных напитков и сметаны синерезис - явление нежелательное. Поэтому при их выработке используют бактериальные закваски нужного состава и технологический процесс ведут при режимах, предотвращающих возникновение синерезиса. При производстве творога, наоборот, требуется удалить избыток

сыворотки из сгустка.

Поэтому выбирают такие режимы обработки молока, которые способствовали бы получению плотного, но легко отдающего сыворотку сгустка. Для усиления синерезиса применяют также измельчение, нагревание сгустка и т.д.

Характер связей в структуре сгустка (продукта) можно определить путем измерения так называемой эффективной вязкости – вязкости, обусловленной образованием в продукте внутренних структур. При этом определяют и сравнивают между собой эффективную вязкость не разрушенной, разрушенной и восстановленной структур. Во время формирования сгустков простокваши и кисломолочных напитков в основном образуются необратимо разрушающиеся связи. Тиксотропных связей, характеризующихся самопроизвольным восстановлением после механического воздействия, в них мало. Сметана характеризуется меньшей потерей вязкости при разрушении структуры и большим количеством тиксотропных связей по сравнению с кисломолочными напитками.

Кислотная коагуляция

Под воздействием молочной кислоты, образующейся при сбраживании молочного сахара молочнокислыми бактериями, происходит кислотная коагуляция белков молока. Кислотная коагуляция казеина лежит в основе получения структурированного молочного сгустка при производстве диетических кисломолочных продуктов (простокваши, кефира и др.), сметаны, творога кислотным способом. При производстве жирного и полужирного творога в образовании казеинового сгустка участвуют молочная кислота и сычужный фермент. В некоторых случаях для выделения молочного сгустка используют другие кислоты.

При молочнокислом гомоферментативном брожении на 1 моль лактозы образуется 4 моля молочной кислоты, то есть 342 г молочного сахара сбраживается до 360 г молочной кислоты. Предел накопления молочной кислоты зависит от вида применяемой для сквашивания молочнокислой микрофлоры, температуры

сбраживания и других технологических факторов. Молочнокислые палочки имеют более высокий предел накопления молочной кислоты (до 140-250 °Т), а молочнокислые стрептококки – более низкий (90-130 °Т).

Сущность кислотной коагуляции состоит в следующем: в казеине молока карбоксильные группы дикарбоновых аминокислот и гидроксильные группы фосфорной кислоты преобладают над аминными группами. Поэтому казеин молока имеет выраженные кислые свойства и поверхность его глобул несет отрицательный электрический заряд.

Процесс кислотной коагуляции условно делят на четыре стадии. На первой стадии (индукционный период) происходит образование молочной кислоты, при диссоциации которой накапливаются ионы H^+ . Постепенно при понижении рН ионы водорода H^+ подавляют диссоциацию свободных карбоксильных групп и кислотных групп фосфорной кислоты казеиновых мицелл. Ионы H^+ при накоплении связывают электростатически заряженные группы аминокислот COO^- , которые переходят в $COOH$, а также группы PO_4^{3-} , которые переходят в $H_2PO_4^-$. В результате уменьшается отрицательный заряд на поверхности казеиновых глобул. Кроме того, под действием молочной кислоты от казеинаткальцийфосфатного комплекса отщепляется фосфат кальция и органический кальций, которые переходят в плазму молока. В результате этого происходят конформационные изменения макромолекул казеина, их дестабилизация и диспергирование. Увеличение дисперсности частиц казеина, сопровождаемое понижением вязкости, наблюдается до достижения величины рН 6,0.

Кроме того, молочная кислота, как более сильная, вытесняет фосфорную и лимонную кислоты в солях, образуя более растворимые лактаты. Этим нарушаются солевое равновесие и буферная система молока, а также изменяются его физические свойства.

Переход кальция в более растворимые лактаты способствует повышению его усвояемости организмом человека при употреблении кисломолочных продуктов по сравнению с молоком.

Процессы, проходящие на первой стадии кислотной коагуляции, называют индукционным периодом. В начале индукционного периода до активной

кислотности рН 6,0 наблюдается увеличение дисперсности частиц казеина, сопровождаемое увеличением вязкости. По-видимому, это связано с увеличением упаковки макромолекулярных цепей и дезагрегации казеиновых частиц. Последнее вызвано изменением их электростатического взаимодействия в результате изменения рН в сторону изоэлектрической точки.

На второй стадии с накоплением ионов H^+ рН постепенно понижается и приближается к изоэлектрической точке. При этом происходят дальнейшая нейтрализация отрицательных зарядов мицелл казеина и снижение степени их гидратации. С точки, соответствующей рН 6,14, начинается увеличение размера белковых частиц. Эта точка означает начало возникновения новых связей между молекулами казеина. Молекулы казеина при столкновении образуют нерастворимые в воде агрегаты и нити, но параллельно этому наблюдается и их распад. При приближении к изоэлектрической точке глобулы казеина претерпевают конформационные изменения, становятся менее устойчивыми и менее растворимыми, теряют гидратную оболочку. Процесс агрегирования субмицелл казеина начинает преобладать над дезагрегацией (с рН 5,2-5,3), затем наступает период массовой агрегации частиц казеина. Стадия массовой явной коагуляции казеина называется флокуляцией, при этом резко повышается вязкость до гелеточки при рН 4,76-4,85.

Эту стадию сменяет третья стадия - гелеобразования, или метастабильного равновесия. В изоэлектрической точке казеина при рН 4,6-4,7 молекулы казеина обладают наименьшей растворимостью, его частицы теряют устойчивость и необратимо коагулируют. Коагулированные частицы объединяются, уплотняются, образуют нити. Происходит формирование пространственной структуры молочного сгустка из сложных белковожировых решеток, составленных из белковых мицелл и жировых шариков. В петли его сетки захватывается дисперсионная среда с компонентами молока. Сгусток уплотняется. Повышение содержания белка в молоке способствует образованию более прочного сгустка. Повышение температуры сквашивания значительно сокращает индукционный период.

Состав закваски и ее количество в большой степени влияют на интенсивность

формирования сгустка и его реологические свойства. Количество закваски влияет на кислотность молока в начале свертывания. Повышение его кислотности до 28 °Т увеличивает интенсивность агрегирования белковых мицелл и сокращает продолжительность индукционного периода и процесса гелеобразования в целом. Использование штаммов с интенсивным кислотообразованием также сокращает индукционный период и процесс свертывания молока в целом, повышаются реологические характеристики сгустков. *Str. Thermophilus* повышает вязкость сгустка, влагоудерживающую способность и тиксотропные свойства структуры по сравнению с культурами *Str. Lactis* и *Str. cremoris*.

На четвертой стадии происходят старение сгустка, его ослабление, понижение структурно-механических свойств, синерезис с выделением сыворотки.

В процессе кислотной коагуляции неденатурированные сывороточные белки не коагулируют и во время синерезиса удаляются вместе с сывороткой. Если применяются высокие температуры пастеризации молока (до 95 °С), то сывороточные белки денатурируют (от 20 до 34%) в виде взвеси и участвуют в образовании пространственной структуры молочного сгустка. При денатурации сывороточных белков нарушаются их внутримолекулярные связи, глобулы разворачиваются. После денатурации за счет межмолекулярных связей белковые частицы агрегируют, теряют сольватный слой, в результате чего легче укрупняются и коагулируют. Процесс коагуляции сывороточных белков стимулирует молочная кислота и ее H^+ ионы, которые снижают отрицательную электрозаряженность поверхности белковых глобул, смещая диссоциацию к изоэлектрической точке (рН 4,4-4,6) лактальбуминовой фракции, способствуя укрупнению частиц и их коагуляции, которая охватывает более 50% сывороточных белков. Формирование кислотных сгустков происходит за счет слабых гидрофобных, водородных и в меньшей степени ионных связей, придающих сгусткам вязкостные, тиксотропные свойства, но низкие прочность, упругость и способность к синерезису.

Характеристика кисломолочных сгустков

Различают коагуляционные и конденсационные структуры дисперсных систем, характеризующиеся различной природой связей и контактов частиц. В структурах коагуляционного типа частицы связаны межмолекулярными силами, между ними возникают коагуляционные и точечные контакты. Между частицами имеются тонкие прослойки дисперсионной среды. Структура обладает небольшой прочностью, пластичными, эластичными и тиксотропными свойствами. Тиксотропные структуры после механического их разрушения способны восстанавливаться во времени.

В конденсационных структурах дисперсные частицы соединены фазовыми контактами, основанными на химических связях. Они обладают повышенной прочностью, хрупкими свойствами, после механического разрушения не восстанавливаются. Кисломолочные сгустки обладают одновременно необратимо разрушающимися и тиксотропными связями и имеют структуры смешанного типа – коагуляционно-конденсационные.

Кисломолочные продукты различаются по характеру сгустков. Сгустки для простокваши, творога должны быть плотными, колющимися, с ровными краями на изломе, с отделением зеленоватой сыворотки. Сгустки для творога должны обладать выраженными синергетическими свойствами, легко отдавать сыворотку при термомеханическом воздействии. Синерезис – самопроизвольное сжатие сгустка путем уплотнения структуры за счет перегруппировки частиц и увеличения числа контактов между ними. То есть, для творога в сгустке должна преобладать конденсационная структура, легко отделяющая сыворотку, с незначительным количеством коагуляционно-тиксотропных связей. Ряженка, варенец, ацидофильное молоко, сметана с нежной, однородной консистенцией, наоборот, должны иметь структуру с преобладанием коагуляционных и точечных связей, с выраженными тиксотропными свойствами. Для кефира и кумыса с жидковатым, хлопьевидным сгустком структура сгустка преимущественно должна быть коагуляционного типа.

Факторы, влияющие на свойства сгустка

На структуру и свойства сгустков влияют химический состав молока или сливок, состав применяемых заквасок, режимы пастеризации и гомогенизации и некоторые другие технологические факторы.

Увеличение в молоке массовой доли сухих веществ, особенно белков, использование в заквасках энергичных кислотообразователей способствуют образованию плотных прочных молочных сгустков с выраженными синергическими свойствами. Повышение температуры пастеризации молока до 93°C - 95°C, обуславливающее денатурацию сывороточных белков, а также увеличение размера мицелл казеина при низких температурах хранения молока позволяет получить более прочные сгустки, но при этом снижается их синергическая способность.

Гомогенизация сырья также способствует повышению вязкости сгустков с более равномерным распределением жировых шариков во всей массе геля, повышением количества и дисперсности жировой фазы. В то же время сгустки из гомогенизированного сырья обладают пониженной степенью и скоростью отделения сыворотки. Это обусловлено возрастанием адсорбции плазменных белков увеличенной поверхностью жировых шариков, что затрудняет синерезис сгустка.

Структурно-механические свойства сгустков зависят от температуры сквашивания, кислотности сгустка, режимов охлаждения и созревания, от доз внесения хлористого кальция и сычужного фермента.

Способ коагуляции белков оказывает значительное влияние на структурно-механические и синергические свойства сгустков.

Сгустки, образующиеся при кислотной коагуляции белков, имеют большую дисперсность частиц, а также меньшую вязкость и прочность по сравнению со сгустками, полученными при сычужно-кислотной коагуляции. Когда одновременно на казеин воздействуют молочная кислота и сычужный фермент, технологический процесс ускоряется на 2-4 ч. Это связано с тем, что казеин при воздействии сычужного фермента переходит в параказеин, а изоэлектрическая точка смещается с

pH 4,6 до 5,2. Сгусток при этом образуется быстрее, чем только при кислотной коагуляции.

При сычужно-кислотном способе коагуляции белков пространственная структура дополнительно стабилизируется кальциевыми «мостиками», образующимися между частицами параказеина, и становится более прочной.

Кислотно-сычужные сгустки обладают и большей синергетической способностью, чем кислотные. В них лучше отделяется сыворотка и быстрее протекает процесс синерезиса, так как в этих сгустках быстрее, чем в кислотных, происходит уплотнение пространственной структуры белка. Это важно для производства творога и сыров. Продолжительность коагуляции белков молока обуславливает консистенцию кисломолочных продуктов.

Агрегация казеиновых частиц не наблюдается до достижения кислотности, соответствующей средней части логарифмической фазы развития молочнокислых стрептококков закваски. Как известно, за лагфазой (фаза задержки роста, когда бактерии приспосабливаются к условиям среды) наступает логарифмическая фаза максимальной скорости размножения бактерий, когда число клеток увеличивается в геометрической прогрессии. А затем наступает фаза зрелости или старения, во время которой бактериальные клетки начинают гибнуть.

До середины логарифмической фазы развития молочнокислой микрофлоры наблюдается увеличение дисперсности казеиновых частиц, а со второй половины этой фазы начинаются агрегация казеиновых мицелл и уменьшение их дисперсности.

Охлаждение молока во время логарифмической фазы размножения молочнокислых стрептококков способствует более интенсивному нарастанию кислотности. Если после достижения кислотности 30-35 °Т молоко охлаждается до температуры 8 °С - 10 °С, то кислотность его повышается на 20-30 °Т за 20-24 ч сквашивания. Если такое охлаждение проводится при кислотности выше 40 °Т, то кислотность нарастает меньше за тот же период, так как логарифмическая фаза развития к моменту охлаждения окончилась.

Низкая температура сквашивания позволяет получить сгусток кислотностью

60-67 °Т и с более высокой дисперсностью белковых частиц, но для этого требуется более продолжительное время. Эта особенность коллоидной системы молока легла в основу разработки ступенчатых низкотемпературных режимов сквашивания, позволяющих получить сгусток с высокой дисперсностью казеиновых частиц и более плотной консистенции. Низкотемпературное досквашивание молочного сырья (молоко или сливки) проводится при оптимальной титруемой и активной кислотности 30-35 °Т и рН 6,04-5,89 до повышения кислотности до 60-85 °Т при температуре 8 °С - 10 °С, а затем сквашенные сливки нагревают в целях образования сгустка. Дисперсность казеиновых частиц в конце первой ступени сквашивания выше, чем в исходном молоке, и остается практически одинаковой до конца сквашивания. Нагревание такого молока вызывает быстрое образование геля.

Сгусток, полученный по ступенчатому режиму, имеет меньшую активную и титруемую кислотность (на 10-14 °Т), содержит больше в 1,35 раза летучих жирных кислот, в 6,3 раза ароматобразующих бактерий, вязкость и предельное напряжение сдвига повышаются на 17-33% по сравнению с традиционным методом. При ступенчатом методе сквашивания возрастает количество связей между структурными элементами сгустка. Это в основном обусловлено тем, что при температуре 8 °С - 10 °С около 23-30% глицеридов жира отвердевает, жировые шарики становятся мутными, принимают угловатую форму, образуют кучки (снижается в 2 раза их заряд). При этом они становятся дополнительными структурными элементами для упрочнения структуры сгустка и значительно повышают его плотность. Часть оболочечного вещества жировых шариков переходит в плазму, повышая ее эффективную вязкость. С увеличением прочностных и вязкостных показателей интенсивность выделения сыворотки уменьшается. Особенно благоприятно ступенчатый режим сквашивания сказывается на улучшении консистенции низкожирной сметаны.

Биохимические процессы, протекающие при производстве кисломолочных продуктов

Простокваша

Простоквашу получают из цельного, обезжиренного, пастеризованного или стерилизованного коровьего молока. В зависимости от используемого молока и состава бактериальной закваски различают следующие виды простокваш:

- *мечниковская* – пастеризованное молоко заквашивают чистыми культурами молочнокислых стрептококков с добавлением культур болгарской палочки;

- *ацидофильная* – пастеризованное молоко заквашивают чистыми культурами молочнокислых стрептококков с добавлением культур ацидофильной палочки;

- *южная* – пастеризованное молоко заквашивают чистыми культурами молочнокислых стрептококков и молочнокислой палочки с добавлением или без добавления дрожжей;

- *ряженка (украинская)* – пастеризованную смесь молока и сливок выдерживают при температуре 95°C в течении 2-3 ч, заквашивают чистыми культурами термофильных рас молочнокислого стрептококка;

- *варенец* – стерилизованное или выдержанное при 95°C в течение 2-3 ч молоко заквашивают чистыми культурами молочнокислых стрептококков, иногда добавляют молочнокислую палочку;

- *простокваша (обыкновенная)* – пастеризованное молоко заквашивают чистыми культурами молочнокислых стрептококков, иногда добавляют болгарскую палочку.

По составу простокваши однородны, кислотность не выше 120 °Т (для южной 140 °Т).

При выработке простокваши всех видов протекает один основной процесс - сквашивание молока под влиянием молочной кислоты, образующейся в результате молочнокислого брожения. Характер сгустка и кислотность зависят от микрофлоры, которая участвует в брожении.

Молочнокислые стрептококки особенно хорошо развиваются при температуре 38 °С, в этом случае образуется сравнительно плотный, ненарушенный сгусток, нет значительных выделений сыворотки на поверхности при кислотности 120 °Т. Молочнокислые палочки развиваются при температуре около 45 °С, кислотность сгустка достигает 150 °Т. Повышенные температуры сквашивания молока и кислотность обуславливают образование плотного сгустка с характерным четким изломом.

Ацидофильные палочки сравнительно слабо сбраживают молочный сахар. Максимальная кислотность сгустка при действии их достигает 120 °Т. Ацидофильная палочка, используемая для выработки кисломолочных продуктов, относится к слизевым расам, поэтому ацидофильная простокваша имеет тягучий сгусток. Она способствует образованию в молоке достаточно плотного, но более нежного сгустка, по сравнению со сгустком, образованным молочнокислыми стрептококками.

При хранении простокваши (особенно при температуре выше 10 °С - 15 °С) в течение трех-четырех дней на ее поверхности часто появляется белая молочная плесень и начинается синерезис, что снижает качество продукта.

Молочный сахар в простоквашах разлагается частично (приблизительно 1-1,3%). Брожение прекращается, когда содержание молочной кислоты в молоке достигает 1,2-1,5%, так как кислота парализует жизнедеятельность бактерий. Однако в зависимости от вида молочнокислых бактерий предел разложения молочного сахара может быть больше. Так, болгарская палочка образует в молоке до 3% молочной кислоты.

При заквашивании молока чистыми культурами молочнокислых бактерий с добавлением дрожжей (южная простокваша) в нем может образоваться очень небольшое количество спирта, которое, однако, соответственно не влияет на качество продукта, так как развитие дрожжей подавляется быстрым повышением кислотности простокваши.

Кефир

Для получения кефира молоко заквашивают кефирными грибочками. При выработке кефира можно применить и чистые культуры микроорганизмов, однако такая закваска представляет собой надлежащий симбиоз различных бактерий. Кефирные *грибки* – сгустки свернувшегося казеина молока, переплетающиеся с нитями палочковидного микроба. Этот палочковидный микроб близок к бета-бактериям. Белковые сгустки кефирных грибочков после высушивания их имеют разнообразную форму – шаровидную, эллиптическую, неправильно округлую, состоящую как бы из нагроможденных друг на друга зернышек. Зернышки эти еле заметными ножками соединяются в плотную упругую массу, которую с большим трудом удастся расщепить на волоконца, напоминающие соединительную ткань.

Грибочками зерна кефира называются потому, что, находясь в молоке, они увеличиваются в размерах, как бы растут подобно грибам. На самом деле кефирные грибки не растут, а увеличиваются в объеме, а увеличиваются в объеме за счет отложения на них казеина молока. Белки кефира, свертываясь и образуя сгустки, захватывают внутрь микрофлору кефира, в том числе молочнокислые бактерии и дрожжи.

Молочнокислые бактерии образуют в зернах молочную кислоту, которая частично попадает на периферию зерен. При соприкосновении с окружающим молоком из него при действии молочной кислоты выделяется казеин, отлагающийся на зернах. Таким образом, кефирные грибки являются носителями микрофлоры кефира, которая длительное время (до 6 месяцев, а иногда и до года) остается активной даже при высушивании грибочков.

Грибки, предназначенные для приготовления кефирной закваски, промывают водой и опускают в молоко, где происходит разбухание зерен (если применяют высушенные грибки). Микробы из зерен попадают в молоко. Это молоко, обогащенное микрофлорой кефира, можно использовать как закваску при изготовлении кефира. В процессе сохранения кефирных грибочков находящаяся в них микрофлора частично пептонизирует казеин, в результате чего в самой массе

кефирных грибков количество альбумоз и пептонов увеличивается.

Биохимические и физико-химические процессы, протекающие в молоке при приготовлении кефира на грибковой закваске, заключаются в молочнокислом и спиртовом брожении.

Молоко створаживается и в нем появляется спирт и углекислый газ.

Кроме того, под влиянием пептонизирующих ферментов, выделяемых молочнокислыми бактериями и другими микробами грибковой закваски, происходит слабая пептонизация белковых веществ.

Так, содержание пептонов в кефире возрастает в зависимости от продолжительности созревания: в однодневном до 0,035, двухдневном 0,048 и трехдневном 0,081%.

Качество кефира зависит от соотношения количества молочной кислоты и спирта. При повышении температуры брожения до 30 °С - 35 °С получается кислый кефир с крупными хлопьями казеина, почти не шипучий вследствие усиленного молочнокислого брожения. При сильном понижении температуры замедляется молочнокислое брожение, усиливается спиртовое и кефир приобретает неприятный дрожжевой безкислотный вкус.

Молочнокислое брожение молочного сахара в кефире интенсивно происходит лишь в первое время, затем вследствие нарастания кислотности, оно заменяется спиртовым.

Предел разложения в кефире молочного сахара обусловлен количеством образовавшейся молочной кислоты, необходимым для подавления деятельности кисломолочных микроорганизмов. Обычно он не превышает 1% концентрации молочной кислоты.

По существующему стандарту в кефире для массового потребления должно быть не более 0,6% спирта. Фактически при действующей технологии производства кефира содержание спирта в нем оказывается значительно ниже, в среднем 0,1%. При образовании такого небольшого количества спирта содержание углекислого газа также незначительно, так как по реакции спиртового брожения число молекул спирта равно количеству молекул углекислого газа.

Углекислый газ влияет на физическое состояние кефира. Резкое снижение содержания углекислого газа является одной из причин изменения типичных свойств кефира. При резервуарном способе производства получают кефир с сильно пониженным содержанием углекислого газа и несколько иным вкусом, хотя не менее ценный по питательности.

Изменения, происходящие в кефире при созревании, сказываются на его свойствах, в зависимости от чего он подразделяется на слабый (однодневный), средний (двухдневный) и крепкий (трехдневный).

В результате побочных процессов в кефире могут появиться пороки – маслянокислый, уксуснокислый, тухлый, аммиачный запах и вкус. Маслянокислый вкус и запах возникают при маслянокислом брожении, вызванном развитием маслянокислых бактерий, попадавших в молоко. Уксуснокислое брожение происходит при хранении кефира, когда бутылки неплотно закупорены и в них попадает воздух.

В результате перезревания кефира и хранения его при температуре выше 8°C отделяется сыворотка. При повышенной температуре выделение газов усиливается, сгусток разрывается и выступает сыворотка. При низкой температуре углекислый газ выделяется из сгустка слабо, почти не нарушая его. Появление комков в кефире объясняется тем, что скисание молока протекало неодинаково во всех частях бутылки при изменении температуры (одностороннем нагревании), при частичной пептонизации или неравномерном выделении сыворотки.

Кумыс

Кумыс приготавливают из кобыльего молока, подвергнутого молочнокислому и спиртовому брожению. Это кислованный, шипучий напиток приятного вкуса, по консистенции мало отличающегося от молока.

Кумыс – ценный лечебный напиток, содержащий антибиотики, выделяемые дрожжами и некоторыми видами молочнокислых бактерий. Антибиотики действуют на туберкулезную палочку и возбудителей кишечных заболеваний. Конечно, для

больного организма имеют также значение особенности химического состава молока кобылиц, в первую очередь содержание растворимых белков, которые лучше усваиваются организмом.

Кумыс по биохимическим процессам очень близок к кефиру, но отличается от него составом, а также значительно большим содержанием спирта. Это объясняется сравнительно одинаковой интенсивностью молочнокислого и спиртового брожения в кумысе, чего не наблюдается в кефире. В кефире господствующей микрофлорой являются молочнокислые стрептококки, оказывающие тормозящее действие на дрожжи, а в кумысе молочнокислая микрофлора представлена главным образом молочнокислыми палочками, не подавляющими развитие дрожжей.

Кумыс созревает при выдержке на холоде (5 °С - 7 °С). Кислотность его повышается слабо, а количество спирта и углекислого газа увеличивается. В зависимости от продолжительности созревания различают кумыс слабый (1 сутки), средний (2 суток) и крепкий (3 суток). Слабый, средний и крепкий кумыс различаются не только по кислотности и количеству спирта, но и по пептонизации белковых веществ.

Точно определить кислотность кумыса можно только после освобождения его от углекислоты (после нагревания до 50 °С). Такая кислотность называется постоянной в отличие от общей кислотности, получившейся при титровании кумыса, не освобожденного от углекислоты.

Постоянная кислотность слабого кумыса должна быть 60-80 °Т; среднего - 81-105 °Т; крепкого 106-120 °Т; количество спирта в слабом кумысе до 1, в среднем до 1,75 и в крепком до 2,5%.

При созревании свыше 3 суток кумыс приобретает дрожжевой привкус вследствие большого количества скопляющихся в нем дрожжей. Содержание спирта в старом кумысе может достигнуть 3%.

Пороки кумыса, вызываемые действием посторонней микрофлоры, аналогичны порокам кефира.

В кумысе, вырабатываемом из коровьего молока, более высокое содержание казеина обуславливает грубоватость консистенции. Уже через 0,5 ч после

взбалтывания в таком кумысе отстаиваются белки и выделяется сыворотка. В кумысе из кобыльего молока едва заметный отстой получается не ранее чем через 6 ч хранения. Процессы, протекающие в кумысе из коровьего молока, почти аналогичны процессам, протекающим в обычном кумысе.

Сметана

В образовании структуры продукта участвуют молочный жир и белки. Главную роль играет жир, который в результате отвердевания и кристаллизации повышает прочность структуры и вязкость сметаны. Дополнительно структуру стабилизируют образующиеся во время охлаждения жировые скопления. Казеин и сывороточные белки, находящиеся в плазме сметаны и на оболочках жировых шариков, благодаря своей способности связывать влагу также улучшают консистенцию продукта.

Таким образом, при производстве сметаны протекают не только процессы брожения молочного сахара и коагуляции казеина, зависящие от режимов пастеризации, гомогенизации и сквашивания сливок, но и процессы формирования и упрочнения структуры жировой фазы, определяемые режимами гомогенизации и скоростью охлаждения продукта.

При выработке сметаны для получения нужной вязкости продукта и уменьшения степени выделения сыворотки сливки следует пастеризовать при высоких температурах (85 °С - 95 °С с выдержкой в течение 15-20 с и более). Данный режим пастеризации способствует также образованию сульфгидридных групп, придающих сметане специфический привкус (привкус пастеризации), и гарантирует полное разрушение липазы, которая может вызвать пороки вкуса сметаны при хранении.

Гомогенизация сливок при производстве сметаны способствует повышению вязкости и пластичности готового продукта, а также ускоряет образование сгустка. В результате гомогенизации увеличивается дисперсность жира с одновременной адсорбцией на поверхности жировых шариков плазменных белков, затрудняющих

синерезис сгустка. С повышением давления гомогенизации (до 10 МПа) вязкость сметаны увеличивается. Однако при гомогенизации сливок 30-40% -ной жирности может не хватать оболочечного вещества для образования новых оболочек жировых шариков, что приводит к увеличению количества свободного жира и образованию скоплений жировых шариков (даже наблюдается слияние отдельных шариков с увеличением их диаметра).

Чтобы избежать образования в сливках жировых скоплений, следует применять двухступенчатую гомогенизацию (при низком давлении на второй ступени частично разбиваются образовавшиеся агрегаты жировых шариков и белков).

При выработке сметаны различных видов окончание процесса сквашивания сливок (который длится 6-16 ч при температуре 26 °С - 30 °С) определяют по нарастанию кислотности до 55-70 °Т. Дальнейшее повышение кислотности (до рН изоэлектрической точки казеина) может привести к перезарядке белка, вследствие чего структура сгустка приобретает хрупкие, необратимо разрушающиеся связи, сметана теряет пластичность и разжижается при размешивании.

Охлаждение и созревание сметаны осуществляется при 1 °С - 8 °С в течение 6-48 ч. Продолжительность созревания сметаны зависит от скорости охлаждения продукта, которая определяется видом упаковки. В процессе созревания окончательно формируется и упрочняется структура продукта.

Структура сметаны содержит еще небольшое количество тиксотропных, самопроизвольно восстанавливающихся после механического воздействия связей. Поэтому в этот период особенно важно оставить сметану в «покое». Продолжительность охлаждения и созревания сметаны можно сократить, предварительно охладив сливки до 2 °С - 6 °С перед сквашиванием и выдерживания их при этой температуре 1-3 ч.

Для повышения вязкости и улучшения консистенции сметаны пониженной жирности рекомендуется увеличить содержание сухих веществ путем добавления сухого обезжиренного молока, сухого или жидкого казеината натрия и других молочно-белковых концентратов. Например, при выработке сметаны 20%-ной

жирности с добавлением 1,8-2% сухого казеината натрия эффективная вязкость увеличивается в несколько раз и превышает вязкость сметаны 30%-ной жирности.

Чистые кисломолочные вкус и запах сметаны, а также привкус пастеризации вызывают вещества, образующиеся при пастеризации и сквашивании сливок: сульфгидрильные группы, диацетил, молочная и уксусная кислоты, ацетальдегид, лактоны и др. Однако главным образом ароматическим веществом продукта считают диацетил, синтезируемый ароматобразующими молочнокислыми бактериями, поэтому выраженность вкуса и запаха сметаны зависит от активности бактериальных заквасок, температуры и продолжительности сквашивания сливок.

Физико-химические процессы при охлаждении и созревании сметаны

При охлаждении сквашенной сметаны до 1 °С - 6 °С и выдержке ее при этой температуре в течение 3-48 ч для созревания происходит увеличение структурно-механических показателей, консистенция сметаны становится более плотной и густой. Это обусловлено в некоторой степени набуханием белков и связыванием ими свободной влаги, тиксотропными процессами и в основном отвердеванием (на 30-50%) глицеридов жировых шариков. Набухание белков протекает в течение суточного созревания сметаны, а при более длительном созревании начинается постепенное «старение» геля, и по истечении двух суток количество связанной воды в геле уменьшается на 1-2% по сравнению с гелем суточного созревания. Отвердевшие шарики связывают частицы белка и уплотняют белково-жировую структуру продукта.

В низкожирных видах сметаны более важную роль в формировании ее структуры и консистенции играют белки, а в сметане традиционной жирности и выше физико-химические процессы жировой фазы.

Чем ниже температура охлаждения и созревания сметаны, чем быстрее происходит ее охлаждение, чем больше содержится жира в сметане, тем больше глицеридов жира переходит в твердое состояние, тем больше повышается плотность и эффективная вязкость продукта.

Отвердевают в основном средне- и легкоплавкие группы глицеридов. В первый период охлаждения (около 20 мин) до температур созревания в момент массового образования центров кристаллизации отвердевает до 50% способных отвердеть при данной температуре глицеридов. Затем интенсивность отвердевания замедляется, и равновесие между твердой и жидкой фазами глицеридов устанавливается в течение 3-4 ч. Максимальная степень отвердевания молочного жира достигается при 0 °С и в зависимости от его химического состава составляет 52-58%; при 2 °С – 52,4-53,5; при 4 °С – 50,9- 51,4; при 6 °С – 47,8-48,3; при 8 °С – 43,9-44,9%.

Чем быстрее охлаждается сметана, тем больше образуется центров кристаллизации и тем большая достигается степень отвердевания. Для охлаждения без перемешивания до температуры созревания сметаны, расфасованной в бидоны, требуется 14-16 ч, а при мелкой фасовке в стаканчики и баночки – 2-3 ч.

Охлаждение и созревание сметаны желательно проводить в условиях исключения или самого минимального механического воздействия на ее структуру. Сметана представляет собой достаточно прочную полидисперсную структурированную систему, которая после перемешивания и разрушения структуры тиксотропно не восстанавливает ее полностью. Это наблюдается при изготовлении сметаны резервуарным способом, когда сквашивание и охлаждение ее проводятся в резервуарах с перемешиванием. Последнее значительно разрушает структуру продукта и разжижает его консистенцию.

В сметане из гомогенизированных сливок отвердевание мелких жировых шариков проходит быстрее и интенсивнее, а степень отвердевания глицеридов на 4-6% выше, чем в негомогенизированных. Кроме того, на поверхности гомогенизированных сливок адсорбируются плазменные белки, в том числе и водорастворимые, денатурированные при пастеризации. При отвердевании глицеридов жировых шариков такой высокой дисперсности возникает больше структурных контактов и при образовании структуры вовлекаются адсорбированные последними белки, что значительно повышает структурно-механические свойства сгустка. Поэтому сметана из гомогенизированных сливок

имеет более густую консистенцию, чем из негомогенизированных, лучше удерживает сыворотку и меньше разжижается при механическом воздействии.

Отвердевание глицеридов при охлаждении сметаны преимущественно проходит в а-полиморфной форме и частично в р-форме. При созревании сметаны первая превращается во вторую, имеющую достаточную стабильность при температурах реализации продукта.

Вследствие довольно замедленного (несколько часов) охлаждения сметаны выкристаллизовывание глицеридов проходит фракционно на поверхности уже существующих кристаллов и кристалликов с образованием многослойных кристаллитов с «шубами». Они связывают и упрочняют структуру сметаны за счет возникновения новых структурных связей смешанного типа - коагуляционно-конденсационных, так как кристаллиты срашиваются друг с другом и одновременно образуют «мостики» между белковыми частицами. При механическом перемешивании и повышении температуры легкоплавкие «шубы» кристаллитов расплавляются, вся система становится более подвижной, сметана несколько разжижается.

Поскольку отвердевание глицеридов жира при созревании проходит фракционно, то и расплавление их при повышении температуры будет идти также фракционно. Уже небольшое повышение температуры сметаны при транспортировке и реализации вызовет расплавление наиболее легкоплавких «шуб» кристаллитов и, следовательно, разжижение сметаны.

Для сокращения периода созревания сметаны и получения более густой и стабильной консистенции предложили ввести термомеханическую обработку сливок перед сквашиванием. Установив, что при созревании сметаны основную роль играют процессы отвердевания жировой фазы, предложили ввести низкотемпературную подготовку сливок при 2 °С - 8 °С перед сквашиванием с выдержкой 0,5-1,5 ч, получив тот же эффект отвердевания жировой фазы сливок, что и при созревании сметаны. При быстром и глубоком охлаждении сливок до 2 °С - 6 °С с перемешиванием достигается наибольшая степень переохлаждения жира, создаются оптимальные условия для возникновения многочисленных центров

кристаллизации и образования мелких смешанных и более термоустойчивых кристалликов.

Термостатирование в течение 1-1,5 ч приводит к отвердеванию при температуре 2 °С - 8 °С 58,6—41,8% жира в виде смешанных кристаллов с преобладанием в них легко- и среднеплавких глицеридов. Максимум плавления этих групп в основном при 16 °С - 21 °С и частично при 29 °С - 31 °С. Изменение температуры от 2 °С до 8 °С мало влияет на количество отвердевшего жира, но при более низких температурах отвердевший жир более легкоплавок, чем при более высоких температурах.

По окончании низкотемпературной подготовки сливок в отвердевшем жире превалирует β -форма и частично присутствует α -форма, легкоплавких групп глицеридов в 3 раза больше, чем высокоплавких. Чтобы легкоплавкий отвердевший жир не расплавился, нагревание сливок до температуры сквашивания (22 °С - 24 °С) проводится при мягком режиме: температура теплоносителя должна быть не выше 25 °С - 27 °С. Однако отвердевшие легкоплавкие и частично среднеплавкие глицериды расплавляются, в твердом состоянии остается 18-22% глицеридов жира. При сквашивании происходит дальнейшее отвердевание высоко- и тугоплавких глицеридов, а также стабилизация полиморфных форм с образованием β -форм и β -модификаций, перекристаллизация и дифференциация отвердевших групп глицеридов. Соотношение в отвердевшем жире легкоплавких и высокоплавких групп глицеридов становится 1,5:1 с повышением температуры максимумов их плавления до 21 °С - 23 °С и 33 °С - 34 °С. Вся система отвердевшего жира становится термостабильной и более устойчивой.

В образовании пространственной структуры молочнокислого сгустка участвуют полуотвердевшие жировые шарики и их многочисленные скопления, а также отвердевшая фаза молочного жира с частично или полностью дестабилизированными оболочками жировых шариков. Участие отвердевшего жира в образовании структуры сгустка способствует значительному повышению его плотности и связности.

Охлаждение сметаны после сквашивания до температуры 2 °С - 8 °С приводит

к быстрому (на базе имеющихся кристалликов жира) дополнительному отвердеванию легко- и среднеплавких глицеридов, к уплотнению консистенции. При этом практически не требуется термостатирования - созревания сметаны при температурах охлаждения. По сравнению со сметаной, изготовленной традиционным способом (физического созревания), продукт, выработанный с предварительной низкотемпературной обработкой сливок, имеет в 1,5 раза больше отвердевшего жира с большим удельным весом высокоплавких и тугоплавких глицеридов и в более стабильных полиморфных формах.

Поэтому сметана, изготовленная с предварительным физическим созреванием сливок, имеет более густую консистенцию, стойкую к синерезису, и меньше разжижается при перемешивании, чем сметана, изготовленная по традиционной технологии

Творог

Главными процессами, определяющими качество творога, являются коагуляция казеина и обработка (обезвоживание) образующегося сгустка. Для выработки продукта стандартной влажности и консистенции необходимо получить плотный (прочный) белковый сгусток с необратимо разрушающимися связями, способствующими его синерезису.

Характер и степень обезвоживания сгустка определяются температурой пастеризации молока, способом свертывания белков, температурой и продолжительностью сквашивания, кислотностью сгустка во время обработки, дозой вносимого хлорида кальция и др.

При выработке творога для лучшего отделения сыворотки и уменьшения потерь белка с ней наиболее целесообразно пастеризовать молоко при 78 °С - 80 °С с выдержкой в течение 10-20 с.

Вопрос о целесообразности применения гомогенизации молока при производстве творога еще не решен (гомогенизация приводит к замедлению синерезиса). Выяснено, что при выработке жирного творога из гомогенизированного

молока уменьшаются потери жира с сывороткой, но получается дряблый сгусток, плохо выделяющий сыворотку, что затрудняет его обработку. Применение раздельной гомогенизации позволяет устранить этот недостаток (при высокой дисперсности жира исключается нежелательное воздействие давления на белки молока). В настоящее время гомогенизацию молока применяют при производстве творога на механизированных линиях Я9-ОПТ и др.

Лучше отделяют сыворотку кислотно-сычужные сгустки; в них быстрее по сравнению с кислотными происходят перегруппировка белковых частиц и уплотнение пространственной структуры. Отделение сыворотки легче регулировать в обезжиренном сгустке, так как жир затрудняет выделение влаги из пространственной сетки сгустка, поэтому жирный и полужирный творог часто вырабатывают раздельным способом.

Температура сквашивания 26 °С - 32 °С способствует получению творога стандартной кислотности и влажности. При более высоких температурах увеличиваются размеры белковых частиц сгустка и степень выделения сыворотки при самопрессовании, в результате чего может получиться излишне обсушенный продукт с крошливой консистенцией.

Определение окончания сквашивания молока – важный момент при производстве творога. Обработка сгустка при недостаточной кислотности приводит к получению продукта с резинистой консистенцией, а при излишней кислотности продукта – с мажущей консистенцией и кислым вкусом, что обусловлено взаимодействием молочной кислоты с казеиновым комплексом (отщеплением от него кальция).

Окончание процесса сквашивания устанавливают по виду и кислотности сгустка. Кислотность должна составлять 55-60 °Т (рН 5,05-5,15) при кислотно-сычужном и 70-80 °Т (рН 4,5-4,7) при кислотном способах.

Образующийся в процессе сквашивания плотный сгусток самопроизвольно сжимается и выделяет сыворотку. Отделение сыворотки начинается в изоэлектрической точке казеина при рН 4,6-4,7 для кислотного и при рН 4,7-5, для кислотно-сычужного сгустков. Нарастание кислотности при выдержке разрезанного

сгустка, а также его нагревание при отстаивании ускоряют выделение сыворотки. Наиболее интенсивный синерезис сгустка наблюдается при рН 4,2-4,3, дальнейшее повышение кислотности замедляет отделение сыворотки. Уплотнению кислотно-сычужного сгустка и выпрессованию из него влаги способствует добавленный к молоку хлорид кальция. Его действие усиливается с увеличением дозы, однако вносить более 600 г хлорида кальция нецелесообразно, так как сгусток образуется слишком быстро и при низкой кислотности. А творог приобретает невыраженный вкус и резинистую консистенцию.

Кисломолочные вкус и запах творога, как и вкус и запах простокваши, формируются в период сквашивания молока. Они определяются составом бактериальной закваски и продолжительностью сквашивания. В твороге, наряду с молочной кислотой, диацетилом и ацетальдегидом, активно накапливаются летучие кислоты (уксусная, пропионовая и др.), а также свободные аминокислоты.

Формирование биохимических свойств кисломолочных продуктов

Как уже указывалось выше, в процессе биохимического сквашивания накапливаются молочная кислота, углекислота, этиловый спирт, множество ароматических веществ, растворимые формы азота, витамины, антибиотики и др.

Молочной кислоте принадлежит главенствующая роль в формировании белкового сгустка и придании кисломолочным продуктам приятного кисломолочного вкуса. Содержание молочной кислоты в продукте зависит от химического состава молока, применяемой бактериальной закваски и технологических режимов производства.

Содержание спирта и углекислоты в кисломолочных продуктах обусловлено количеством молочного сахара в сырье, видом используемых дрожжей, температурой и рН среды, режимом созревания.

Углекислый газ, накапливаясь в продукте, вытесняет из него кислород и создает благоприятные анаэробные условия для развития молочнокислой микрофлоры. Пузырьки CO_2 , пронизывая сгусток, разрушают его структуру и

обуславливают образование хлопьевидной консистенции и щиплющего приятного вкуса продукта.

Дрожжи, молочнокислые и ароматобразующие бактерии продуцируют в кисломолочных продуктах ароматические вещества: летучие кислоты, карбонильные соединения, лактоны, спирты, эфиры, сернистые соединения, ацетоин, диацетил, ацетальдегид и др. Они придают кисломолочным продуктам специфические вкус и аромат. Объем вкусовых и ароматических веществ в кисломолочных продуктах зависит от количества молочного сахара в сырье, от вида используемой микрофлоры закваски, рН среды, технологических факторов.

При молочнокислом сквашивании проходит также протеолиз, степень и глубина которого зависят от вида микрофлоры закваски, рН среды, температуры и продолжительности созревания продукта. Молочнокислые бактерии и дрожжи расщепляют в той или иной степени белки молока с образованием азотистых и безазотистых соединений.

Для закваски сметаны и творога, предназначенных для длительного хранения, используют штаммы бактерий, обладающие слабой протеолитической способностью, а для продуктов, реализуемых в свежем виде, наоборот, бактерии, обладающие выраженной протеолитической активностью. Особенно активно проходит протеолиз при созревании кефира и кумыса. В кумысе, созревавшем одни сутки количество пептидов увеличивается по сравнению с кумысом без созревания в 1,9 раза, аминокислот – в 2,5 раза. И чем дольше созревает кумыс, тем больше накапливается этих продуктов. После суточного созревания содержание аминокислот составляет (мг%): в курунге – 19-26, кефире – около 12, мацуне и йогурте – 10-13. В твороге, выработанном кислотным способом, массовая доля аминокислот составляет в весенне-летний период 18,22 мг%, осенне-зимний – 24,98, и в выработанном кислотно-сычужным методом – 22,67 мг%.

В кисломолочных продуктах микрофлора заквасок синтезирует витамины С, группы В (тиамин, рибофлавин, В₁₂), ниацин. Особенно активно их синтез проходит в течение нескольких суток созревания, поэтому чем дольше выдерживается продукт, тем больше в нем накапливается витаминов. Количество синтезируемых

витаминов зависит также от вида микроорганизмов закваски.

Почти все кисломолочные продукты содержат естественные антибиотики (низин, бензойную кислоту, диплококцин, лактонин и др.). *Str.lactis* и *Str. Cremoris* синтезируют низин и диплококцин, *Lbm. acidophilum, bulgaricum* - низин, лактонин, бензойную кислоту. Низин нашел широкое применение в пищевой и молочной промышленности для подавления вегетативной и споровой микрофлоры. Он понижает терморезистентность спор бактерий, поэтому при внесении его в консервы можно понизить температуру и продолжительность их стерилизации. Его используют в производстве молочных консервов и плавленых сыров.

Микробиология кисломолочных продуктов

В условиях промышленной переработки молока при изготовлении различных кисломолочных продуктов его предварительно пастеризуют, а затем заквашивают 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 (что бывает при самопроизвольном сквашивании молока), и обеспечивает высокое качество готовой продукции. Режим технологического процесса должен быть тесно увязан со свойствами заквасочной микрофлоры. Большое значение имеет активность используемой закваски и качество перерабатываемого молока. Иногда происходит замедленное сквашивание молока вследствие пониженного содержания в нем сухих веществ, витаминов, наличия антибиотиков, используемых при лечении коров. Потеря активности закваски может быть обусловлена наличием в молоке бактериофага. 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 появлению различных дефектов готового продукта.

В состав закваски для изготовления простокваши обыкновенной, сметаны и творога входят мезофильные гомоферментативные молочнокислые стрептококки (*S. lactis*, *S. cremoris*) и ароматообразующие стрептококки (*S. lactis* subsp. *diacetylactis*).

При изготовлении творога, кроме закваски, применяют сычужный фермент, который активизирует процесс.

При производстве любительской сметаны используют смесь двух заквасок мезофильного стрептококка (*S. lactis*) и термофильного (*S. thermophilus*) в равных количествах.

При хранении этих продуктов в них могут развиваться дрожжи, уксуснокислые бактерии и плесени, попадающие в продукт извне (с производственного оборудования, рук и одежды рабочих, из воздуха). При этом появляются 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 спиртовый привкус. Одним из распространенных дефектов сметаны, и особенно свежего творога, является излишняя кислотность, обусловленная развитием термофильных молочнокислых палочек. Творог нередко ослизняется в результате развития слизиобразующих рас молочнокислых стрептококков.

При интенсивном развитии уксуснокислых бактерий появляется тягучесть сгустка.

Среди плесеней основным возбудителем порчи является молочная плесень (*Oidium lactis*), 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.

Для изготовления болгарской простокваши (йогурта) используется симбиотическая закваска, содержащая термофильный молочнокислый стрептококк (*S. thermophilus*) и болгарскую палочку (*Lactobacillus bulgaricus*) в определенном соотношении. Болгарская палочка обогащает аромат простокваши, а термофильный стрептококк смягчает ее вкус.

Близкой к болгарской простокваше по способу приготовления является южная простокваша.

Ацидофильная простокваша – продукт, также близкий к болгарской простокваше, но в состав закваски, кроме термофильного молочнокислого стрептококка, входит ацидофильная палочка (*L.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 вырабатывать антибиотические вещества, подавляющие развитие многих гнилостных бактерий и возбудителей кишечных инфекций.

При выработке кефира используют не чистые культуры микроорганизмов, а естественную симбиотическую грибковую закваску - пастеризованное молоко, сквашенное так называемым кефирным грибом. Микрофлора его разнообразна и полностью не установлена. Кефирный грибок имеет неправильную форму, складчатую или бугристую поверхность, упругую консистенцию. Размер его от 1-2 мм до 3-6 см и более. При микроскопировании в грибке наблюдается тесное переплетение палочковидных бактерий, которые образуют как бы остов (stroma), удерживающий в себе остальные микроорганизмы. Эта бактерия является, по-видимому, гетероферментативной молочнокислой палочкой, принимающей участие в процессе сквашивания кефира.

Основная роль в процессе сквашивания и созревания кефира принадлежит мезофильным гомо- и гетероферментативным молочнокислым стрептококкам и дрожжам. Некоторое значение имеют термофильные молочнокислые палочки и уксуснокислые бактерии. Последние, как и дрожжи, повышают активность молочнокислых бактерий.

Кефир является, таким образом, продуктом комбинированного брожения: молочнокислого и спиртового. Содержание спирта может быть 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.

В кефире иногда появляется запах сероводорода. Причина этого дефекта окончательно не выяснена. Возбудителем его, по-видимому, являются гнилостные бактерии. Нередко в сгустке кефира образуются «глазки». Их образование связано с излишним развитием дрожжей и ароматообразующих бактерий – компонентов кефирного грибка. Кумыс готовят из кобыльего молока. Приготовление кумыса, как и кефира, основано на молочнокислом и спиртовом брожениях.

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 термофильные молочнокислые бактерии (болгарская и ацидофильная палочки) и дрожжи, сбраживающие лактозу и обладающие антиобитической активностью. Спиртовое брожение протекает активно; количество спирта достигает 2-2,5 %.

В настоящее время готовят кумыс и из коровьего молока.

В зависимости от продолжительности сквашивания и степени созревания получают кумыс разной степени кислотности и с различным содержанием спирта.

В состав закваски для ряженки входят термофильный молочнокислый стрептококк (*S. thermophilus*) и в небольшом количестве болгарская палочка. Ряженка вырабатывается из смеси молока и сливок. Смесь перед заквашиванием нагревается до 95 °С в течение 2–3 ч, в результате чего она приобретает цвет и вкус топленого молока.

Имеются и другие кисломолочные продукты, которые изготавливают на так называемых естественных заквасках – молоко заквашивается сгустком (остатком) предыдущей выработки. В этом сгустке находятся специфические активные молочнокислые бактерии, часто еще и дрожжи. Примером могут служить различные национальные молочнокислые напитки, например чал, мацони, курунга, айран.

Вкус и запах молочных продуктов

Вкусовые и обонятельные ощущения тесно связаны между собой и образуют неразрывный комплекс. Состав вкусовых и ароматических веществ в молоке и молочных продуктах определяет их качество.

Вкус свежего молока – приятный, слегка сладковатый, цвет цельного – желтовато-белый, а обезжиренного – голубоватый. Свежевыдоенное молоко имеет однородную жидкую консистенцию.

Из химического состава молока следует, что в него входит много компонентов, из которых каждый участвует в образовании вкуса и запаха. В ароматическую композицию молока и молочных продуктов входят альдегиды, метилкетоны, кислоты, лактоза, амины и сернистые соединения. В настоящий период интенсивно ведутся научные работы по количественному определению каждого компонента этой композиции.

В ароматической композиции молока и молочных продуктов содержатся все насыщенные альдегиды, за исключением масляного альдегида. Кроме того, сюда входят изомасляный, изовалериановый альдегиды, гептадиен, пентен, нонен, фурфурол и бензальдегид.

Значительной частью композиции, ответственной за запах молока и молочных

продуктов, являются неразветвленные метилкетоны с нечетным числом углеродных атомов, от ацетона до пентадеканона, и лишь два кетона – бутанон и гексанон – имеют четное число углеродных атомов.

В состав летучих компонентов молока и молочных продуктов входят все насыщенные кислоты с неразветвленной цепью от муравьиной до миристиновой.

Муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и капроновая кислоты содержатся в молоке в свободном состоянии.

В состав кислот, влияющих на вкус и, возможно, на аромат молока и молочных продуктов, входят также молочная, пировиноградная, ацетоуксусная, щавелевоуксусная и лимонная.

При термической обработке молока и молочных продуктов количество свободных кислот возрастает.

Существенную роль в образовании аромата играют сернистые соединения, несмотря на то, что они содержатся в ничтожных количествах. В состав их входят метилсульфид, метилмеркаптан, диметилсульфид, метиональ и сероводород. Среди летучих соединений молока и молочных продуктов в последние годы были обнаружены аммиак, этиламин, бутиламин.

Несмотря на то, что природа вкуса и запаха различных молочных продуктов имеет одну основу, каждый молочный продукт имеет специфические особенности этих показателей.

Пороки кисломолочных продуктов

Таблица 1-Пороки кисломолочных продуктов

1	2
Порок	Причина возникновения
<i>Пороки жидких кисломолочных продуктов</i>	
Жидкая консистенция с отстоем сыворотки	Использование молока с плотностью менее 1027 кг/м ³ для всех кисломолочных напитков и менее 1028 кг/м ³ для кефира Недостаточный режим тепловой обработки исходного молока, в результате которого не наблюдается денатурации сывороточных белков Отсутствие гомогенизации молока Несоблюдение режимов перемешивания Подача сгустка на розлив с помощью насосов
Хлопьевидная консистенция	Низкая термоустойчивость белков молока Местная коагуляция белков при взаимодействии закваски с первыми порциями молока, подаваемого в резервуар с находящейся в нем закваской
Неспецифический простоквашный привкус для кефира	Недостаточное развитие дрожжей, ароматобразующих и уксуснокислых бактерий
Слишком быстрое сквашивание кефира и повышенная его кислотность	Отсутствие нормальных температурных условий для процесса сквашивания кефира, при которых интенсивно развиваются термофильные палочки
Наличие бактерий группы кишечной палочки	Нарушение санитарно-гигиенических условий производства
<i>Пороки творога</i>	
Кормовой привкус	Передается творогу и творожным изделиям из исходного молока
Нечистый, старый, затхлый вкус и запах	Обусловлен использованием плохо вымытой тары, оборудования, а также хранением продукта в плохо проветренном помещении; может быть вызван развитием в твороге гнилостных бактерий из-за применения неактивной закваски и несоблюдения режимов производства.
Излишне кислый вкус	Возникает при нарушении технологического режима производства в результате усиления молочно-кислого брожения при удлинении сроков самопрессования и прессования творога и несвоевременном и недостаточном охлаждении его.
Уксуснокислые, едкие вкус и запах	Появляется в результате развития уксуснокислых бактерий, развивающихся в твороге во время хранения при повышенных температурах
Прогорклый вкус	Возникает при низких температурах переработки молока и вызывается плесенью и бактериями, образующими фермент липазу, или липазой, находящейся в сыром молоке

Продолжение таблицы 1

1	2
Горький вкус	Появляется при поедании коровой полыни, лютика и др. растений с горьким вкусом; образованию горечи способствует также развитие гнилостных бактерий, расщепляющих белки молока
Дрожжевой вкус	Характерен в основном для сырковой массы и обусловлен развитием дрожжей при хранении плохо охлажденного продукта
Грубая, сухая, крошливая консистенция	Обусловлен повышенной температурой отваривания и излишним дроблением сгустка при производстве творога кислотным способом
Резинистая консистенция	Характерен для творога, приготовленного кислотным способом; появляется при внесении больших доз сычужного фермента при сквашивании молока при повышенных температурах
Вспучивание	Вызывается дрожжами при упаковке недостаточно охлажденного творога, неплотной набивке его в кадки и повышенной температурой хранения
Выделение сыворотки	Наблюдается при недостаточном прессовании
Ослизнение и плесневение творога	Наблюдается при рыхлой упаковке продукта, неплотном прилегании крышки к поверхности творога и при хранении его в сырых помещениях
<i>Пороки сметаны</i>	
Нечистый вкус и запах	Использование сырья с нечистым вкусом и запахом (хлевный, плохо вымытой посуды и оборудования, посторонний); обсеменение сметаны посторонней микрофлорой, в результате жизнедеятельности которой изменяются составные части продукта, накапливаются вещества, не свойственные сметане; поглощение сметаной посторонних запахов при производстве и хранении.
Кормовой привкус	Переход из корма в молоко, а затем в сметану специфических вкусовых и ароматических веществ (алкалоидов, эфиров, глюкозидов); адсорбция молоком запаха кормов при получении и хранении.
Излишне кислые вкус и запах	Чрезмерное развитие молочнокислого брожения, вызываемого микрофлорой незаквасочного происхождения с высокой энергией кислотообразования, например, термоустойчивой молочнокислой палочкой. Развитию порока способствуют: повышение температуры сквашивания сливок, большие дозы вносимой закваски; излишне длительный процесс сквашивания; замедленное и недостаточное охлаждение сметаны; повышенные температуры транспортирования и хранения.
Пресные вкус и запах	Недостаточная кислотность в результате торможения молочнокислого брожения. Появлению этого порока способствуют: низкие температуры сквашивания сливок (особенно в холодное время года); использование малоактивной закваски, а также закваски для сквашивания сливок в излишне малых количествах, попадание в сливки ингибиторов.
Пустой вкус, невыраженный аромат	Накопление молочной кислоты без достаточных количеств ароматических веществ. Это может быть результатом применения закваски, культуры которой продуцируют мало ароматических веществ; отсутствие условий для развития ароматобразующей микрофлоры (высокие температуры сквашивания, низкое качество сырья с недостаточным содержанием витаминов, микроэлементов, особенно весной); низкие температуры пастеризации сливок.
Дрожжевой привкус	Попадание в сметану и развитие газообразующей микрофлоры, в частности различного рода дрожжей, которые накапливают продукты своей жизнедеятельности.
Наличие горечи	Использование сырья с горьким вкусом (при поедании животными полыни, недоброкачественных кормов или бобовых растений). Горький вкус может

Продолжение таблицы 1

1	2
	появляться при хранения сырья, и сметаны в результате распада белков под действием гнилостных бактерий или другой протеолитической активной микрофлоры, попавшей в продукты.
Окисленный вкус	Окисление фосфолипидов и триглицеридов сливок и сметаны при производстве и хранении. Окисление увеличивается под влиянием даже следов тяжелых металлов (железа, меди), кислорода и света. Различные продукты окисления ухудшают вкус, снижают пищевую ценность.
Прогорклый вкус	Гидролитическое расщепление жира и накопление низкомолекулярных кислот (масляной, каприновой, каприловой). Расщепление жира происходит под действием бактериальных и нативных липаз. Бактериальные липазы образуются при жизнедеятельности посторонних микроорганизмов (особенно плесеней), попавших в сырье или в сметану. Чем выше бактериальная обсемененность, тем быстрее развивается прогорклый вкус. Нативные липазы в увеличенных количествах имеются в молоке в конце лактации.
Затхлый вкус	Жизнедеятельность и рост плесеней на поверхности продукта, тары (особенно деревянной) и в помещения при плохой вентиляции помещения, где хранят сметану.
Жидкая консистенция	Неудовлетворительный состав сырья, с низким содержанием СОМО и белка; попадание в сырье воды; неоднократная пастеризация сырья; применение низких температур пастеризации и сквашивания сливок; отсутствие гомогенизации сливок или применение не соответствующих данному сырью режимов гомогенизации; недостаточное физическое созревание (температура выше +7 °С, выдержка менее 1 ч), использование неподходящих заквасок, недосквашивание или чрезмерное переквашивание сливок; сильное механическое воздействие на сгусток (при перемешивании, перекачивании, фасовании); фасование сметаны при низких температурах (ниже 16-18 °С); хранение сметаны при высоких температурах.
Крупитчатая консистенция	Использование несвежего сырья, сырья с повышенной кислотностью, после продолжительного хранения, с низкой термоустойчивостью белков; проведение процесса гомогенизации перед пастеризацией; пастеризация сливок при излишне высоких температурах; использование закваски, не обладающей вязкими свойствами; применение высоких температур сквашивания сливок; избыточная кислотность в конце сквашивания, интенсивное и длительное перемешивание сгустка перед и во время фасования; чрезмерное продолжительное фасование.
Неоднородная консистенция	Отсутствие гомогенизации или недостаточная эффективность гомогенизации; большие дозы закваски, отсутствие перемешивания при внесении закваски в емкость до начала наполнения сливками.
Порок брожения	Обсеменение и развитие в сметане газообразующих микроорганизмов, главным образом бактерий группы кишечной палочки и дрожжей.
Отстой сыворотки	Использование сырья неудовлетворительно состава с низким содержанием сухих обезжиренных веществ, недостаточно свежего, с повышенной кислотностью; отсутствие гомогенизации; использование закваски, образующей колющийся сгусток, легко выделяющий сыворотку при его нарушении; применение высоких температур сквашивания; высокая кислотность сливок в конце сквашивания; сильное неоднократное механическое воздействие на сгусток сквашенных сливок или сметану.
Слизистая консистенция	Обсеменение и развитие в сметане слизиобразующих бактерий.

Продолжение таблицы 1

1	2
Наличие цветных пятен (синие, розовые и др.)	Развитие пигментных бактерий в молоке и сметане. Эти бактерии опасны для здоровья человека. Сметану переводят в брак.

2 Физико - химические процессы при производстве и хранении мороженого

Мороженое должно обладать не только высокими вкусовыми достоинствами, но и специфической структурой и консистенцией. Оно должно хорошо сохранять форму, быть достаточно плотным и твердым, медленно плавиться на воздухе, и не очень быстро на языке, не создавая ощущения холода и не вызывая переохлаждения полости рта. Консистенция его должна быть гомогенной, при потреблении в нем не должно ощущаться кристалликов льда, сахара и лактозы, крупинок молочного жира.

Процесс изготовления мороженого состоит из получения однородной молочной смеси согласно рецепту, ее пастеризации, двухступенчатой гомогенизации для дробления жировых шариков с целью получения гомогенной консистенции и предотвращения образования комочков масла, физического созревания смеси, ее замораживания и закаливания мороженого.

Массовые доли жира, СОМО, сахарозы, избранного стабилизатора в смеси существенно влияют на структуру и консистенцию мороженого. Оптимальное содержание жира и СОМО 12-15% и 8-12% соответственно обуславливает образование мелких, неощутимых на вкус кристалликов льда. При повышении содержания СОМО более 12% значительно увеличивается вязкость смеси и образуются относительно крупные кристаллы лактозы (порок мучнистость). Для предотвращения этого необходимо поддерживать оптимальное соотношение содержания воды и СОМО не менее 6,6. Излишнее содержание жира в смеси (более 15-18%) может вызвать образование в продукте комочков жира. Сахароза снижает температуру замерзания смеси и способствует выкристаллизовыванию воды в виде мелких частиц. Однако содержание сахарозы выше 17% приводит к снижению взбитости, получению излишне твердой консистенции и быстрому плавлению мороженого.

Значительное влияние на структуру и консистенцию мороженого оказывают стабилизаторы. Они обладают большой водосвязывающей способностью, чем

повышают вязкость смеси, обуславливают получение мелких ледяных кристаллов и эластичную консистенцию продукта. Стабилизаторы обеспечивают хорошую взбитость смесей, образование стойкой пены и медленное таяние мороженого во рту. Введение излишних количеств стабилизаторов в смесь вызывает чрезмерное повышение вязкости, снижение степени взбитости и образование тягучей тестообразной консистенции мороженого.

Режимы пастеризации и гомогенизации также оказывают влияние на качество мороженого. Смесей мороженого имеют повышенное содержание СОМО, поэтому применяются более высокие температуры пастеризации и более продолжительные сроки выдержки по сравнению с молоком.

Гомогенизация обеспечивает улучшение структуры мороженого, с повышением дисперсности жировой фазы увеличиваются вязкость и взбитость смеси. Чем выше содержание жира в смеси, тем ниже избирается давление гомогенизации, чтобы предотвратить образование кучек жировых шариков и комочков масла. Можно применять также двойную гомогенизацию; повторная гомогенизация при низких давлениях разрушает кучки жировых шариков.

Качественные характеристики мороженого, его структура и консистенция формируются главным образом при протекании физико-химических процессов в последних трех операциях его технологии – созревании смеси, замораживании и закаливании мороженого.

Созревание смеси

Процесс созревания смеси заключается в быстром охлаждении ее после пастеризации и гомогенизации до 0 °С - 6 °С и выдержке при этой температуре с перемешиванием от 30 мин до нескольких часов (4-15 ч). В охлажденную смесь вносят стабилизаторы, эссенции, ванилин и другие ароматические вещества.

При физическом созревании смеси происходят гидратация белков молока, набухание стабилизатора или связывание им свободной влаги, кристаллизация глицеридов молочного жира в жировых шариках. Низкие положительные

температуры созревания (0 °С - 6 °С) благоприятствуют этим процессам.

При пастеризации степень гидратации белков значительно уменьшается, а при созревании смеси вновь увеличивается. Процесс гидратации белков протекает сравнительно медленно, и для восстановления прежнего равновесия необходимо время, и тем большее, чем выше была температура пастеризации.

Стабилизаторы, набухая, связывают большое количество свободной влаги и создают вместе с другими компонентами молочной смеси определенную упорядоченную структуру.

Процессы связывания свободной влаги белками и стабилизатором, повышение в связи с этим вязкости, формирование ориентированной упорядоченной структуры смеси обуславливают при ее замораживании равномерное по всей массе выкристаллизовывание свободной воды в виде мелких, не ощутимых на вкус кристалликов льда.

При физическом созревании смеси проходит очень важный для формирования структуры и консистенции мороженого процесс отвердевания жировой дисперсии. Охлаждение до низких положительных температур созревания (0 °С - 6 °С) и выдержка создают условия для образования сначала многочисленных центров кристаллизации, а затем и мелких смешанных кристаллов глицеридов жировых шариков. Последние становятся непрозрачными, принимают угловатую форму, теряют частично оболочечное вещество, которое переходит в плазму, уменьшаются величина заряда и сила отталкивания их друг от друга. Образуются кучки жировых шариков, повышающие вязкость смеси.

Созревание смеси проводится не менее 0,5-1 ч. За это время переходит в твердое состояние 42-50% жира. При дальнейшей выдержке отвердевание глицеридов жира значительно замедляется, протекают в основном процессы рекристаллизации, дифференциации по плавкости и химической природе, полиморфной стабилизации в отвердевших группах глицеридов. Состояние фазового равновесия наступает через 3-4 ч. За это время дополнительно отвердевает 8-12% жира, достигая в целом 50-62% степени отвердевания в зависимости от химического состава жира и режимов физического созревания.

На поверхности жировых шариков одновременно происходит адсорбция различных веществ смеси.

В результате набухания белков, связывания свободной воды стабилизатором, отвердевания жировой дисперсии, структурирования смеси повышается ее вязкость, улучшаются структура и консистенция мороженого, увеличивается его взбитость, сокращается время для получения требуемой максимальной взбитости.

Созревшая смесь хорошо поглощает и удерживает воздух, основную роль в этом играют отвердевшие жировые шарики. Кристаллический жир адсорбирует и удерживает на своей поверхности воздух. Продолжительность физического созревания, обуславливающая степень физико-химических изменений компонентов, оказывает влияние на взбитость мороженого.

С увеличением продолжительности физического созревания смеси сокращается время для достижения 100%-ной взбитости мороженого и повышается максимально возможная взбитость. В первые 4 ч созревания эффективность его выше, чем в последующие 20 ч. Поэтому в практической работе созревание не проводят дольше 4 ч. С повышением содержания жира в смеси максимальная взбитость мороженого увеличивается.

Мороженое, приготовленное из смеси, прошедшей физическое созревание, имеет высокую взбитость и гомогенную без каких-либо ощутимых кристалликов структуру. Продолжительность физического созревания избирается в зависимости от состава смеси, температуры созревания и гидрофильных свойств стабилизатора.

Замораживание смеси

Замораживание (фризерование) – одна из важнейших операций в производстве мороженого, при которой смесь насыщается воздухом (взбивается) и частично замораживается с образованием кристалликов льда. От правильности проведения этого процесса зависят структура и консистенция мороженого. Смесь поступает во фризер при 2 °С - 4 °С, перемешивается вращающейся мешалкой вдоль всего цилиндра. В ней формируются воздушные пузырьки. Под действием

центробежной силы смесь прижимается к стенке цилиндра, которая охлаждена до минус 16 °С - минус 18 °С. Смесь охлаждается, и по достижении криоскопической температуры в ней начинает замерзать вода.

Криоскопическая температура, соответствующая началу замерзания смеси мороженого, колеблется от минус 2 °С до минус 3,5 °С в зависимости от содержания в ней сахарозы, молочного сахара, минеральных веществ. На стенках фризера в смеси образуются мельчайшие кристаллики льда. По мере замерзания воды концентрация растворимых веществ в незамороженной части влаги повышается, а температура замерзания понижается. Поэтому для дальнейшего замерзания влаги в смеси фризерование необходимо проводить при постепенно понижающейся температуре продукта. Образующиеся кристаллики льда на стенках цилиндра быстро увеличиваются в размерах, что приводит к образованию грубой консистенции. Чтобы предотвратить это, предусмотрено снятие ножами мешалки со стенки примерзшего слоя и кристаллов льда. Образованию крупных кристаллов внутри смеси препятствует наличие в ней стабилизатора, исключающего переохлаждение системы. Чем ниже температура фризирования и чем интенсивнее перемешивание смеси во фризере, тем быстрее образуются кристаллы льда и тем они мельче. Для образования хорошей структуры размеры их не должны превышать 60-80 мкм. Фризирование заканчивается при температуре мороженого минус 4,5 °С - минус 6 °С. Чем больше воды заморозится в процессе фризирования, тем будет лучше консистенция мороженого и тем меньше потребуются времени на его закалку. При фризировании вымораживается 45-60% воды, содержащейся в смеси.

На величину кристаллов льда влияют содержание жира в смеси и степень его дисперсности: чем они выше, тем меньше по размеру образуются кристаллы льда. Это связано с тем, что они возникают и растут только между жировыми шариками и рост их ограничивается расстоянием между шариками. Чем больше жировых шариков и чем они мельче, тем меньше расстояние между ними, мельче образующиеся кристаллы льда и тем более однороднее структура мороженого.

При замораживании с перемешиванием и охлаждением смеси до минус 3 °С - минус 4,5 °С происходит дополнительное (7-14%) отвердевание глицеридов

молочного жира в виде наиболее легкоплавких глицеридов. Дополнительно отвердевший жир способствует повышению эффективной вязкости продукта и дальнейшему его структурированию. Отвердевшие жировые шарики адсорбируют на своей поверхности воздушные пузырьки, ускоряя этим поглощение воздуха смесью и увеличивая его количество.

Структура и консистенция мороженого также зависят от вработанного воздуха и его дисперсности. Без этого мороженое имело бы тяжелую, в виде слипшегося комка, консистенцию, таяние кусочков его во рту проходило бы быстро и переохлаждало бы полость рта.

Мелкие пузырьки воздуха, равномерно распределяясь в массе мороженого, значительно улучшают структуру и консистенцию продукта, являются изолятором, подушкой, препятствующей быстрому таянию мороженого на языке и переохлаждению полости рта. Для молочного мороженого оптимальная взбитость 50%, а сливочного и пломбира – 60-80%.

В мороженом хорошего качества средний размер воздушных пузырьков должен быть не более 60 мкм. Излишне мелкие пузырьки воздуха придают мороженому нежелательные плотность и твердость, а очень крупные - рыхлость.

Количество поглощенного воздуха ограничивается. Взбитость не должна превышать более чем втрое общее содержание сухих веществ в продукте. При недостаточной взбитости мороженое получается излишне плотной и грубой консистенции, быстро тающее во рту, при слишком высокой взбитости - снегообразной консистенции с хлопьевидной структурой.

Взбитость изменяется в зависимости от содержания сухих веществ и жира, свойств источников жира и стабилизатора, эффективности гомогенизации, режима фризирования и конструкции фризера, состояния его ножей. С увеличением содержания сахара взбитость понижается, а время, необходимое для получения максимальной взбитости, возрастает. Смеси со сливками в качестве источника жира лучше взбиваются, чем смеси со сливочным маслом.

Жир ухудшает взбитость и удлиняет время достижения максимальной взбитости, так как жировые шарики ослабляют перегородки между воздушными

пузырьками. Стабилизаторы повышают способность к взбиванию, соли калия и натрия увеличивают взбитость и ускоряют взбивание, а соли кальция, наоборот, замедляют. Гомогенизированные смеси, а также прошедшие созревание взбиваются лучше. С понижением температуры фризирования взбитость мороженого увеличивается, так как повышается удельный вес отвердевшего жира.

Закаливание мороженого

Процесс закаливания проводится для придания мороженому достаточной плотной и твердой консистенции и повышения его стойкости при хранении.

Мелкофасованное мороженое закаливают быстро (30-45мин) в скороморозильных аппаратах в потоке холодного воздуха температурой минус 28 °С - минус 30 °С, выходящее мороженое имеет температуру минус 12 °С - минус 18 °С. При таком быстром закаливании образуются мелкие кристаллики льда и готовый продукт имеет достаточно плотную и вместе с тем нежную, гомогенную консистенцию. Вымораживается 75-85% общего количества воды, содержащейся в мороженом. Уплотнению консистенции способствует также и значительная дополнительная кристаллизация глицеридов молочного жира в жировых шариках. В кристаллизацию включаются легкоплавкие глицериды.

Процесс закаливания протекает значительно медленнее в камерах с температурой минус 22 °С - минус 30 °С, куда поступает крупнофасованное мороженое в гильзах (8-10 кг), коробах с вкладышами из полимерной пленки. При закаливании в блоках или пластах для последующей разрезки температура их не должна превышать минус 12 °С - минус 16 °С. Крупнофасованное мороженое охлаждается крайне медленно, так как отсутствует перемешивание, вязкость продукта высокая, а теплопроводность жира и белков низкая. При закалке в течение двух дней при минус 24 °С вымороженная вода составляет 65%, а после 7 дней закалки – 93%. Такое медленное вымораживание воды связано также и с тем, что при фризировании значительно увеличивается концентрация веществ в незамерзшей воде, что понижает точку замерзания раствора. Здесь имеется опасность получения

крупных, ощутимых на языке кристаллов льда. Чтобы избежать этого, при замораживании смеси во фризере необходимо создать условия для образования многочисленных центров кристаллизации и большого числа зародышевых кристаллов льда, которые послужат основой для кристаллизации воды в виде многочисленных мелких кристаллов при закаливании мороженого. Этому будет также благоприятствовать поддержание наиболее низкой и постоянной температуры в закалочной камере и уменьшение массы крупной фасовки мороженого, что обусловит более быстрое его охлаждение. Закаливание следует проводить в максимально короткий срок, чтобы не допустить существенного увеличения среднего размера кристаллов. Очень опасны при закалке колебания температуры, которые могут вызвать значительное увеличение размеров кристаллов льда вследствие рекристаллизации и повторной кристаллизации. При повышении температуры наиболее мелкие кристаллы льда расплавляются, а при последующем понижении температуры выкристаллизовывание воды будет проходить на поверхности оставшихся кристаллов, значительно увеличивая их в размерах.

Колебания температуры при закаливании мороженого могут вызвать подобную рекристаллизацию и молочного сахара с образованием крупных его кристаллов и развитием пороков «мучнистость», «песчанистость».

Пороки мороженого

Пороки вкуса

При соприкосновении смеси для мороженого с оборудованием (с коррозированным железом или медью) в ней растворяются металлы и у мороженого, появляется металлический привкус. Растворенное железо или медь способствует окислению молочного жира, что вызывает повышение в мороженом салистого, олеинового, а иногда и рыбного привкуса.

Вследствие окисления жира мороженое, особенно фруктовое, иногда приобретает затхлый вкус. Это объясняется высокой кислотностью фруктового

мороженого, которая усиливает привкус окисленных жиров. Содержание 0,00013 % меди в мороженом при хранении его вызывает появление такого затхлого привкуса.

Чрезмерная или недостаточная сладость продукта. Совершенно невозможно дать какие-либо точные указания об оптимальном содержании сладких веществ, так как вкусы потребителей в отношении сладости продукта различны. *Недостаточно интенсивный или слишком резко выраженный вкус (или нетипичный вкус).* Умение правильно определить надлежащую интенсивность вкуса, запаха и аромата мороженого требует большого навыка. Вкус мороженого должен быть типичным для каждого отдельного случая. Фруктовые экстракты не всегда бывают по вкусу достаточно похожи на фрукты, вкус которых они должны заменять.

Избыточное внесение органических кислот может вызвать излишне кислый вкус плодово-ягодного мороженого.

Недостаточное сочетание вкусов. Зачастую вкусы, приятные в отдельности, совместно дают весьма неудачные комбинации. Например, некоторые сорта меда хорошо сочетаются с ванилином, другие же - наоборот. Возможность получения неудачного сочетания вкусов необходимо иметь в виду, особенно при изготовлении слоеного мороженого.

Пороки структуры и консистенции

В мороженом встречаются следующие пороки структуры: грубая или льдистая; хлопьевидная или снежистая; маслянистая.

Грубая, или льдистая структура. Как известно, хорошее мороженое хорошего качества должно иметь нежную структуру. Это означает, что кристаллы льда и другие твердые частицы, присутствующие в мороженом, должны иметь малые размеры.

Грубая структура возникает при наличии в мороженом крупных кристаллов льда и общей грубости строения продукта. На структуру мороженого оказывают влияние режимы гомогенизации, продолжительность созревания смеси, процесс фрезерования и ряд других факторов.

Хлопьевидная или снежистая структура. Сущность этого дефекта структуры мороженого вполне достаточно характеризуется названием. Причиной этого является присутствие в мороженом большого количества воздуха в виде крупных воздушных пузырьков.

Крупные размеры воздушных пузырьков обуславливаются несколькими факторами: низким содержанием сухих веществ, СОМО, стабилизаторов и высоким количеством жира. При разрушении крупных воздушных пузырьков в процессе фрезерования мороженое приобретает хлопьевидный вид.

Песчанистость мороженого. Причиной песчанистости является присутствие в мороженом лактозы в виде крупных кристаллов. Продукт имеет выраженный порок - во рту появляется ощущение песка. Основная мера борьбы с появлением песчанистости - ограничение содержания молочного сахара.

Маслянистая структура. Этот порок наблюдается в мороженом высокой жирности. Мороженое с маслянистой структурой содержит комки молочного жира, которые явно ощущаются во рту. Причина этого дефекта заключается в сбивании жира во время замораживания смеси во фризере.

К порокам консистенции мороженого относится крошливая, тягучая, тестообразная, жидкая, водянистая, творожистая консистенция.

Крошливая, хрупкая консистенция. Мороженое называют крошливым в том случае, когда оно легко крошится. Поверхность такого мороженого, если провести по ней ножом, становится шероховатой и хрупкой. Факторы вызывающие крошливость: низкое содержание в смеси СОМО и стабилизатора; высокая взбитость смеси и наличие крупных воздушных пузырьков.

Тягучая, тестообразная консистенция. Мороженое после таяния имеет вид тестообразной, тягучей массы. Главная причина - высокое содержание стабилизатора и СОМО при недостаточной взбитости.

Жидкая, водянистая консистенция. Мороженое с данным пороком производит впечатление недостаточно жирного. Оно быстро тает, после таяния превращается в жидкость, напоминающую молоко.

Творожистая консистенция. После таяния такого продукта образуется мутная

сыворотка, создавая впечатление, что молоко свернулось. Причиной этого порока является высокое давление гомогенизации, повышенная кислотность, большое содержание кальция.

Пороки цвета и упаковки

Мороженое должно иметь привлекательную, приятную окраску. К порокам цвета относят недостаточно или сильно выраженную окраску, а также неровную и ненатуральную окраску. Порок упаковки особого рассмотрения не требует - мороженое должно быть аккуратно завернуто и упаковано.

Пороки усадки

Серьезное значение приобретает явление усадки мороженого в упаковке, которое может выражаться либо в отставании мороженого от стенок, либо в значительном понижении его уровня. Наблюдается это явление в основном в мороженом, содержащем крупные воздушные пузырьки.

3 Биохимические и физико - химические процессы при производстве и хранении сыра

Технология производства сыров в основном базируется на биохимических и физико-химических превращениях составных частей молока, переходящих в продукт. При этом биохимические процессы обуславливаются бактериальными системами и ферментами молокосвертывающих препаратов, характер и интенсивность действия которых, в свою очередь, зависят от целого ряда условий технологического процесса производства. Физико-химические изменения зависят от количества продуктов, накапливающихся в результате биохимического превращения составных компонентов, от содержания соли, влажности и пр. Оба типа превращений тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены. В частности, физико-химические превращения, вызванные биохимическими изменениями, по принципу обратной связи активно действуют на протекание микробиологических и биохимических процессов.

Совокупность процессов, обуславливающих получение сыра, условно можно разделить на две части по времени: первую, которая активно регулируется и заканчивается посолкой, и вторую, являющуюся самонастроенной на основании развития процессов начальной стадии производства.

Вследствие изменений составных частей молока сыр приобретает определенные вкус и запах, свойственные данному виду, консистенцию и рисунок.

Подготовка молока к производству сыров

Сырпригодность молока определяется комплексом микробиологических, физико-химических и биохимических свойств. Она является основным фактором, от которого зависит качество сыра. Несырпригодным является молоко с наличием ингибирующих веществ и полученное от больных коров.

Свежее молоко медленно свертывается ферментом и в нем тормозится развитие молочнокислых бактерий. Поэтому во время обработки сгустка и сырного зерна может происходить чрезмерное развитие посторонней микрофлоры, способной вызвать пороки сыров. С целью улучшения сыропригодности свежего молока его подвергают специальной обработке, то есть применяется комплекс физико-химических, микробиологических и биохимических процессов, в результате которых повышается его сыропригодность. Вследствие этого интенсифицируется скорость образования, упрочнения и синерезиса сгустка, а также повышается качество сыра.

Во время хранения сырого молока изменяется дисперсность частиц казеинового комплекса, возрастает концентрация ионизированного кальция, уменьшается окислительно-восстановительный потенциал, уменьшается активность бактериальных ферментов. Возможно развитие психротрофных бактерий, протеазы которых расщепляют белки.

Во время выдержки сырого молока при температуре ниже 5 °С его сыропригодность ухудшается из-за физико-химических процессов. Частично распадаются мицеллы казеина и от них отделяется β -казеин и часть α - и κ -казеина. Это уменьшает скорость образования сгустка, реологические и синеретические его показатели, снижается выход сыров, а также ухудшается их консистенция.

В целом в сыроделии целесообразно свежее молоко побыстрее пастеризовать. Установлено, что качество сыров, выработанных из зрелого сырого и в последующем пастеризованного молока хуже, чем из свежего пастеризованного молока.

В настоящее время сычужные сыры, за исключением швейцарского сыра, вырабатывают только из пастеризованного молока.

Тепловую обработку молока проводят для уничтожения технически вредной для сыроделия и патогенной микрофлоры, вирусов и бактериофагов. В сыроделии применяют два вида тепловой обработки молока: пастеризацию и термизацию.

Оптимальным режимом пастеризации молока в сыроделии является нагревание его до температуры от 70 °С до 72 °С с выдержкой от 20 до 25 с.

Изменения, происходящие в молоке во время пастеризации, влияют на дальнейший ход процессов производства сыра. Во время этого процесса помимо частичной денатурации сывороточных белков и увеличения количества нерастворимых минеральных солей повышается среднечастичный диаметр частиц казеинового комплекса.

Во время пастеризации часть солей кальция переходит в нерастворимое состояние. Для нормализации минерального состава в отношении ионизированного кальция и с целью обеспечения нормальной сычужной свертываемости молока применяют хлористый кальций. Он также улучшает реологические показатели сгустка. Оптимальную дозу хлористого кальция устанавливают в зависимости от свойств молока с учетом показаний прибора для сычужной пробы и характера сычужного свертывания молока в предыдущих выработках сыра.

Основными функциями молочнокислых бактерий в производстве сычужных сыров являются следующие:

- трансформировать главные компоненты молока (лактозу, белки, жиры) в соединения, от которых зависит вкус, аромат, пищевая и биологическая ценность продукта, стимулировать действие сычужных ферментов и синергизис сычужного сгустка;

- оказывать влияние на формирование консистенции и рисунка сыров;

- ингибировать развитие технически вредной микрофлоры.

Молочнокислые бактерии, расщепляя лактозу не оставляют энергетических ресурсов для развития других бактерий, увеличивают активную кислотность и уменьшают окислительно-восстановительный потенциал, приостанавливая таким образом действие технически вредной микрофлоры. Это колиформные бактерии, анаэробные лактатсбраживающие бактерии, а также микрофлора, вызывающая пищевые отравления (стафилококки, сальмонеллы и др.).

В формировании специфического вкуса, аромата, рисунка и консистенции сыров с высокой температурой второго нагревания наряду с молочнокислыми бактериями активное участие принимают пропионовокислые бактерии, сбраживающие часть лактатов с образованием пропионовой и уксусной кислот,

углекислого газа. Поэтому, при производстве сыров с высокой температурой второго нагревания из пастеризованного молока, наряду с молочнокислыми бактериями, обязательным компонентом заквасочной микрофлоры являются пропионовокислые бактерии.

Главная цель созревания молока – повышение его сыропригодности за счет улучшения технологических свойств. Созревание обеспечивает сокращение продолжительности сычужного свертывания и обработки сырного зерна, интенсификацию молочнокислого процесса и протеолиза во время созревания сыра, а также повышение качества продуктов.

Полностью этой цели нельзя достигнуть путем простого добавления закваски к сырью, то есть повышением кислотности и количества микрофлоры. Во время созревания развитие молочнокислой микрофлоры сопровождается совокупным изменением физико-химических и биохимических показателей. Происходит изменение дисперсности казеиновых частиц и повышение содержания водорастворимых азотистых соединений, а также увеличение концентрации ионов кальция.

Созреванию подвергают пастеризованное молоко при температуре 8 °С - 10 °С в течение 14-16 ч. В пастеризованное молоко добавляют 0,1- 0,4 % закваски, чтобы кислотность во время процесса повысилась на 1,5-2,5 °Т.

Хранение пастеризованного молока нельзя отождествлять с созреванием. После созревания сыропригодность молока бывает выше и лучше влияет на качество сыра, чем после хранения. При хранении как сырого, так и пастеризованного молока происходит перераспределение казеиновых частиц в отдельных размерных группах, обуславливающее повышение количества самых крупных частиц. При этом дисперсность, характеризуемая средним диаметром частиц, увеличивается. Это увеличение нарастает с повышением температуры пастеризации и связано, в основном, с изменениями, происходящими в солевом равновесии молока. Так, во время хранения сырого молока в течение 16-18 ч концентрация ионизированного кальция увеличилась на 23 %, а пастеризованного – на 11 %. Вследствие этого уменьшается интенсивность сычужного свертывания.

Сгусток, полученный из молока, пастеризованного после созревания в сыром виде, обладает низкими прочностными и вязкостными показателями. При этом технологические его свойства бывают хуже, чем в случае переработки сырого молока. Это объясняется тем, что вследствие повышения концентрации ионов водорода и кальция при созревании значительно уменьшается стабильность белков, что интенсифицирует их денатурацию и изменение солевого равновесия в период пастеризации.

Формирование сычужного сгустка

Получение сычужного сгустка является одним из самых сложных процессов в биотехнологии сыроделия, в основе которого лежит энзиматическое превращение казеина в параказеин, из которого формируется пространственная структура сгустка. Параказеин образуется вследствие потери казеином коллоидной устойчивости, вызванной гидролитическим действием реннина или других молокосвертывающих ферментов.

Классическим молокосвертывающим препаратом является сычужный порошок, получаемый из слизистой оболочки четвертого отделения желудка (сычуга) подсосных телят и ягнят. Кроме него применяют пепсины и ферментные препараты, являющиеся смесью различных молокосвертывающих ферментов животного происхождения. Также используют молокосвертывающие ферменты микробного происхождения, но они не являются равноценной заменой сычужного порошка, поскольку отличаются большей протеолитической активностью.

Механизм расщепления казеина во время сычужного свертывания до конца не выявлен, хотя этому вопросу посвящено много исследовательских работ. Интенсивная научная дискуссия по этому вопросу продолжается. В настоящее время наиболее распространены две теории: фосфоамидазная и гидролитическая. Согласно первой из них происходит разрыв одной из двух связей остатков фосфорной кислоты с казеином, а именно фосфоамидной связи. В параказеине освобождаются щелочные гуанидиновые группы аргинина и гидроксильные группы фосфорной

кислоты. На второй стадии гидроксильные группы фосфорной кислоты связывают ионы кальция и создают «кальциевые мостики» между мицеллами параказеина, образуется сгусток.

Авторы гидролитической теории считают, что под действием молоко-свертывающего фермента происходит разрыв пептидной цепи к-казеина, Phe₁₀₅-Met₀₆. От мицеллы казеина отщепляется гликомакропептид. Вследствие этого к-казеин превращается в пара-к-казеин и теряет свою способность обеспечить коллоидную устойчивость казеиновых мицелл.

Параллельно, с биохимическим превращением казеинового комплекса в результате гидролитического действия молоко-свертывающих ферментов проходят физико-химические изменения. В самом начале процесса наблюдается индукционный период, во время которого образование пространственной структуры сгустка еще не наблюдается.

Обнаружена двухстадийность изменения молекулярной массы и среднего диаметра комплекса казеина во время индукционного периода. В начале индукционного периода происходит увеличение дисперсности казеинового комплекса, а во второй ее части начинается нарастание средневзвешенного диаметра казеиновых частиц. Увеличение дисперсности в начальной стадии индукционного периода обусловлено начавшимся процессом разрушения внутренней упорядоченности элементов казеиновых частиц, сопровождающимся их дезагрегацией. Можно полагать, что это связано с высокой термодинамической устойчивостью казеиновых мицелл. Одновременно с вышеуказанным процессом возникают новые связи между молекулами и, следовательно, отдельными частицами. Скорость агрегации увеличивается и становится равной скорости дезагрегации в момент, соответствующий максимальной дисперсности. Это происходит в средней части индукционного периода. Затем скорость агрегации превосходит скорость дезагрегации, и дисперсность частиц начинает уменьшаться. Когда она достигает такого уровня, который был бы в исходном молоке до добавления реннина, индукционный период заканчивается. Таким образом, во время этого периода параллельно с гидролизом имеют место сложные процессы изменения

дисперсных структур. После завершения индукционного периода продолжается формирование структуры с нарастающей скоростью. В начале происходит агрегация отдельных параказеиновых частиц, т. е. так называемая флокуляция. Далее следует стадия формирования трехмерной пространственной структуры. В конце свертывания образовавшийся сгусток представляет собой высший уровень организации структуры.

Продолжительность свертывания и реологические показатели сгустка зависят от концентрации казеина и солей кальция в молоке, его кислотности и температуры свертывания. При низком содержании белка получается непрочный сгусток, и при его обработке увеличиваются потери белка и жира с сывороткой. Добавление солей кальция и повышение кислотности в допустимых пределах повышают прочность и эластичность сгустка. Это положительно влияет на синерезис, выход продукта и его консистенцию.

Обработка сырного зерна и образование головок сыра

Целью обработки сычужного сгустка является создание условий для микробиологических и ферментативных процессов, необходимых для выработки сыра.

Это достигается удалением влаги. В полученной сырной массе должно оставаться определенное количество сыворотки с растворенными в ней молочным сахаром и солями.

Благодаря оптимальному температурному режиму происходит непрерывный рост количества молочнокислых бактерий. В образовавшемся сгустке объем микрофлоры в несколько раз больше, чем в исходном молоке. В дальнейшем при его обработке, особенно в момент разрезания и отделения сыворотки от сырной массы, происходит распределение микрофлоры между ними. Накопление микроорганизмов усиленно происходит в сырной массе и гораздо меньше в сыворотке. Это объясняется тем, что при коагуляции казеина образуется гель и они иммобилизируются в структуре сгустка. В нем обычно остается 70 % микрофлоры.

Регулирование развития микрофлоры в первую очередь обеспечивается влажностью, температурой и продолжительностью обработки сгустка. Для этого последовательно осуществляют следующие операции: разрезку сгустка и постановку сырного зерна, его вымешивание, второе нагревание и вымешивание после него.

Разрезку сгустка и постановку сырного зерна производят механическими ножами-мешалками, скорость движения которых регулируют в соответствии с требуемой степенью дробления сгустка.

От правильной обработки сгустка, а затем и сырного зерна зависит качество сыра, так как начало созревания закладывается еще до формования.

Сыворотка выделяется из зерна, просачиваясь через капилляры, открывающиеся на его поверхности. Следовательно, чем больше общая поверхность сырных зерен, тем больше сумма сечений капилляров, по которым выделяется сыворотка.

Для получения большой суммарной поверхности сгусток разрезают на мелкие зерна. Чем меньше размер зерна, тем лучше при прочих равных условиях выделяется сыворотка и суше свежесформированный сыр.

Все приемы обработки сырного зерна при производстве как твердых, так и мягких сыров направлены на регулирование синерезиса в целях создания оптимальных условий для микробиологических и физико-химических процессов, формирующих тот или иной вид сыра. На интенсивность выделения сыворотки оказывает влияние целый ряд факторов: жирность молока, количество молокосвертывающего фермента, количество солей кальция, кислотность молока и др. Повышение жирности смеси замедляет синерезис. Понижение дисперсности жира также тормозит синерезис. В этих случаях необходимо усилить действие факторов, способствующих отделению сыворотки. При переработке более жирного молока следует уменьшить размер сырного зерна и повысить температуру второго нагревания.

Использование повышенной дозы сычужного фермента способствует получению более плотного сгустка и увеличению скорости синерезиса. Также имеет значение вид применяемого молокосвертывающего фермента. При его высокой

протеолитической активности нарушается пространственная структура параказеина. Это вызывает уменьшение его способности к отделению сыворотки.

Растворимые соли кальция обеспечивают получение прочного, быстро обезвоживающегося сгустка. Этим приемом широко пользуются для ускорения синерезиса, особенно при переработке сычужно-вялого молока, из которого образуется непрочный, вялый сгусток, отличающийся медленным синерезисом.

Изменение кислотности молока, а в дальнейшем сырной массы является основным фактором, влияющим на выделение сыворотки из сырной массы в процессе ее обработки. При увеличении кислотности молока или добавлении кислоты электрозаряженность белков снижается и они теряют способность удерживать влагу, то есть наступает дегидратация белков. Поэтому, при прочих равных условиях, чем выше кислотность сырной массы, тем она обезвоживается интенсивнее. Этим объясняется то, что сгусток из зрелого молока легче отдает сыворотку, чем сгусток из незрелого.

Цель второго нагревания – усиление синерезиса и создание условий для регулирования развития некоторых видов молочнокислой микрофлоры. Обезвоживание сырного зерна завершается во время вымешивания его с сывороткой после второго нагревания.

Следующая операция – *формование*, производимое с целью отделения сыворотки от сырной массы и придания ей нужной формы и размеров.

Применяют три основных способа формования: из пласта, насыпью и наливом. Использование того или иного способа формования определяется, в основном, требованиями к структуре и рисунку сыра.

Из пласта формируют сыры с рисунком из правильных круглых глазков, образующихся в процессе созревания сыра за счет накопления в нем газообразных продуктов.

При формовании сыров насыпью или наливом в сырной массе остаются заполненные воздухом или сывороткой пустоты неправильной угловатой формы. Образуется характерный «пустотный» рисунок из глазков неправильной формы. При этом сыр имеет рыхлую, пористую структуру.

Цель *прессования* заключается в обезвоживании и образовании сплошной структуры сырной массы. При этом она должна приобрести требуемую геометрическую форму вырабатываемого сыра и замкнутую поверхность.

Начальной стадией прессования является самопрессование. Оно является важной технологической операцией удаления свободной сыворотки из сформованного сыра. Сыворотка удаляется самопроизвольно под действием гравитационных и капиллярных сил через рыхлую, несвязанную сырную массу. В этот период продолжается молочнокислый процесс. Скорость процесса обезвоживания во время самопрессования определяется главным образом температурой и кислотностью среды.

При выработке многих твердых сыров для соединения зерен в один монолит недостаточно самопрессования, необходимо принудительное прессование под давлением. Во время прессования продолжаются молочнокислое брожение и выделение сыворотки. При этом ускоряется уплотнение массы и выделение несвязанной сыворотки. Прессование заканчивают после достаточного обезвоживания и достижения уровня активной кислотности рН 5,3-5,9. Это соответствует оптимальному уровню молочнокислого брожения, которое продолжается во время посолки. Накопление молочной кислоты заканчивается в начальном периоде созревания сыра.

От содержания свободной молочной кислоты зависит величина активной кислотности сырной массы. Она оказывает большое влияние на физико-химические процессы и свойства сыра. При излишнем, как и, наоборот, при недостаточном, накоплении молочной кислоты консистенция и вкус сыра ухудшаются. При оптимальной кислотности сыра на 3-5-й день после прессования (рН 5,25-5,35) качество сыра бывает наиболее высоким. Накапливающаяся в сыре молочная кислота подавляет развитие газообразующих и других технологически вредных бактерий. Молочная кислота также непосредственно участвует во вкусообразовании сыра. Активная кислотность зависит от интенсивности молочнокислого брожения. Большое влияние на активную кислотность оказывает влажность сырной массы после прессования. С повышением ее величина рН понижается. От величины

активной кислотности зависят условия созревания сыра и его качество. Слишком высокая активная кислотность сырной массы отрицательно влияет на консистенцию сыра: потеря связанности сырной массы, появление колющегося теста. При этом рисунок может отсутствовать.

Под влиянием молочной кислоты параказеин, полученный при образовании сычужного сгустка, постепенно теряет кальций и превращается в монокальцийказеинат и свободный от кальция параказеинат. Помимо этого, молочная кислота соединяется непосредственно с параказеином, образуется параказеинмонолактат или параказеиндилактат. Эти соединения набухают, а параказеин не обладает этой способностью. Между тем для консистенции сыра набухаемость параказеинмонолактата и параказеиндилактата имеет важное значение.

В производстве сыров важную роль играет взаимодействие влаги с их основными компонентами или гидратация. Она является одним из основных факторов, влияющих на физико-химические свойства сырной массы, а также интенсивность и направленность микробиологических и биохимических процессов. Чем больше слабо связанной влаги, тем интенсивнее могут проходить эти процессы.

Установлено, что в параказеиновом комплексе имеются следующие виды связи влаги: мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция, влага микропор и влага набухания. Первые два вида являются наиболее прочносвязанными. Во влаге мономолекулярной адсорбции не растворяются соли и не диссоциирующие соединения. Влага набухания по энергетическому взаимодействию с веществами сыра не отличается от свободной воды. Однако в твердых сырах высокого качества она не обнаруживается.

Гидратация белков сыра имеет явно выраженную зависимость от активной кислотности. Причем эта зависимость носит не одинаковый характер для свежего сыра после прессования и в кондиционном возрасте. Наименьшая гидратация сыра после прессования наблюдается при активной кислотности $pH > 5,9$. При увеличении активной кислотности до $pH 5,3$ возрастает количество наиболее прочносвязанной влаги. Это происходит за счет уменьшения влаги в других менее энергоемких видах

связи. В результате физико-химических изменений параказеина, происходящих после посолки, зона минимальной гидратации сдвигается в сторону более высокой активной кислотности характеризуемой величиной $pH < 5,3$.

Набухание свежего сырного теста постепенно увеличивается с ростом активной кислотности от pH 6,4 и достигает максимума при $pH < 5,0$. Даже частичная посолка, равная 0,89 % хлористого натрия на сухое вещество, сдвигает зону минимального набухания с pH 6,4, которая характерна для параказеинового комплекса в присутствии ионов кальция, в более кислую сторону до величины $pH < 5,3$. Этот сдвиг сохраняется во время созревания и является характерным для сыров в кондиционном возрасте. Вследствие созревания сыра набухаемость увеличивается.

Во время посолки сыр теряет 4-7 % массы. Из-за разности концентрации рассола и растворимых веществ в водной фазе сыра сыворотка выделяется, а соль диффундирует в него. При этом количество соли, проникающей в сыр, намного меньше выделившейся сыворотки, поэтому масса его уменьшается.

Потери влаги во время посолки зависят от влажности сыра после прессования, содержания жира в нем, концентрации и температуры рассола, величины головки сыра.

Физико-химическое взаимодействие параказеина с поваренной солью носит ионообменный характер. Установлено, что 1 моль параказеина может связывать до 17 молей хлористого натрия. Это взаимодействие увеличивает количество высокоэнергетических видов связи влаги за счет уменьшения малоэнергетических, что приводит к повышению твердости и понижению пластичности и эластичности сырной массы.

Физико-химические превращения сырной массы, вызванные взаимодействием хлористого натрия с белковой основой сыра, накладывает отпечаток на биохимические процессы.

Электрофоретические исследования показали, что поваренная соль в первую очередь способствует протеолизу α - и ρ -казеина. При отсутствии ее относительное содержание этих фракций меняется мало. Следовательно, поваренная соль также

способствует интенсивному накоплению водорастворимых белковых компонентов с самым высоким молекулярным весом при одновременном уменьшении количества азотистых веществ с низким молекулярным весом. Поваренная соль является одним из регуляторов процесса созревания сыра, участвуя таким образом в формировании видовых особенностей.

Созревание и хранение сыров

Целью созревания является придание продукту типичных органолептических свойств (вкус и запах, консистенция, рисунок). Этого добиваются созданием направленного и регулируемого изменения составных частей молока, перешедших в сыр. При этом вне зависимости от вида сыра при его созревании изменяются все составные части молока (молочный сахар, белки, жир, соли и др.). Основной движущей силой этого процесса является микрофлора.

Изменение составных частей молока

Лактоза. Лактоза в процессе созревания сыров подвергается воздействию молочнокислых бактерий и довольно быстро, через 5-10 дней, полностью сбраживается. Основным продуктом сбраживания лактозы – молочная кислота.

Титруемая кислотность сыров возрастает быстро в первые часы и дни после выработки, в дальнейшем она повышается очень медленно. В конце созревания кислотность может понизиться вследствие накопления щелочных продуктов распада белков.

Кроме титруемой кислотности в течение технологического процесса изменяется и водородный показатель.

В процессе созревания количество молочной кислоты уменьшается, так как она превращается в другие продукты. Молочная кислота может подвергаться пропионовокислороду, маслянокислороду и другим видам брожения, вступать в реакции с солями, белками и т. д.

Белки. Биохимические изменения белков лежат в основе созревания сыров. Под действием сычужного фермента, плазмина и ферментов молочнокислых бактерий белки сырной массы распадаются с образованием многочисленных азотистых соединений. Главным источником протеолитических ферментов, а следовательно, и основным фактором созревания сыра являются молочнокислые бактерии.

В процессе созревания сыра параказеин постепенно распадается на растворимые в воде белковые вещества (высокомолекулярные полипептиды), затем на средне- и низкомолекулярные полипептиды и пептиды.

Степень распада белков при созревании сыров характеризуют путем определения содержания в них азотистых соединений. Состав образующихся продуктов распада белков в мягких и твердых сырах различен. Он обуславливается видом используемой при созревании микрофлоры, режимами тепловой обработки сырного зерна, содержанием в сыре влаги, соли и т. д.

Степень зрелости сыров условно выражают в процентах (в виде отношения растворимого азота к общему азоту) или в *градусах Шиловича* (в градусах буферности). Чем глубже происходит распад белков, тем выше буферность и степень зрелости сыра.

При распаде белков в сырах накапливаются свободные аминокислоты. Качественный и количественный состав свободных аминокислот зависит от вида, влажности, возраста сыра, состава бактериальных заквасок и других факторов.

Молочный жир. Во всех сырах происходит гидролиз жира, катализируемый липолитическими ферментами. Однако степень распада жира в твердых и мягких сырах неодинакова. В мягких сырах гидролиз протекает более интенсивно, в твердых - значительно слабее (за исключением швейцарского и советского сыров, в которых жир существенно изменяется).

В мягких и полутвердых сырах гидролиз жира зависит от развития поверхностной микрофлоры. Плесневые грибы, некоторые дрожжи и бактерии сырной слизи активно гидролизуют жир. Вследствие этого в сырах накапливается значительное количество жирных кислот, среди которых летучие кислоты имеют важное значение для образования вкуса и аромата продукта. В зрелых мягких сырах

содержание жирных кислот в корке и внутри сыра различно. Некоторые мягкие сыры (рокфор и др.) созревают при участии вносимой в них плесени, которая вырабатывает активные липазы, гидролизующие жир не только на поверхности, но и внутри сыра.

Во всех видах сыров обнаружены свободные жирные кислоты – масляная, валериановая, капроновая, каприловая, каприновая. В твердых сырах их содержание незначительно, в мягких сырах многие из них обуславливают характерные острый вкус и запах.

Влага и минеральные вещества

Все сыры в процессе посолки и созревания теряют то или иное количество влаги. Большая часть влаги (5-7 % массы сыра) извлекается из сыра при посолке. Потери влаги в процессе посолки зависят от концентрации рассола: чем она выше, тем больше влаги удаляется из сыра. После посолки во время выдержки сыра в камерах сырохранилища потери влаги (усушка сыра) продолжают. Наибольшие потери влаги наблюдаются в первые дни созревания сыра (во время посолки и выдержки в бродильной камере), в дальнейшем усушка снижается и составляет 1-1,5 %.

Усушка сыра во время созревания зависит от содержания влаги в сыре, его размеров, условий созревания (относительной влажности и температуры воздуха в камере созревания и т. д.), а также от сроков применения защитных покрытий.

Общее количество минеральных веществ в процессе созревания сыра изменяется в результате выделения солей с сывороткой при посолке и выщелачивании во время мойки сыра. Вследствие образования кислот (молочной, уксусной и др.) может изменяться состав солей. Например, при накоплении молочной кислоты от казеина отщепляются фосфат кальция и органический кальций в виде лактата кальция, в результате чего к концу созревания в сыре повышается количество растворимого кальция, а фосфат кальция откладывается между сырными зернами и внутри них.

Формирование структуры, консистенции и рисунка сыра

Структура

Под структурой плотного продукта понимают размеры и пространственное расположение отдельных частиц или компонентов сыра. Размер макрозерен определяется видом сыра - в мягких сырах он в 2-3 раза больше, чем в твердых. В корковом слое они сплющиваются и имеют более вытянутую форму, чем в центральной части. Сырные зерна, прилегающие к глазкам, также сильно деформированы.

Прослойки между макрозернами состоят из белково-сывороточного вещества и образуются в результате слияния оболочек сырных зерен, прилегающих друг к другу. Толщина прослоек в твердых сырах в среднем равна 11 мкм (в мягких – 30 - 35 мкм). В процессе созревания она несколько уменьшается, но прослойки обнаруживаются в сырах любого возраста.

В макрозернах содержатся различные включения – микрозерна. К ним относятся жировые микрозерна, кристаллические отложения солей кальция и колонии микроорганизмов.

Жировые микрозерна – это жировые капли диаметром около 11 мкм, представляющие собой молочный жир, деэмульгированный в процессе выработки и созревания сыра.

Кристаллические отложения солей кальция (кристаллические микрозерна) обнаружены во всех твердых сырах. Они представляют собой фосфат кальция, отщепленный от параказеина в процессе созревания. Отложения солей имеют округлую форму и размер около 19 мкм; в процессе хранения сыров их размер увеличивается. Основная масса солей кальция располагается по прослойкам между макрозернами, меньшая – в макрозернах. В мягких сырах отложений солей кальция меньше и их гранулы мельче, чем в твердых сырах.

Консистенция

Консистенция формируется в процессе созревания сыра. После прессования связность и твердость сырной массы невысоки. В первой половине созревания сырная масса уплотняется. Затем во второй половине созревания плотность и твердость массы несколько понижаются вследствие ферментативного распада белков. В конце созревания процессы уплотнения и разрушения структуры проходят с одинаковой интенсивностью и сыр приобретает определенные структурно-механические свойства – плотность, твердость, пластичность и т. д.

Консистенции сыра определяется в первую очередь его структурой – размерами и распределением макро- и микрозерен, а также прослоек. Другими факторами, влияющими на консистенцию сыра, являются скорость и степень распада белков, состав не распавшегося параказеинового комплекса (содержание в нем кальция), количество и состояние в сырной массе влаги, жира и т. д.

Рисунок

В процессе созревания сыра вследствие биохимических реакций выделяются газы: углекислый газ, водород, аммиак и др. Частично газы выделяются наружу, частично задерживаются в сырной массе, образуя глазки.

Аммиак образуется при дезаминировании аминокислот. Часть его вступает в соединение с кислотами, часть накапливается в свободном состоянии и улетучивается, о чем свидетельствует запах аммиака в сырохранилищах.

Водород выделяется в процессе маслянокислого брожения молочной кислоты, а также в результате деятельности бактерий группы кишечных палочек. Он плохо растворяется в сырной массе, легко диффундирует через неплотные участки, поэтому не задерживается в сыре. Однако при энергичном маслянокислом брожении образуется большое количество водорода, что может привести к получению неправильного рисунка и вспучиванию сыра.

Углекислый газ по сравнению с другими газами выделяется в значительно больших количествах. Он образуется при сбраживании молочного сахара и солей молочной кислоты (лактатов) ароматобразующими молочнокислыми, пропионовокислыми, маслянокислыми бактериями, бактериями группы кишечных палочек, а также при декарбосилировании аминокислот и жирных кислот. Углекислый газ сравнительно хорошо растворяется в сырной массе, однако его образуется настолько много, что он создает пересыщенный раствор и при благоприятных условиях начинает выделяться. Газ скапливается в микропустотах сырной массы, постепенно расширяет их, превращая в глазки. При быстром выделении CO_2 таких центров скопления газа будет очень много, и тогда глазки образуются мелкие и в большом количестве (голландский, костромской сыры). При медленном выделении CO_2 , например, в советском и швейцарском сырах, глазки образуются крупные и в малом количестве.

Созревание сыра

Созревание начинается с активного развития молочнокислых бактерий в молоке. Большинство их остается в сгустке и только небольшая часть переходит в сыворотку. Во время разрезки сгустка и обработки сырного зерна микроорганизмы развиваются очень быстро.

Количество микробов в 1 г сырной массы в момент формирования достигает сотен миллионов и даже нескольких миллиардов. Накопление начальной микрофлоры в сыре не заканчивается во время формирования. В сформованном сыре микробиологические процессы продолжают. Они сопровождаются интенсивным образованием молочной кислоты.

Развитие молочнокислых бактерий во всех сырах продолжается до тех пор, пока в сыре еще остается несброженный молочный сахар. После полного сбраживания количество молочнокислых бактерий в сыре постепенно снижается до конца созревания.

Несмотря на уменьшение количества микроорганизмов с начальной стадии

созревания сыров, расщепление составных частей проходит непрерывно, с монотонно снижающейся скоростью к концу созревания. Во второй половине процесса созревание обеспечивается эндоферментами и ферментами молокосвертывающих препаратов. При этом наиболее интенсивно проходят протеолитические процессы.

В целом созревание сыра это сложная совокупность биохимических, физико-химических и микробиологических процессов.

Сыр относится к вязкопластичным упругим телам. Он характеризуется упругостью, эластичностью, вязкостью, прочностью, твердостью и др. реологическими показателями, характеризующими консистенцию.

Основную роль в ее формировании играют физико-химические превращения параказеинового комплекса. В начале созревания главное влияние на показатели консистенции оказывает влажность, поваренная соль, активная кислотность, меняющая водосвязывающие свойства. В дальнейшем возрастает роль степени протеолиза, которая увеличивает пластичные и эластичные свойства сырной массы.

Активная кислотность является регулятором водосвязывающей способности параказеинового комплекса, от которой зависят его реологические показатели и количество капиллярной и осмотической влаги, в которой происходят биохимические процессы. Излишне высокая активная кислотность отрицательно сказывается на консистенцию сыра. Она приводит к образованию колющегося теста, понижает его связанность и повышает твердость. Затрудняется формирование рисунка, состоящего из глазков правильной формы.

Вызываемый солью сдвиг минимальной зоны набухания к $pH < 5,3$, близкой к значению активной кислотности, характерной для сыра в начале созревания, - регулирующий фактор формирования консистенции. Он способствует повышению твердости сырной массы, а эластичные и пластичные показатели становятся менее выраженными. Хлористый натрий также вызывает уменьшение адгезионных свойств микроструктурных элементов сыра, что зависит от степени поселки.

Таким образом, поваренная соль, меняя водосвязывающие свойства параказеинового комплекса, оказывает влияние на формирование видовых

показателей сыра. Интенсивность его зависит от массовой доли соли в сыре. В частности, формирование типичной консистенции и других органолептических показателей полутвердых сыров пониженной жирности достигается при массовой доле свободной поваренной соли 1,7-1,8 %. При одинаковой активной кислотности и степени посолки на реологические показатели, а следовательно и консистенцию, оказывает влияние содержание жира и влаги.

Во время созревания непрерывно меняется градиент влажности и концентрации соли в отдельных слоях головки сыра. Соль от поверхности диффундирует к центру. Влага же из центральных слоев двигается к поверхности. Динамика изменения реологических показателей под влиянием хлористого натрия в отдельных слоях сыра зависит от скорости его диффузии. Самая большая разница между реологическими показателями отдельных слоев наблюдается после посолки и в дальнейшем сглаживается по мере созревания. Она обуславливается физико-химическим взаимодействием хлористого натрия с параказеиновым комплексом, в результате которого минимальная зона набухания от активной кислотности pH 6,4 сдвигается в более кислую сторону до величины $pH < 5,3$.

В процессе созревания происходит выравнивание содержания поваренной соли и влагосодержания по слоям головки сыра, градиент которых становится наименьшим к концу процесса. Благодаря этому в зрелом сыре все реологические показатели отдельных слоев по всей величине различаются незначительно и анизотропность сырной головки становится наименьшей.

Жир является пластификатором сырной массы. Количество наименее прочно связанной воды после прессования, в основном, зависит от влажности сыра. Она регулируется в оптимальных для каждого вида сыра пределах. Активность воды для мягких сыров бывает наиболее высокой. Следует отметить, что органолептические свойства мягких сыров резко отличаются от твердых и они созревают в более короткие сроки. Между реологическими свойствами сыра, характеризующими консистенцию, и его водосвязывающей способностью существует значительная корреляционная связь. Когда влажность выше оптимальной, консистенция ухудшается.

Происходящие во время созревания уменьшение активной кислотности и протеолиз вызывают разрыхление белковой основы продукта. Образуется ряд продуктов распада параказеинового комплекса, обладающих разными физико-химическими свойствами. Это приводит к увеличению водосвязывающей способности белков, повышению эластичности и пластичности. Особенно нежная консистенция образуется у мягких сыров, содержащих после посолки до 48-53 % растворимого белка в зрелом продукте.

При созревании сыров выделяются углекислый газ, аммиак и немного водорода. Газы частично задерживаются в сырной массе, а часть их диффундирует наружу. В процессе созревания газы растворяются в воде, а после ее пересыщения они собираются в микропустотах сырной массы и образуют глазки.

Круглые и овальные глазки образуются в тех случаях, когда сыры формируют из пласта. При формовании другими способами, между зернами остается воздушные пустоты и образуется угловатые глазки неправильной формы. Углекислый газ в сырах составляет 60-90 % от всех газов. Его продуцируют ароматические молочнокислые стрептококки, кишечные палочки и другие бактерии из лактозы, цитратов и лактатов. Также двухуглекислый газ выделяется при декарбоксилировании аминокислот и жирных кислот. Аммиак большого влияния на образование рисунка не имеет, потому что он частично испаряется из сыра или нейтрализуется. Глазки начинают образоваться, когда в 100 г сырной массы накапливается 37-41 мл углекислого газа.

Образование рисунка зависит от реологических показателей сырной массы, наличия в ней воздушных пузырьков и микропустот, активной кислотности и температуры. Количество и размер глазков зависит также от скорости накопления газа: чем он скорее выделяется в сыре, тем больше будет мелких глазков и наоборот. В крупных сырах (швейцарском, советском и пр.) глазки образуются через 20-25 дней после изготовления, а иногда и позже, когда молочный сахар полностью разложился.

Давление в пузырьке газа обратно пропорционально радиусу пузырька, поэтому газы диффундируют из мелких пузырьков в более крупные, а мелкие

пузырьки, теряя газы, под давлением сырной массы смыкаются и исчезают.

Развитие бактерий группы кишечной палочки и маслянокислых бактерий может вызвать бурное газообразование и вспучивание сыров с образованием рваного, сетчатого и броженного рисунка.

Наибольший практический интерес при хранении сыров представляет температура, близкая к начальной криоскопической, так как при ней скорость биохимических процессов относительно низкая.

Во время хранения зрелых сыров при температуре от 0 °С до минус 3 °С процесс созревания затормаживается, но не прекращается вообще. Вследствие продолжающегося протеолиза, вызывающего уменьшение структурных связей, снижается твердость и эластичность. Параллельно повышается пластичность. Рисунок сыра не изменяется. Когда температура хранения выше 0 °С, процессы изменения консистенции идут быстрее.

Образование вкусовых и ароматических веществ сыра

Биохимические процессы, протекающие во время созревания сыра, приводят к значительным изменениям его основных составных частей. Многочисленные химические соединения, являющиеся продуктами распада белков, жира и молочного сахара, влияют на вкус и аромат сыра. Все эти соединения в разной степени участвуют в формировании вкусовых особенностей сыра.

Химический состав ароматической смеси сыра сильно отличается от такового других продуктов. Запах сыра обусловлен содержанием сложных эфиров и спиртов.

На формирование аромата и вкуса сыра существенное влияние оказывают микробиологический и химический состав молока, видовой состав культур микроорганизмов закваски, количество сычужного фермента, температура, продолжительность созревания.

В состав вкусового букета сыра входят органические летучие и нелетучие кислоты, спирты, эфиры, полипептиды, аминокислоты, амины и другие вещества.

Такие компоненты, как белок и жир, составляющие в сыре основу, создают

общий вкусовой фон, более или менее одинаковый для всех сыров. Но наряду с этой основой сыры содержат ряд веществ, придающих им специфические вкус и запах. Состав этих веществ очень сложен, и количественное соотношение их определяет специфичность сыра.

Вкус и запах обусловлены воздействием на органы чувств комплекса веществ продукта. В этом комплексе могут быть вещества с сильно выраженными свойствами вкуса и запаха, другие же компоненты могут затушевывать и сглаживать силу ощущения.

С течением времени в сырах увеличивается количество продуктов распада белков сырной массы и органолептические свойства сыров изменяются. Вначале сыр в результате этого процесса приобретает необходимую выраженность и типичность вкуса, характеризующие его зрелость, а затем наступает ухудшение вкуса, запаха, консистенции и других показателей.

Полная зрелость сыра определяется оптимальной выраженностью и типичностью вкуса, при последующей длительной выдержке сыр теряет качество, перезревает. Следовательно, вкус и запах сыра не остаются постоянными, эти свойства могут изменяться во времени в зависимости от соотношения накопившихся вкусовых и ароматических веществ.

Некоторые компоненты вкусового букета играют более значительную роль в создании вкуса и аромата сыра, чем остальные вещества. Так, например, в сырах содержатся масляная, валериановая и в небольших количествах капроновая, каприловая и каприновая кислоты. Установлено, что наличие трех последних кислот обуславливает характерный перечный вкус сыра рокфор. По мере созревания сыров общее количество летучих кислот в них увеличивается. В различных сырах качество и количество их неодинаково. Содержание летучих кислот продолжает увеличиваться и после полного созревания сыра. Избыточное количество их приводит к ухудшению вкуса сыра: например, голландский сыр приобретает кислый, выраженный горький вкус, затхлый запах.

Масляная кислота имеет неприятный и сильный запах, тем не менее наличие ее в высококачественных зрелых сырах создает, очевидно, в общем комплексе

вкусовых и ароматических веществ необходимый букет сыра.

Основное место среди летучих кислот занимают масляная, пропионовая и уксусная кислоты (90-92 %). В небольших количествах в сырах присутствуют высокомолекулярные (валериановая, изовалериановая, капроновая, каприловая, каприновая), а также муравьиная кислоты.

Нелетучие жирные кислоты образуются в сырах при сбраживании молочного сахара, а также при химических изменениях жира и белков. В сырах сычужных твердых, мягких, плесневых и молочнокислых были обнаружены щавелевая, янтарная, фумаровая, гликолевая, глюконовая, лимонная кислоты. Наличие лимонной кислоты в незрелом сыре способствует повышению вкусовых качеств продукта. Это, по-видимому, обусловлено образованием промежуточных продуктов распада лимонной кислоты в первый месяц созревания сыра.

В первые дни созревания в сыре накапливается в большом количестве молочная кислота, затем содержание ее уменьшается. Пировиноградная кислота образуется в незначительных количествах, и содержание ее снижается к концу созревания.

По мнению ряда исследователей, диацетил в значительной мере определяет вкус и запах пищевых продуктов, полученных в результате ферментации. Он является составной частью вкусовых и ароматических веществ сыра, масляный аромат его вызывается именно диацетилом. В сырах может содержаться также ацетоин. Ацетоин и диацетил образуются при развитии в сыре пропионовокислых и ароматобразующих бактерий.

Значительную роль в образовании вкусового букета сыров могут играть продукты глубокого химического превращения молочного жира, в результате которого образуются кетоны и альдегиды. Эти вещества имеют сильно выраженные вкус и запах и могут в значительной мере определять эти свойства сыров. В плесневых сырах кетоны и альдегиды составляют основные компоненты ароматического и вкусового букетов.

Спирты и эфиры в сырах обладают значительной интенсивностью вкуса и запаха. Например, молочный аромат образуется при гармоническом сочетании

летучих кислот, диацетила и эфиров. Последние образуются при молочнокислом брожении при наличии спирта и летучих кислот. Этиловый спирт может образоваться из пировиноградной кислоты через ацетальдегид. Эфиры образуются при химическом взаимодействии спирта и летучих кислот. В образовании букета сыра большая роль принадлежит уксусноэтиловому и масляноэтиловому эфирам.

Амины в сырах образуются путем декарбоксилирования некоторых аминокислот при участии бактериальных декарбоксилаз. Сыры (например, голландский) со слабовыраженным вкусом и запахом содержат значительно меньше аминного азота (2,4 %), чем сыры с типично выраженным вкусом и ароматом (3,4 % от общего азота в сыре).

В образцах сыра с хорошим типичным вкусом и запахом найдено значительно больше свободных аминокислот (1200-1297 мг%), чем в сырах со вкусовыми пороками и со слабовыраженным вкусом и ароматом. Типичные сыры содержали больше глутаминовой и аспарагиновой кислот, которые оказывают положительное влияние на вкусовые качества сыра. Содержание свободных аминокислот сильно колеблется (от 97,8 до 314,8 мг%), но наблюдается закономерность между количеством аминокислот и вкусом сыра: чем больше содержание аминокислот, тем выше вкусовые качества сыра.

Существует широко распространенное мнение, что некоторые полипептиды имеют горький вкус и определяют этот вкус в сыре. Такие полипептиды могут образоваться в сырах в результате повышенной дозы сычужного фермента или при наличии иных протеолитических ферментов. Аналогичный вкус имеют некоторые аминокислоты (триптофан, аргинин, гистидин, валин).

В мягких и полутвердых сырах, по-видимому, в свободном состоянии находится аммиак, который является важным компонентом их вкусового комплекса. Он обуславливает характерные аммиачный вкус и запах. Содержание аммиака в твердых сырах достигает 0,01 %, а в мягких – до 0,1 %.

В сырах может содержаться сероводород. В какой-то мере и серосодержащие кислоты участвуют в образовании аромата. Некоторые из этих кислот, например, метионин, являются источником образования сильно пахучего соединения –

метилмеркаптана, обнаруживаемого даже в концентрации $2 \cdot 10^{-12}$ г/100 г. Это вещество является составной частью ароматических веществ сыра. Оно обнаруживается в ранней стадии созревания (1/4, 1/2 периода). При дезаминировании серосодержащих аминокислот цистина, цистеина и метионина образуются сероводород, а также уксусная, муравьиная кислоты, аммиак и углекислый газ. Небольшие количества сероводорода оказывают положительное влияние на образование вкуса и аромата сыра.

Физико-химические процессы при производстве плавленых сыров

Плавленые сыры представляют собой концентрированные белковые продукты. Содержание растворимых белков в них выше, чем в исходных сычужных сырах, а использование при их производстве творога и сывороточных белков способствует увеличению количества важных аминокислот (метионина, цистина и др.). Пищевую ценность плавленых сыров повышают жиры, минеральные соли, органические кислоты, витамины и др. Их производство увеличивается и составляет более 40 % от общего объема сыров.

Основной показатель качества плавленых сыров — консистенция, которая формируется в процессе плавления сырной массы. Она во многом зависит от правильности подбора сырья, солей-плавителей, рН смеси, а также от температуры плавления, времени выдержки расплава и давления гомогенизации (для пастообразных сыров). В процессе плавления сырной массы с солями-плавителями изменяются физико-химические свойства параказеинового комплекса. Значительно увеличивается количество водорастворимых белковых веществ и повышается водосвязывающая способность сырной массы.

Действие солей-плавителей связано с адсорбцией их анионов на поверхности белка. Анионы фосфорной, лимонной и других многоосновных кислот при этом увеличивают отрицательный заряд белка и повышают его гидрофильные свойства. Кроме того, катион солей-плавителей (натрий) вступает с белками в обменные реакции, в результате чего малорастворимый параказеинат кальция переходит в

легкорастворимый параказеинат натрия.

Пластичная консистенция плавленых сыров и наибольшее количество растворимых белковых веществ образуются при плавлении молодых и зрелых сыров с гидрофосфатом ($\text{NaHPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), пиррофосфатом, полифосфатом и цитратом натрия ($2\text{NaC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$), растворы которых имеют щелочной или нейтральный характер. В последние годы рекомендуют применение пищевой добавки "Полифан".

Применение кислых солей снижает рН сыра и ухудшает консистенцию готового продукта. Это обусловлено тем, что введение солей-плавителей изменяет рН сыра – одного из главных факторов, влияющих на процесс плавления и консистенцию плавленого сыра. Таким образом, если рН сыра меньше оптимального значения рН плавленого сыра, то следует применять соли, растворы которых имеют щелочной характер, и наоборот, если рН сыра выше оптимального, то следует употреблять соли, растворы которых имеют кислый характер.

В настоящее время разрешается применять вместо солей-плавителей структурообразователи (добавки) биологического происхождения. Их использование не меняет вкуса исходных сычужных сыров, в то время как фосфаты натрия придают готовому продукту щелочной привкус.

Микроструктура плавленых сыров отличается от микроструктуры натуральных сычужных сыров. При производстве плавленых сыров микроструктуры исходного сыра под воздействием механических и тепловых факторов изменяется. На фоне однородной белковой массы (без макрозерен) видны жировые микрозерна, микропустоты и отложения солей кальция. Средний диаметр микрозерен жировых капель в плавленых сырах высокого качества составляет 6-8 мкм. В сырах более низкого качества наблюдается жировые микрозерна диаметром 13 мкм и выше. Размер микропустот в плавленых сырах в 2-3 раза меньше размера микропустот исходного сыра, но они содержат вакуоли (пузырьки воздуха) размером 2-3 мкм. Количество отложений солей кальция зависит от зрелости сыра и вида применяемых солей-плавителей.

Микробиология сыра

Сыр – ценный по вкусовым и питательным свойствам продукт переработки молока. 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 также сырье – молоко, и прежде всего его чистота, т. е. степень обсемененности нежелательными для сыроделия микроорганизмами.

Свертывание молока (коагуляцию казеина) производят путем заквашивания его молочнокислыми бактериями и введением сычужного фермента.

При выработке каждого вида сыра применяют определенные технологические приемы и режимы, которые направлены в основном на регулирование протекающих в сырной массе микробиологических процессов.

На протяжении всех технологических этапов производства сыра в сырной массе происходит накопление молочнокислых бактерий, которые становятся основной микрофлорой созревающего сыра. В небольшом количестве встречаются и другие микроорганизмы: бактерии гнилостные, группы кишечной палочки, маслянокислые, пропионовокислые, а также дрожжи. Созревание сыров протекает при активном развитии микробиологических процессов. В первые же дни созревания в сыре бурно развиваются молочнокислые бактерии, число их клеток в 1 г сыра достигает миллиардов. Бактерии сбраживают молочный сахар с образованием молочной кислоты, а некоторые продуцируют еще уксусную кислоту, углекислый газ, водород. Накопление кислот подавляет развитие посторонней микрофлоры.

При созревании твердых сыров типа голландского (с низкой температурой второго нагревания) основная роль принадлежит мезофильным молочнокислым стрептококкам (*Str. lactis*, *S. cremoris*, *S. lactis* subsp. *diacetylactis*). Некоторое значение имеют и мезофильные молочнокислые палочки.

В микрофлоре созревающих сыров типа швейцарского (с высокой температурой второго нагревания) преобладают термофильные молочнокислые палочки, преимущественно сырная палочка (*L. helveticus*), которым принадлежит ведущая роль в молочнокислом процессе. В созревании сыра принимают участие и термофильные стрептококки, а также мезофильные молочные бактерии (стрептококки и палочки). После того как молочный сахар будет сброжен, развитие молочнокислых бактерий прекращается и они начинают постепенно отмирать.

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– гидролиз их 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.

Пропионовая и частично уксусная кислоты, а также, по-видимому, некоторые аминокислоты и продукты их расщепления придают сырам характерные острый вкус и запах. Накопление в сырах углекислого газа и водорода в результате жизнедеятельности молочнокислых и пропионовокислых бактерий обуславливает образование сырных глазков, которые создают рисунок сыра

При созревании твердых сыров, особенно в начальной стадии процесса, могут активно развиваться бактерии группы кишечной палочки, а в конце созревания – маслянокислые. Рост этих бактерий сопровождается обильным выделением газов углекислого и водорода, при этом получается неправильный рисунок сыра и даже происходит его вспучивание.

Возникает и такой порок, как горечь сыра, из-за развития микроорганизмов, активно разлагающих белки. Некоторые образующиеся при этом пептиды обладают горечью. Этот порок могут вызывать некоторые молочнокислые стрептококки.

Значительно снижает качество сыра анаэробная споровая бактерия *Clostridiumputrificum*, обладающая резко выраженной протеолитической активностью. Сыр при этом размягчается, консистенция его становится мажущейся, появляется гнилостный запах и неприятный вкус. Однако порча, особенно твердых сычужных сыров, чаще проявляется в плесневении. Развиваются обычно грибы рода *Penicillium*, встречаются и другие (*Alternaria*, *Cladosporium*). Гриб *Oospora* вызывает изъязвление корки. Эта плесень солеустойчива и растет при содержании в среде до 14–16 % NaCl.

Одним из источников инфицирования сыров плеснями являются камеры для созревания и хранения сыров. Воздух, стены, стеллажи, поверхность кондиционеров всегда в той или иной мере обсеменены плеснями. Кроме выполнения общих санитарно-гигиенических требований к содержанию камер хранения, хороший эффект для предотвращения плесневения сыров дает озонирование холодильных камер.

При выработке мягких, так называемых плесневых, сыров, кроме молочнокислых бактерий, большое значение имеют плесени, которыми специально заражают сыры. Своеобразие вкуса этих видов сыров обусловлено изменением не только молочного сахара и белковых веществ, но и молочного жира, расщепляемого плеснями с образованием летучих жирных кислот.

В производстве Закусочного сыра используют (путем опрыскивания поверхности) *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 условий 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) важная роль в созревании принадлежит слизиевой поверхностной микрофлоре, состоящей из молочнокислых бактерий, дрожжей, микрококков и протеолитических палочковидных бактерий.

Плавленные сыры вырабатывают главным образом из зрелых сыров. Микрофлора их в основном представлена спороносными бактериями (*Bacillus subtilis*, *B. simplex*), встречаются и молочнокислые (палочки и стрептококки), сохранившиеся при плавлении сыра. Количество бактерий в этих сырах сравнительно невелико – тысячи клеток в 1 г. При холодильном хранении (до 5 °С) существенных изменений микрофлоры не наблюдается в течение длительного времени. При более высоких температурах численность бактерий увеличивается более или менее быстро в зависимости от температуры. Наиболее опасными, вызывающими вспучивание сыров являются маслянокислые бактерии. Во избежание этого вида порчи в сыры вводят антибиотик низин. Плавленные сыры считаются удовлетворительными при содержании в них бактерий не более 10 000 в 1 г и титре бактерий группы кишечной палочки не ниже 0,1 г.

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.

Пороки сыров

Таблица 2 – Пороки сыров

1	2
Порок	Причина возникновения
Горький вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение молока маммококком, расщепляющим казеин преимущественно до горьких полипептидов, а также отдельными штаммами молочнокислых палочек и стрептококков и др. штаммами "диких" микроорганизмов, сильно пептонизирующих белки с образованием горьких продуктов. - Попадание в смесь молока для сыра более 5 % аномального (маститного) молока, задерживающего развитие в молоке молочнокислых бактерий. - Скармливание коровам горьких кормов (полынь, горький люпин и др.) - Использование хлорида кальция (особенно в больших дозах) с примесями солей магния, недоброкачественной поваренной соли для посолки сыра (с большим количеством солей магния), а также пересол сыра. - Применение недоброкачественных молокосвертывающих ферментов (слабая активность и большие дозы) - Попадание в смесь молока бактериофагов, задерживающих развитие молочнокислых бактерий в молоке - Переработка сычужновялого, незрелого (парного) молока, вызывающая повышение доз молокосвертывающего фермента и хлорида кальция, способствующих образованию и усилению горького вкуса. - Наличие в сыре избытка соли молочной кислоты (лактата кальция), вызывающего горько-кислый вкус сыра.
Затхлый вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение молока посторонней технически вредной микрофлорой (кишечная палочка, маслянокислые бактерии, дрожжи и др.) - Плохой уход за сыром (подопревание корки сыра и развитие на его поверхности микрофлоры сырной слизи и плесени). - Несвоевременное переворачивание сыра, плохая вентиляция сырохранилищ. - Обсеменение поверхности сыров аэробной микрофлорой, в частности слизью, которая при высокой протеолитической активности образует большое количество аммиака, проникающего в сыр и придающего продукту затхлый вкус и запах. - Излишнее содержание влаги в сырах после прессования по сравнению с оптимально установленными значениями в соответствии с технологическими инструкциями для каждого вида сыра. - Излишнее развитие микрофлоры сырной слизи (<i>Bact. linens</i>) на поверхности сыра пикантного, латвийского и др. - Переработка молока в осенний и весенний периоды года, обильно обсемененного вредными для сыра бактериями. - Использование недоброкачественного рассола
Гнилостные, тухлые вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Использование молока, обильно обсемененного гнилостной микрофлорой, кишечной палочкой, маммококками и др. бактериями, разлагающими белки. Перечисленная микрофлора активизируется при ослабленном молочнокислом процессе: малоактивные закваски, наличие бактериофага, антибиотиков в молоке, примеси аномального молока и др. - Задержка просаливания сыра вследствие излишнего газообразования.

Продолжение таблицы 2

1	2
<p>Аммиачные и излишне аммиачные вкус и запах</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Излишне аммиачный вкус является пороком сыров, созревающих с участием микрофлоры сырной слизи, как следствие излишнего развития на поверхности сыров слизи и щелочеобразующих бактерий сырной слизи и глубокого распада белков. - Усиливается порок во время созревания сыров при высокой температуре (выше 15 °С) и повышенной относительной влажности воздуха (выше 93 %). - Усилению порока способствует повышенное содержание влаги в сырах (выше 46 % для зрелых сыров). - При выработке твердых сычужных сыров даже незначительный аммиачный запах и вкус являются пороками, возникающими при нарушении режима ухода за сырами (при подпревании корки сыра, развитии слизи на поверхности сыра и т.д.)
<p>Салистые вкус и запах</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение молока и сыра спорами маслянокислых бактерий в результате неудовлетворительного контроля за качеством принимаемого молока. - Слабое развитие молочнокислого процесса при подготовке молока, его свертывании, обработке сгустка и сырного зерна. - При нарушении корки сыров в результате воздействия кислорода и света происходит осаливание жира сырной массы.
<p>Кормовые привкусы</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Поедание молочным скотом недоброкачественных кормов со специфическими запахами (от полыни, чеснока, сурепки и др.). - Силовый привкус, появляющийся в молоке и сыре при неправильном скормливание (перед дойкой) в результате адсорбирования молоком из воздуха запахов силоса.
<p>Прогорклый вкус</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Воздействие на молочный жир липолитических ферментов (липаза и др.), приводящих к распаду жира с образованием масляной, капроновой и др. кислот с прогорклым вкусом. - Прогоркание жира активно происходит в более жирных сырах (например, пикантный, российский), в сырах с большим объемом пустот в сырной массе в результате усиления окислительных процессов. - Прогоркание зрелых сыров усиливается при длительном хранении при температуре выше 8 °С.
<p>Кислые или излишне кислые вкус и запах</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Переработка незрелого молока, применение излишне активных бактериальных заквасок и в больших дозах (угличский - более 1,5-2 %). - Преобладание в заквасках кислотообразующих штаммов и выпадение ароматобразующих. - Не применение раскисления сыворотки (добавления воды) при проведении второго нагревания в целях регулирования развития молочнокислого брожения. - Созревание сыров при низкой температуре (ниже 10 °С). - У советского сыра кислый вкус обусловлен отсутствием или слабым развитием пропионовокислого брожения.

Продолжение таблицы 2

1	2
Творожистый вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Использование на сыр молока повышенной кислотности. - В сыре после прессования содержится излишнее количество влаги. - Созревание сыров при низкой температуре (ниже 10 °С).
Слабовыраженный вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Слабое развитие молочнокислого брожения в результате использования неактивных бактериальных заквасок. - Применение бактериальных заквасок со слабой протеолитической способностью, пониженная влажность сыра после прессования, низкие температуры созревания. - Накопление продуктов протеолиза сырной массы (растворимых форм азота, свободных аминокислот и продуктов более глубокого их распада), создающих специфический сырный вкус, проходит замедленно. - В советском сыре порок вызывается отсутствием или слабым развитием пропионовокислого брожения, высоким содержанием поваренной соли (более 1,5 %), низкой температурой брожения сыра (ниже 20°С).
Твердая грубая консистенция	<ul style="list-style-type: none"> - Низкое содержание влаги в сыре после прессования за счет излишних обсушки и дробления зерна. - Применение высокой температуры второго нагревания для сыров типа голландского (выше 41-42 °С). - При выработке сыров с низким содержанием влаги, как правило, вяло протекает молочнокислое брожение, недостаточное накопление молочной кислоты. - Созревание сыров при низкой температуре (ниже 10 °С). - Излишняя посолка сыров с низкой температурой второго нагревания (содержание соли выше 2,5 %) задерживает нормальное развитие молочнокислого процесса и протеолитическую деятельность бактериальных ферментов, способствует получению сыра с твердой консистенцией. - Созревание и длительное хранение сыра без покрытий.
Резинистая или ремнистая консистенция	<ul style="list-style-type: none"> - Замедленное развитие молочнокислого процесса, а также слабое набухание белков в случае недостаточного накопления молочной кислоты. - Излишняя обсушка сырного зерна и низкое содержание влаги в сыре после прессования.
Крошливое тесто	<ul style="list-style-type: none"> - Использование на выработку сыра молока повышенной кислотности. - Применение бактериальной закваски с высокой энергией кислотообразования, выпадение из бактериальных заквасок штаммов ароматобразующих стрептококков и <i>Str. cremoris</i>, внесение больших доз бактериальных заквасок (более 1,5 %), а также вследствие переразвитого молочнокислого процесса. - При быстром накоплении молочной кислоты в сырной массе происходит отщепление кальция от параказеинаткальцийфосфатного комплекса под действием молочной кислоты, что приводит к излишнему обезвоживанию белков. - При замораживании сыра консистенция становится крошливой.

Продолжение таблицы 2

1	2
Колющая консистенция	<ul style="list-style-type: none"> - Повышенное содержание молочного сахара в водной фазе сыра в результате недостаточного раскисления сырной массы пастеризованной водой. - В результате переработанного молочнокислого брожения и накопления излишка молочной кислоты повышается отщепление кальция от параказеинат-кальцийфосфатного комплекса, уменьшается связность сырной массы, теряется ее клейкость, и она легко раскалывается в период более позднего газообразования, особенно в сырах типа советского.
Излишне мажущееся творожистое тесто	<ul style="list-style-type: none"> - При наличии в сыре излишней влаги, а следовательно и молочного сахара имеет место прокисание сыра с образованием творожистой, излишне мажущейся консистенции. - Часто порок возникает в российском сыре с повышенной влажностью сырной массы после прессования (выше 45-46 %) и при созревании сыра при низкой температуре (ниже 10 °С).
Расплывающаяся консистенция, излишне мягкий, оседающий сыр	<ul style="list-style-type: none"> - В сырах содержится излишнее количество влаги, созревание таких сыров при высокой температуре (выше 14-15 °С) и высокой относительной влажности воздуха (выше 92-95 %). - Выработка сыра из сычужно-вялого и незрелого молока. - Использование бактериальных заквасок со слабой кислотообразующей активностью.
Внутренние свищи (разрывы)	<ul style="list-style-type: none"> - Использование молока повышенной кислотности, плохое склеивание сырной массы вследствие пересушки сырного зерна. - Бурное газообразование при одновременной недостаточности связности сырной массы, вызывающие внутренние и наружные разрывы сырной массы.
Отсутствие рисунка (слепой сыр)	<ul style="list-style-type: none"> - Слабое развитие в сыре ароматобразующих бактерий. - Переработка незрелого или же перезрелого молока. - Низкая температура созревания (ниже 10 °С). - Применение бактериальной закваски слабой активности. - Отсутствие развития пропионовокислых бактерий в сырах с высокой температурой второго нагревания.
Редкий и мелкий рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Переработка молока повышенной кислотности. - Выдержка в камерах созревания при пониженной температуре. - Малое содержание или отсутствие пропионовокислых бактерий.
Пустотный рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Нарушение целостности собранного пласта - Добавление к сформованной массе обсушенных сырных зерен. - Сбор и подпрессовка пласта при отсутствии над ним слоя сыворотки (засасывание воздуха).
Наличие крупных пустот	<ul style="list-style-type: none"> - Формование сыра из скомковавшегося зерна. - Медленное выделение сыворотки при самопрессовании сырной массы и образование сывороточных гнезд в сыре.

Продолжение таблицы 2

1	2
Сетчатый рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Сильное газообразование, вызванное переработкой на сыр молока, обсемененного газообразующей микрофлорой. - Обильное обсеменение молока и сырной массы в процессе выработки сыра посторонней газообразующей микрофлорой.
Рванный броженный или губчатый рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Развитие в сыре бактерий группы кишечной палочки, дрожжей, сбраживающих лактозу и маслянокислых бактерий.
Щелевидный рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Начальная стадия самокола.
Вспучивание раннее	<p>Активное развитие в сыре бактерий группы кишечной палочки. Порок наблюдается в начальный период созревания, когда в сыре еще полностью не сброжен молочный сахар.</p>
Вспучивание позднее	<ul style="list-style-type: none"> - Активное развитие в сыре маслянокислых бактерий. Порок наблюдается на последних стадиях созревания сыра.
Неравномерность и деформация сыров	<ul style="list-style-type: none"> - Небрежная разрезка сырного пласта или небрежный розлив сырной массы при формовании. - При неправильной запрессовке получается сыр неправильной формы. - Деформация головок сыра при посолке, когда в одной секции находится свежие и просолившиеся сыры. - Хранение сыра на неровных полках или при разной толщине досок вызывает вмятины на сыре. - Вовлажных сырохранилищах при повышенной температуре воздуха и редким переворачиванием, особенно сыров с высоким содержанием влаги, наблюдается односторонняя их деформация. При этом получается сыр неправильной формы (расплывшийся).
Осыпающийся парафино-полимерный сплав	<ul style="list-style-type: none"> - Парафинирование недостаточно обсушенного после посоли сыра с плохо наведенной коркой. - Парафинирование холодного сыра, хранившегося при температуре ниже 10 °С. В этом случае покрытие ложится излишне толстым слоем. - Низкие температуры парафи-нополимерных сплавов (ниже 140 °С). - Созревание и хранение парафинированного сыра при относительной влажности воздуха выше 85 %.
Толстая грубая корка	<ul style="list-style-type: none"> - Образуется у прессуемых сыров (голландского, советского, швейцарского и др.), длительно хранящийся без покрытия парафиновыми сплавами или без упаковки в пленку при низкой относительной влажности (ниже 85 %, излишняя обсушка корки). - Излишняя посолка сыра сухой солью и концентрированными (концентрацией, выше рекомендуемой технологическими инструкциями) растворами соли. - Пересол сыра.

Продолжение таблицы 2

1	2
Трещины на корке	<ul style="list-style-type: none"> - Излишняя и быстрая обсушка поверхностного слоя в сухих сырохранилищах или при действии сквозняков. - Трещины на сырах появляются со слабой, ненаведенной коркой при слабой способности зерна к слипанию из-за недостаточной связности сырной массы (излишняя обсушка зерна, повышенная кислотность), из-за недопрессовки сыра (малое давление), небрежного прессования и др. - Появление трещин и разрывы корки вызывают бурное газообразование. При попадании в трещины влаги, гнилостной микрофлоры образуются гнилостные колодцы.
Подопревшая корка	<ul style="list-style-type: none"> - Несвоевременное переворачивание, пересол, нарушение режимов мойки сыра и заражение корки гнилостной микрофлорой. - Парафинирование сыра с плохо наведенной коркой. - Повышенная влажность воздуха в сырохранилище и применение непросушенных стеллажей. - Упаковка недостаточно обсушенного сыра в полимерные пленки или его покрытие специальными парафинополимерными сплавами.
Подкорковая плесень	<ul style="list-style-type: none"> - Нарушение замкнутости корки и проращение спор плесени в пустотах и трещинах корки. - Нарушению замкнутости корки способствуют следующие факторы: - наличие обильной пены на поверхности молока перед свертыванием и пены на поверхности сыворотки перед подпрессовкой пласта; - отсутствие слоя сыворотки на поверхности пласта во время подпрессовки; - недопрессовка сырных головок; - некачественная обработка салфеток, что приводит к при-липанию к салфетке сырной массы; - неравномерное просаливание сырных головок с повышенным содержанием влаги; - небрежное обращение с сыром (укладка один на другой в 4-5 рядов, размещение сыра на плохо обработанных, неровных стеллажах и т.п.); - нарушение санитарного состояния камер для созревания сыра.
Осповидная плесень на корке	<ul style="list-style-type: none"> - Рост на поверхности сыра осповидной плесени (плесневых грибков типа Oospora) вследствие заражения ею сыра при нарушении санитарно-гигиенического режима по уходу за ним в период созревания.
Коричневые и темные пятна на корке	<ul style="list-style-type: none"> - Совместное развитие микроорганизмов двух видов: микрококки и гнилостных бактерий (<i>Micrococcus flans</i>, <i>Proteus vulfaris</i>). Последние не являются типичными представителями микрофлоры молока и попадание чаще всего из воды, применяемой при выработке и обработке сыров.

Продолжение таблицы 2

1	2
Лишаевидные пятна на корке.	- Нарушение санитарно-гигиенического режима в камерах созревания в результате жизнедеятельности гнилостных микроорганизмов.
Потемнение на корке	- Попадание в молоко или сыр солей тяжелых металлов (железа, меди и др.), использование плохо луженых форм, посуды, инвентаря. Соли тяжелых металлов вступают в реакцию с серосодержащими соединениями молока. При этом потемнение может иметь различные оттенки. - Порок также может быть вызван развитием на поверхности гнилостной микрофлоры, образующей темный пигмент.
Бледный цвет теста	- Порок появляется у сыров, выработанных из зимнего молока, у пересоленного сыра, а также сыра из кислого молока.
Неравномерное окрашивание теста (белые пятна)	- Запрессовка сыворотки в сырную массу из-за неоднородности обработки сырного зерна. - Повышенное давление в начальный период прессования сыра. - Неравномерное распределение бактериальной закваски
Мраморность теста	- Неравномерное распределение сырной массы, а также внесение остатка сырного зерна предыдущей варки в последующую.
Нарушение корки сыров	- Акар (сырный клещ), находящийся в поверхностном слое сыра, иногда через трещины в корке проникает внутрь сырного теста. Клещ разрушает корку и выедает сырную массу. Акар появляется вследствие несоблюдения санитарно-гигиенического режима содержания сырохранилищ, стеллажей, ухода за сыром. - Опасны личинки сырных мух, особенно для сыров, имеющих слизевую поверхность.
Нечистые, затхлые вкус и запах	- Обсеменение молока при дойке коров бактериями группы кишечной палочки в результате несоблюдения правил санитарии при получении молока, мойке и дезинфекции молочной посуда, а также нарушения санитарного и технологического режима на предприятиях.
Салистый вкус и запах	- Развитие в сырах и брынзе бактерий, а также осаливание сыров и брынзы, находящихся без рассола.
Излишне кислые вкус и запах	- Интенсивный молочнокислый процесс в результате применения больших доз активных бактериальных заквасок с преобладание молочной палочки (<i>Vac. casei</i>). - Использование для выработки сыра молока повышенной кислотности. - Порок усиливается при самопрессовании и прессовании сыров и брынзы в теплых помещениях (выше 16-18 °С), при большом развитии в молоке и в продукте микрофлоры, например, сырной палочки с высокой кислотообразующей способностью.
Гнилостные, тухлые вкус и запах	- Развитие гнилостной микрофлоры, особенно в условиях хранения сыров и брынзы в слабых по содержанию соли рассолах (ниже 16 %), приготовленных на воде, а также повышенная температура в сырохранилище (выше 10 °С). На ослизлой, не покрытой рассолом поверхности сыров и брынзы появляются слизеобразующие бактерии, потребляющие молочную кислоту и создающие благоприятные условия для развития гнилостной микрофлоры.

Продолжение таблицы 2

1	2
Прогорклые вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Развитие на поверхности сыров и брынзы сырной слизи в результате разложения жира плесенями и слизиобразующими бактериями, выделяющими фермент липазу, расщепляющий жир. - Повышенное содержание жира (выше 50 %) в сырах и брынзе, длительное их хранение в помещении при температуре 10-12 °С и при доступе воздуха.
Горький вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Попадание в молоко бактерий маммококков и пептонизирующих бактерий, выделяющих горькие продукты. - Может быть при использовании поваренной соли, содержащей горькие магниевые соли. - Скармливание коровам горьких кормов (полынь, лютик, пижма и др.) и выработка из их молока сыров и брынзы.
Крошливая, несвязная, легко разламывающаяся	<ul style="list-style-type: none"> - Избыток молочной кислоты в сырной массе при пониженном содержании кальция, получаемой в результате переразвитого молочнокислого процесса. - Излишние потери продуктом влаги сверх оптимального количества, необходимого для набухания сырной массы. - Порок сопутствует пороку "излишне кислые вкус и запах". Причины их возникновения одни и те же.
Твердая, грубая консистенция	<ul style="list-style-type: none"> - Большая потеря влаги в процессе выработки и одновременное недостаточное нарастание кислотности сырной массы (слабое набухание белков). - Излишняя посолка сыров и брынзы в первый период, особенно при применении сухой посолки (обсыпка поверхности сыров солью), приводящая к пересолу и излишней потере влаги, в результате чего консистенция продукта становится твердой и грубой.
Излишне мягкая консистенция	<ul style="list-style-type: none"> - Излишне высокое содержание влаги в продукте вследствие посолки, созревания и хранения сыра и брынзы в рассолах слабой концентрации (12-14 %), которые вызывают лишнее набухание белков, ослизнение продукта и задерживают в них излишнюю влагу.
Ослизнение поверхности сыров и брынзы с размягчением теста	<ul style="list-style-type: none"> - Созревание и хранение сыра и брынзы в рассолах слабой концентрации (12-14 % соли и менее), особенно приготовленном на кислой сыворотке (рН 5 и ниже). - Хранение сыров и брынзы в бочках без рассола (вытекание рассола из бочки).
Деформация сыров и брынзы	<ul style="list-style-type: none"> - Небрежное формование, само-прессование, прессование и посолка сыров и брынзы. - Неплотная укладка сыров и брынзы в тару (бочки) и использование рассола слабой концентрации.
Броженный, рваный, губчатый рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Сильное газообразование со вспучиванием, появлением трещин и разрывов сырной массы вызывается жизнедеятельностью вредных маслянокислых бактерий группы кишечной палочки, образующих в период формования, самопрессования и прессования большое количество газа.
Сетчатый рисунок	<ul style="list-style-type: none"> - Наличие в молоке, сыре и брынзе большого количества бактерий группы кишечной палочки, особенно в период самопрессования сырной массы, когда ее кислотность невысока. При повышенной кислотности сырной массы бактерии группы кишечной палочки почти не развиваются.

Продолжение таблицы 2

1	2
Горький вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение молока маммококками, что приводит к образованию горьких полипептидов. - Попадание в смесь маститного молока. - Поедание коровами недоброкачественных кормов (полыни, горького люпина и др.). - Низкие температуры созревания (ниже 9-10 °С) или повышенные для рокфора - выше 8 °С. - При выработке сыра рокфор до месячного возраста исключаются пептоны, полипептиды с горьким вкусом, подвергающиеся дальнейшему расщеплению до стадии аминокислот с устранением горечи в сыре.
Затхлые вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение молока посторонней технически вредной микрофлорой: кишечной палочкой, маслянокислыми бактериями, дрожжами. - Излишнее развитие на поверхности сыров микрофлоры сырной слизи с образованием большого количества щелочных продуктов распада белков. - Подпревание корки из-за несвоевременного переворачивания и излишнего развития на поверхности сырной слизи и плесени. - Использование недоброкачественного рассола при выработке сыра рокфор.
Гнилостные, тухлые вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Порок бактериального происхождения, вызываемый гнилостной микрофлорой, кишечной палочкой, маммококками и др. бактериями, активизирующимися при ослабленном молочнокислом процессе.
Излишне аммиачные вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Перезревание сыров типа камамбер, дорогобужский, рокфор, а также хранение их в упакованном виде (фольге) при температуре выше 3 °С.
Плесневелый вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение сыров русский камамбер и рокфор посторонними ("дикими") плесенями. - Излишнее развитие в сыре рокфор (при наличии больших пустот внутри сырной массы) культурной плесени с образованием большого количества гифоф и мицелия.
Кислый, творожистый вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Неполное созревание мягких сыров вследствие недостаточного развития на поверхности сыров культурной плесени и микрофлоры сырной слизи. -Использование больших доз бактериальных заквасок. - Излишне высокое содержание влаги в сырах после посолки. - В рокфоре указанный порок встречается в сырах с излишне плотным тестом вследствие слабого развития плесени (только по проколам), а также при созревании сыра при температуре ниже 5-6 °С. - Слабое развитие плесени из-за малой дозы вносимой плесени и плохой ее всхожести.
Излишне резкий кислый вкус свежих мягких сыров	<ul style="list-style-type: none"> - Переквашивание сгустка при выработке зерна и сырной массы при самопрессовании. - Задержка охлаждения сырной массы после самопрессования.
Нечистые, посторонние, несвежие вкус и запах	<ul style="list-style-type: none"> - Обсеменение пастеризованного молока и сырной масс посторонней технически вредной микрофлорой (кишечная палочка и др.). - Хранение сырной массы в плохо вентилируемом помещении при температуре выше 6 °С. - Нарушение режима мойки и стерилизации оборудования и инвентаря.

Продолжение таблицы 2

1	2
Кормовые привкусы	<ul style="list-style-type: none"> - Привкусы силоса, лука, чеснока, полыни и др. вызываются при поедании молочным скотом недоброкачественных кормов - Силосный привкус появляется в молоке при скармливании силоса перед дойкой в результате адсорбирования молоком из воздуха его запаха.
Твердое, плотное тесто	<ul style="list-style-type: none"> - Излишнее дробление сгустка и сырного зерна - Излишняя обсушка сырной массы при самопрессовании сыра. - Недостаточная кислотность сырной массы перед посолкой (рН 5 и выше). - Передержка сыра рокфор в помещении для самопрессования. - Нарушение режима созревания сыра (большая потеря влаги). - Плохое развитие плесени внутри теста сыра.
Творожистое тесто, наличие в центре сыра творожистого ядра	<ul style="list-style-type: none"> - Неполное созревание сыров типа камамбер, дорогобужский. - Недостаточное развитие плесени или сырной слизи на поверхности сыров.
Излишне нежное расплывающееся тесто камамбера с вытекающей жидкой массой.	<ul style="list-style-type: none"> - Низкий уровень развития молочнокислого процесса (рН перед посолкой 5,2-5,3). - Излишнее содержание влаги перед посолкой (56-58 %). - Излишне высокая температура воздуха при созревании (выше 12-13 °С). - Интенсивное развитие до посолки сыра посторонней молочной плесени (<i>Oidium lactis</i>).
Излишне нежное, слабое тесто рокфора	<ul style="list-style-type: none"> - Излишнее содержание влаги в сыре перед посолкой (47-48 %). - Недостаточная активная кислотность (рН 5-5,2) при гомогенизации сливок повышается содержание влаги в сырах вследствие лучшей гидратации белков, дробления жировых шариков и их оболочек.
Сухое, крошливое, крупитчатое тесто свежих мягких сыров	<ul style="list-style-type: none"> - Переквашивание сгустка и сырной массы. - Значительные потери влаги при дроблении зерна и самопрессовании сырной массы. - Задержка охлаждения сырной массы и готового продукта.
Грубая консистенция свежих мягких сыров	<ul style="list-style-type: none"> - Выкладывание сгустка с недостаточной кислотностью (60-65 °Т). - Длительное самопрессование и прессование сырной массы
Мажущаяся слабая консистенция свежих мягких сыров	<ul style="list-style-type: none"> - Переквашивание сгустка (кислотность выше 75 °Т). - Низкая температура сквашивания (ниже 27-28 °С) при сычужно-кислотном сквашивании. - Самопрессование и прессование сильно охлажденной массы.

Продолжение таблицы 2

1	2
Мучнистая или крупитчатая консистенция сливочного сыра	<ul style="list-style-type: none"> -Повышенная кислотность сырной массы. - Недостаточное охлаждение сливочной массы перед гомогенизацией. - Нарушение режима гомогенизации сырной массы и внесение в нее желатина.
Деформированные сыры	<ul style="list-style-type: none"> - Неравномерное распределение сырной массы по формам. - Несвоевременное и неаккуратное переворачивание сыров при самопрессовании и созревании
Толстая, сухая, поврежденная, с трещинами корка	<ul style="list-style-type: none"> - Нарушение режима содержания сыров: высокая температура (выше 148 °С) с одновременной низкой (ниже 90 %) относительной влажностью воздуха, действие сквозняков, излишняя вентиляция. - Обильное развитие до посолки сыра не его поверхности посторонней молочной плесени (<i>Oidium lactis</i>), задерживающей развитие культурной плесени и нормальную обсушку поверхности сыра.
Недостаточное развитие белой плесени на поверхности камамбера.	<ul style="list-style-type: none"> - Излишняя обсушка сырной массы при обработке сгустка и самопрессования сыра или, наоборот, излишнее повышенное влагосодержание сыра из-за недостаточной его обсушки до посолки.
Слишком обильное развитие сырной слизи на поверхности дорогобужского сыра.	<ul style="list-style-type: none"> - Недостаточная обсушка сыра при самопрессовании и после посолки. - Созревание сыра при температуре выше 14 °С и относительной влажностью воздуха выше 95 %. - Пересол сыра, вызывающий образование большого количества жидкой слизи сероватого цвета с затхлым запахом.
Растрескивание и обсыхание поверхности рокфора	<ul style="list-style-type: none"> - Нарушение режима созревания сыра: низкая (ниже 88 %) относительная влажность воздуха, действие сквозняков, излишняя вентиляция (повышенный воздухообмен), повышенная температура созревания (выше 8 °С). - Нарушение правил ухода за сыром в период созревания: несвоевременное перекачивание сыра, особенно нежной выработки, с повышенным содержанием влаги.
Обилие сырной слизи, размягчение сыра рокфор	<ul style="list-style-type: none"> - Повышенное содержание влаги в сыре. - Несвоевременное оскабливание поверхности от излишней сырной слизи. - Повышенная температура созревания (выше 8°) с повышенной относительной влажностью воздуха в помещении (92-95 %).
Развитие на сыре посторонней плесени	<ul style="list-style-type: none"> - Нарушение санитарно-гигиенического режима ухода за сырами при созревании и их хранении.
Бледный цвет теста мягких сыров	<ul style="list-style-type: none"> - Порок появляется у сыро, выработанных из зимнего молока, у пересоленного сыра, а также у сыра из молока повышенной кислотности.
Сероватый цвет теста рокфор	<ul style="list-style-type: none"> - Излишнее развитие полезной плесени
Бурый, желтый цвет теста рокфор	<ul style="list-style-type: none"> - Порок появляется в сырах, долго хранившихся в неупакованном виде. - Обсеменение теста при прокалывании и оскабливании микрофлорой сырной слизи. - Повышенная температура созревания сыра.

Продолжение таблицы 2

1	2
Обильное развитие плесени <i>Penic. roqueforti</i> в тесте сыра	<ul style="list-style-type: none"> - Неправильное формование сыра, приводящее к образованию внутри него больших пустот, пор. - Передержка сыра в помещении для самопрессования, приводящая к излишнему брожению и вспучиванию сыра. - Повышенная температура созревания (выше 8 °С)
Выделение влаги при разрезе сыра рокфор	<ul style="list-style-type: none"> - Переработка незрелого молока. - Недостаточная обсушка сырной массы в процессе выработки зерна, самопрессования - Повышенное содержание влаги в сыре перед посолкой.
Слабо выраженный вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Использование недостаточно зрелого сырья
Нетипичный для данного вида сыра вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Использование для плавления сычужных сыров с нетипичными видовыми признаками
Излишне кислый вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Преимущественное использование в смеси сычужных сыров с кислым вкусом
Горький вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Применение сырья (сыры сычужные, сливки, масло, творог) с кормовым привкусом. - Применение сырья (сыры сычужные, сливки, творог) с горьким привкусом
Салистый привкус	<ul style="list-style-type: none"> - Развитие споровых анаэробных бактерий, в основном маслянокислых, как в сырье, так и в плавленом сыре.
Щелочной вкус	<ul style="list-style-type: none"> - Избыток солей-плавителей - Неправильный подбор солей-плавителей.
Песчанистая	<ul style="list-style-type: none"> - Образование кристаллов пирофосфата кальция, иногда ортофосфата кальция.
Рыхлая	<ul style="list-style-type: none"> - Переработка незрелого сыра, нейтральная реакция сырной массы (рН 7).
Мучнистая	<ul style="list-style-type: none"> - Коагуляция белка в результате низкой активной кислотности (рН 5-5,2) сырной массы. - Недостаток солей-плавителей.
Прилипание сырной массы к фольге	<ul style="list-style-type: none"> - Некачественная фольга - Состояние сырной массы: незрелое сырье, плохо вработана влага, соль-плавитель не обеспечивает набухание белка, перезрелое сырье.
Деформирование брикетов сыра	<ul style="list-style-type: none"> - Плохая регулировка фасовочного автомата. - Групповая упаковка недостаточно охлажденного продукта
Пятнистость колбасного копченого сыра	<ul style="list-style-type: none"> - Копчение неохлажденного продукта - Избыток соли-плавителя

4 Биохимические и физико - химические процессы при производстве и хранении масла

Получение масла является сложным физико-механическим и коллоидно-химическим процессом преобразования жировой дисперсии молока. Основными в нем являются: отверждение глицеридов жира, вызывающее конформационные изменения оболочек жировых шариков; изменение коллоидного состояния жировой дисперсии сливок; дестабилизация ее с образованием масляного зерна; формирование структуры масла. Протекание этих процессов зависит от способа получения масла: сбиванием сливок средней жирности или преобразованием высокожирных сливок.

Производство масла методом сбивания сливок

Основные физико-химические изменения жировой фазы сливок происходят в период их физического созревания и в процессе сбивания.

Устойчивость жировой фазы сливок, как и молока, обусловлена наличием липопротеидных оболочек на поверхности жировых шариков. Оболочки обладают упругостью, механической прочностью, имеют электрический заряд и окружены молекулами воды.

В процессе физического созревания сливок жир отвердевает и жировая эмульсия (дисперсия) частично дестабилизируется. При низких температурах изменяются свойства защитных оболочек жировых шариков – ослабляется их связь с молочным жиром, уменьшается толщина, снижаются эластичность и прочность. При кристаллизации глицеридов, особенно высокоплавких, может нарушаться целостность оболочек некоторых жировых шариков. На них образуются трещины, через которые выдавливается жидкая часть жира. После частичной или полной гидрофобизации поверхности жировых шариков образуются их агрегаты,

скопления и комки. Если жир находится в жидком состоянии, то возможно слияние жировых шариков, в результате которого образуются шарики более крупных размеров.

В результате механической обработки сливок при их сбивании в маслоизготовителе жировая дисперсия полностью разрушается. Жировые шарики окончательно лишаются оболочек, объединяются сначала в мелкие, а затем в более крупные комочки, т. е. образуют масляные зерна, которые подвергают дальнейшей обработке для получения однородного пласта масла с равномерно распределенными каплями влаги.

Следовательно, во время физического созревания и сбивания сливок изменяется структура жировой дисперсии, создается структура масла. Консистенция масла зависит от степени отвердевания жира и определяется химическим составом молочного жира, режимами пастеризации, физического созревания и сбивания сливок.

Жировая дисперсия свежих сливок представляет собой стабилизированную эмульсию жира в виде прочно удерживающих оболочку жировых шариков в плазме. Стабильность и механическая прочность оболочки жировых шариков зависят от электростатических, гидрофобных и других структурных связей между ее слоями и входящими в них компонентами.

Оболочка жировых шариков имеет отрицательный электрический заряд, обусловленный, по-видимому, ионизированными кислотными фосфатными группами и четвертичным атомом азота липопротеиновых комплексов поверхностного слоя оболочки. Имея одноименные заряды, жировые шарики в молоке и сливках отталкиваются друг от друга, что способствует сохранению их индивидуальности и стабильности жировой дисперсии. Величина заряда зависит от рН плазмы: при высоких значениях рН он отрицательный, при низких – положительный. При рН 4,1-4,5 в изоэлектрической точке происходит смена заряда. Чем ближе рН к изоэлектрической точке, тем меньше заряд жировых шариков и меньше сила их отталкивания друг от друга и тем легче образуются их скопления в виде кучек той или иной величины.

Существует относительное равновесие между оболочками жировых шариков и окружающей их молочной плазмой. Обладая структурной вязкостью, высокой механической прочностью и одноименным зарядом, оболочки образуют структурно-механический барьер, препятствующий слиянию и агрегации (слипанию) жировых шариков.

Свободное расстояние между жировыми шариками определяет стабильность эмульсии, так как процессы агрегации в дисперсных системах происходят при сближении дисперсных частиц на достаточно малые расстояния.

При уменьшении свободного расстояния между жировыми шариками энергия притяжения будет увеличиваться, а электростатического отталкивания – уменьшаться. При средних расстояниях между жировыми шариками преобладает энергия отталкивания, а при малых – притяжения. С повышением жирности сливок уменьшается свободное расстояние между жировыми шариками. При массовой доле жира в сливках от 10 % до 45 % жировые шарики не соприкасаются друг с другом при равномерном распределении их в объеме. В сливках с массовой долей жира от 46 % до 60-61 % мелкие жировые шарики располагаются между крупными, и при равномерном распределении в объеме большая их часть не соприкасается друг с другом, имея минимально малые прослойки плазмы между собой.

При изменении рН плазмы, температуры, при частичном отвердевании глицеридов жирового ядра шарика, механических и электрических воздействиях происходит изменение структуры оболочки жирового шарика с нарушением ее устойчивости.

Фазовые изменения молочного жира при физическом созревании сливок

Для получения масла достаточно твердой консистенции, уменьшения отходов жира в пахту при сбивании сливок в масло, для облегчения дестабилизации жировой дисперсии проводится быстрое охлаждение сливок до температур, оптимальных для прохождения фазовых изменений глицеридов молочного жира (20 °С - 25 °С), с необходимой продолжительностью выдержки.

В процессе физического созревания сливок около половины жира в жировых шариках отвердевает, претерпевая сложные фазовые изменения. Под фазовыми изменениями понимают совокупность превращений, протекающих при охлаждении и нагревании молочного жира: изменение агрегатного состояния (отвердевание или плавление), образование смешанных кристаллов, полиморфные превращения, рекристаллизацию и перераспределение триглицеридов между фазами. Доля отвердевшего жира в процентах к общему количеству называется степенью отвердевания жира.

Молочный жир в жировом шарике представляет собой раствор («расплав») высокоплавких глицеридов в более легкоплавких. В процессе быстрого охлаждения сливок с перемешиванием до температур физического созревания происходит образование центров кристаллизации (нуклеация) преимущественно из высокоплавких глицеридов. Триглицериды как высокомолекулярные соединения обладают значительной степенью переохлаждения. Этому способствует наличие в молекуле триглицерида трех длинных цепей кислотных радикалов, способных образовывать «клубки молекул» с соседними молекулами, а также быстрое повышение вязкости «расплава» при охлаждении, что в целом затрудняет продвижение молекул триглицеридов в центры кристаллической решетки и возникновение кристаллических структур. Со степенью переохлаждения связано превышение на несколько градусов температуры плавления жира над температурой отвердевания.

Выделение глицеридов из расплава происходит по достижении определенной степени переохлаждения. Из расплава молочного жира выпадают в первую очередь зародыши кристаллов менее растворимых высокоплавких глицеридов (нуклеация). Высокоплавкие глицериды находятся на поверхности глицеридного ядра и смачивают внутренний слой оболочки жирового шарика. Зарождение кристаллов в жировых шариках происходит путем гетерогенной нуклеации и возбуждается фосфатидами внутренней поверхности оболочки, молекулярная структура которых близка к высокоплавким глицеридам наружной поверхности глицеридного ядра.

В процессе продолжающейся кристаллизации в охлажденных сливках на

поверхности глицеридного ядра образуется мономолекулярный кристаллический слой, толщина которого зависит от режимов охлаждения.

По мере выдержки сливок при температуре физического созревания происходит гетерогенная нуклеация в более глубоких слоях глицеридного ядра, за счет глицеридов, более близких по молекулярной структуре и температурам плавления к высокоплавким глицеридам наружной поверхности глицеридного ядра. Зародыши кристаллов вырастают в смешанные кристаллы из родственных по молекулярной структуре и температурам плавления глицеридов. При этом более легкоплавкие глицериды вытесняются в центр глицеридного ядра.

Отвердевание глицеридов в глицеридном ядре сопровождается деформацией отвердевших жировых шариков, которые теряют свою прозрачность, принимают угловатую форму. Согласно второму закону термодинамики, деформация жировых шариков приводит к неравномерному распределению свободной энергии в их поверхностных слоях: наибольшая сосредоточивается на углах и ребрах, а наименьшая – на плоскостях. Вследствие этого нарушается адсорбционное равновесие и происходит частичная десорбция оболочечного вещества жировых шариков в плазму. Оболочки жировых шариков в созревших сливках становятся тоньше и более хрупкими, что облегчает их разрушение при сбивании сливок в масло. В результате при физическом созревании сливок происходят глубокие конформационные изменения свойств оболочек жировых шариков в направлении ослабления их связи с глицеридным ядром, понижения их стабильности.

При физическом созревании сливок происходит значительное понижение величины заряда оболочек жировых шариков, уменьшается их способность к отталкиванию. Это способствует образованию кучек жировых шариков. По сравнению с незревшими сливками их число удваивается, что также ускоряет процесс маслообразования. Вязкость сливок повышается вследствие образования кучек жировых шариков и гидратации белков плазмы.

При физическом созревании сливки образуют структурные связи коагуляционного типа, которые разрушаются при механическом воздействии.

Влияние различных факторов на фазовые превращения глицеридов молочного жира

На фазовые превращения глицеридов молочного жира значительное влияние оказывают его химический состав, изменяющийся по сезонам года и климатическим зонам, концентрация и дисперсность жировой фазы, глубина и скорость охлаждения, перемешивание, режимы ступенчатого термического воздействия и термостатирования.

Влияние химического состава

Расплав молочного жира в жировых шариках состоит из множества различающихся по химическому составу и структуре смешанных триглицеридов. Физические свойства каждого зависят от входящих остатков жирных кислот и их месторасположения в молекуле.

Степень отвердевания жира зависит от соотношения в нем различных по плавкости глицеридов, которое изменяется по сезонам года и климатическим зонам. Это ярко проявляется в колебаниях фракционного состава молочного жира. Летом при пастбищном содержании скота жидкие и легкоплавкие фракции составляют примерно половину жира, зимой при стойловом содержании их количество уменьшается до 23 %, а тугоплавкие составляют около 18 % и 48 % соответственно. Степень отвердевания тугоплавких фракций в 2-5 раз выше, чем легкоплавких. В связи с этим степень отвердевания зимнего молочного жира по сравнению с летним возрастает на 10-18 % при 4 °С - 10 °С и на 10-14 % при 12 °С - 15 °С. С увеличением содержания высокомолекулярных глицеридов достижение максимальной степени отвердевания наступает позже.

Химический и фракционный состав молочного жира имеет большие различия по климатическим зонам страны: в районах с умеренным и холодным климатом молоко содержит более легкоплавкий жир.

Влияние температуры и скорости охлаждения

Глицериды кристаллизуются из охлажденного расплава жира при температурах, которые ниже точек их отвердевания. Отвердевание глицеридов происходит последовательно, в соответствии с их растворимостью в более легкоплавких глицеридах и пересыщением: вначале выкристаллизовываются тугоплавкие, а затем средне- и легкоплавкие. Образование кристаллических решеток происходит в течение некоторого времени. Так как высокомолекулярные глицериды продвигаются к центрам кристаллизации в очень вязкой среде с возможным образованием «клубков молекул», возникновение кристаллов замедляется и расплав при данной температуре может быть значительно переохлажден. Образование кристаллических решеток ввиду взаимного притяжения частиц входящих глицеридов происходит при более низкой температуре по сравнению с той, которая характерна для каждого из компонентов.

Все это обуславливает склонность расплава молочного жира при охлаждении к групповой или фракционной кристаллизации. Родственные по химической природе и физическим свойствам группы глицеридов выпадают из расплава в виде смешанных кристаллов.

При медленном охлаждении в условиях недостаточного переохлаждения возникает мало центров кристаллизации, создаются условия для фракционирования на большее число узких групп глицеридов и образования крупных кристаллов. Поэтому при медленном снижении температуры один и тот же молочный жир имеет не одну, а несколько точек отвердевания. Медленное охлаждение приводит к получению масла более легкоплавкого, менее термоустойчивого, так как расплавление его проходит фракционно. Незначительные повышения и колебания температуры вызывают расплавление той или иной группы (фракции) глицеридов, а крупные кристаллы молочного жира имеют недостаточную адсорбционную поверхность для смачивания и удержания жидкой фракции жира. Вследствие этого масло будет расплываться, терять свою форму с возможным выделением ярко-

желтого жидкого жира, проявляя нетермоустойчивость уже при температурах 17 °С и выше.

При быстром и глубоком охлаждении, когда достигается наибольшая степень переохлаждения системы, создаются оптимальные условия для быстрого образования многочисленных центров кристаллизации и выкристаллизовывания мелких смешанных, состоящих из широкой группы глицеридов, термоустойчивых кристаллов. Уменьшается число групп отвердевших глицеридов. Чем выше скорость охлаждения, тем ниже будет температура плавления высокоплавких групп и выше - легкоплавких, так как в первые будет включено большее количество среднеплавких глицеридов, а в последние – высокоплавких. С увеличением числа центров кристаллизации уменьшаются размеры кристаллов, повышается степень отвердевания, быстрее устанавливается равновесное состояние. Мелкие смешанные кристаллы с развитой адсорбционной поверхностью и большой смачиваемостью жидким жиром способствуют формированию пластичной консистенции и повышению термоустойчивости масла. Температура от 0 °С до 6 °С наиболее оптимальна для образования центров кристаллизации. При 8 °С интенсивность их возникновения заметно снижается, особенно резко – с 12 °С. Так, за первые 5 мин охлаждения перемешиваемых сливок средней жирности при 0 °С - 6 °С выкристаллизовывается 30-40 % жира, при 8 °С – 23, при 12 °С – 16 %. Этим объясняется тот факт, что температура физического созревания сливок выше 13 °С не обеспечивает нужной степени отвердевания жира (35 %) и считается «критической». В то же время с 10 °С -12 °С повышается скорость линейного роста кристаллов, достигающая максимума при 15 °С - 20 °С.

Каждой температуре охлаждения соответствует максимально возможная степень отвердевания глицеридов молочного жира. Так, при 2 °С - 4 °С отвердевает 50 % жира и более, при 8 °С – 33, при 13 °С – 23, при 20 °С – 11, при 23 °С – 7 %. После достижения максимальной степени отвердевания наступает состояние равновесия между жидким и твердым жиром, когда дальнейшая выдержка не приводит к дополнительному отвердеванию. Состояние равновесия устанавливается через 1,5-3 ч при температуре 2 °С - 8 °С и через 2,5-5 ч при 12 °С - 25 °С, но

качественные изменения в кристаллических структурах протекают в течение нескольких суток .

Отвердевание жира протекает скачкообразно: в первые 10-20 мин в период массовой нуклеации (I зона) интенсивно, при 4 °С - 15 °С отвердевает до 50 % жира, способного отвердеть при данной температуре; во II зоне отвердевает всего лишь 0,4-1,7 % в связи с резким повышением вязкости системы и уменьшением степени пересыщения расплава; в III зоне (40-50 мин) массового отвердевания более легкоплавких глицеридов дополнительно отвердевает 6-12 % жира.

В отвердевшем жире в основном образуется две группы смешанных кристаллов: легкоплавкая (ЛГ) с температурой плавления от 12 °С до 25 °С; высокоплавкая (ВГ) - от 27 °С до 36 °С. С понижением скорости охлаждения образуются небольшие группы смешанных кристаллов с другими диапазонами плавления.

Количественное соотношение в отвердевшем жире легкоплавких, высоко- и среднеплавких отвердевших групп, диапазон температур их плавления обуславливаются химическим составом молочного жира, скоростью и глубиной охлаждения . Чем больше в жире высокоплавких глицеридов, тем выше температура максимума плавления ВГ и, наоборот, чем больше легкоплавких, тем ниже температура максимума плавления ЛГ.

С увеличением глубины и скорости охлаждения содержание ВГ в твердой фазе относительно уменьшается, уменьшается и содержание твердого жира, не расплавляющегося при температурах выше 20 °С. В то же время увеличивается количество твердого жира, плавящегося в интервале температур 0 °С - 18 °С, вследствие чего термоустойчивость масла снижается, и, наоборот, с понижением скорости и повышением конечной температуры охлаждения увеличивается содержание твердого жира, плавящегося при 20 °С - 32 °С, что способствует повышению термоустойчивости масла. Длительное термостатирование сливок при температурах, близких к 0 °С, не влияет на степень отвердевания ВГ и способствует повышению содержания твердого жира в низкотемпературной зоне плавления. Термостатирование приводит к упорядочению (дифференциации) отвердевших

групп глицеридов по длине углеродных цепей и их химическому средству. Выделяются самостоятельные легкоплавкие, среднеплавкие и высокоплавкие группы кристаллов, случайно захваченные при отвердевании.

При этом максимумы плавления средне- и высокоплавких групп глицеридов повышаются, а легкоплавких – снижаются за счет выделения случайно захваченных глицеридов. Эти процессы более интенсивно протекают с повышением температуры вследствие уменьшения структурно-механической вязкости и в системах, предварительно прошедших быстрое и глубокое охлаждение, а также при скачкообразных колебаниях температуры термостатирования. Перераспределение глицеридов происходит не только между фазами (твердая, жидкая) и группами кристаллов, но и в слоях кристаллов с изменением физико-химических свойств системы.

Эти свойства и консистенция масла регулируются режимами физического созревания и сбивания сливок. Для хорошей консистенции масла оптимальное соотношение ЛГ:ВГ= 2:1, при отклонениях масло приобретает излишне мягкую или излишне твердую консистенцию.

Фазовые изменения в отвердевшем жире, дополнительное отвердевание проходят при хранении масла. Повышается его твердость, изменяется термоустойчивость, идет нерегулируемый, а поэтому нежелательный процесс формирования вторичной структуры. Чтобы избежать этого, масло содержат при температурах выработки (недлительное хранение) или отрицательных, исключая проходные фазовых изменений в отвердевшем жире.

При липолизе с повышением содержания свободных жирных кислот возрастает скорость кристаллизации глицеридов молочного жира.

Влияние жирности сливок и их перемешивания

С повышением жирности сливок и увеличением дисперсности жировой фазы скорость кристаллизации и степень отвердевания жира уменьшаются, особенно при низких температурах. Это обусловлено быстрым повышением вязкости системы и

меньшей тепло- и температуропроводностью более жирных сливок по сравнению с менее жирными. Так, при 4 °С разность в степени отвердевания между сливками 35-60 %-ной жирности составляет 20 %, при 8 °С - 10 °С – 13-17 и 15 °С – 4 %.

Перемешивание охлаждаемых сливок средней жирности интенсифицирует отвердевание жировой фазы вследствие ускорения теплообмена за счет ускорения охлаждения в 3 раза, сокращения периода переохлаждения. Скорость отвердевания увеличивается в 2 раза. Степень отвердевания повышается на 10-25 %, раньше устанавливается состояние равновесия в системе.

Чем ниже температура охлаждения, тем в большей степени проявляется влияние фактора перемешивания. Перемешивание охлажденных до 4 °С - 8 °С гомогенизированных сливок в течение первых 5-10 мин интенсифицирует отвердевание глицеридов жира, а в дальнейшем, с повышением вязкости и снижением теплопроводности, темп отвердевания жира снижается. При более высоких температурах (15 °С), когда влияние вязкости ослабевает, перемешивание гомогенизированных сливок интенсифицирует отвердевание жира.

Перемешивание охлаждаемых высокожирных сливок сопровождается быстрым и резким увеличением их вязкости, понижением теплопроводности.

Режимы физического созревания сливок

Во время физического созревания сливок в жировых шариках проходят процессы отвердевания молочного жира в виде мелких смешанных кристаллов. Линейный рост их ограничивается величиной жирового шарика и его липопротеиновой оболочкой.

При разработке режимов необходимо учитывать, что быстрый нагрев сливок с использованием повышенных температур теплоносителя может привести к быстрому расплавлению легкоплавких модификаций, которые не успеют перекристаллизоваться в более высокоплавкие.

В процессах физического созревания сливок и частично маслообразования до разрушения оболочек жировых шариков в основном должно пройти быстрое и

достаточное (30-35 %) отвердевание жира. Необходимо создать условия для выкристаллизовывания жира в виде мелких смешанных кристаллов. В твердой фазе жира для получения хорошей консистенции масла должно быть оптимальное соотношение между легкоплавкими и высокоплавкими группами смешанных кристаллов глицеридов, соответственно 2:1, что обеспечивает маслу достаточную термоустойчивость, особенно при температурах выше 17 °С, и пластичность консистенции. При выработке должно быть завершено формирование структуры масла типа коагуляционно-кристаллизационной, что обусловит пластичность и стабильность его консистенции

Исходя из этого, режимы низкотемпературной обработки избираются в соответствии с сезонными изменениями химического состава жира и с учетом ранее изложенных кинетических закономерностей кристаллизации глицеридов молочного жира.

Одноступенчатые режимы низкотемпературной подготовки сливок к сбиванию чаще всего не обеспечивают должного протекания и завершения фазовых превращений молочного жира, необходимых для получения масла хорошей консистенции и минимального отхода жира в пахту. Повышенные температуры физического созревания не обеспечивают достаточной степени отвердевания жира, а низкие – оптимального соотношения легкоплавких и высокоплавких групп смешанных кристаллов глицеридов, завершения полиморфных превращений в твердой фазе жира. Одноступенчатые режимы затрудняют регулирование фазового состава отвердевшего жира и консистенции масла в зависимости от химического состава молочного жира. К сожалению, в нашей стране преимущественно применяют одноступенчатые режимы физического созревания сливок.

Предварительное охлаждение до 2 °С - 6 °С, используемое при многоступенчатых режимах физического созревания сливок, способствует повышению степени отвердевания жира на 7-12 % при температурах последующего термостатирования, равных 13 °С - 21 °С. Чем ниже температура предварительного охлаждения и длительнее выдержка, тем выше степень отвердевания и быстрее достигается состояние равновесия при последующем термостатировании.

Направленно оперируя ступенчатыми термическими режимами обработки сливок и скоростью охлаждения или нагрева, можно регулировать долю участия каждой группы смешанных кристаллов в образовании твердой фазы жира в зависимости от химического состава. Чем больше в ней содержится высокоплавких групп, тем выше температура плавления легко- и среднеплавких групп, а следовательно, и термоустойчивость масла. Эти закономерности используются при определении оптимальных ступенчатых режимов физического созревания сливок для регулирования консистенции летнего и зимнего масла и в случаях применения дифференцированных режимов обработки высокожирных сливок в маслообразователях на непрерывно - поточных линиях.

Ступенчатые режимы позволяют регулировать фазовые изменения молочного жира и формирование консистенции масла. Такие режимы учитывают сезонные изменения химического состава жира, поэтому их дифференцируют на ступенчатые летние и зимние. По этому методу сливки после пастеризации быстро охлаждают до $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при этой температуре выдерживают 2-3 ч, чтобы обеспечить образование большого числа центров кристаллизации, а затем низкоплавких смешанных кристаллов на внутренней поверхности оболочки, позднее – внутри глицеридного ядра. На второй ступени сливки подогревают при мягком режиме (температура теплоносителя не выше $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) до $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдерживают в течение 5-7 ч и заканчивают созревание при $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такие температуры благоприятствуют линейному росту кристаллов, дифференциации глицеридов между фазами, в связи с этим увеличивается толщина периферийного кристаллического слоя в жировых шариках. Часть легкоплавких кристаллов внутри ядра расплавляется. При этом расплавление преобладает над дополнительной кристаллизацией высокоплавких глицеридов и в целом увеличивается количество жидкого жира. При охлаждении до $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем до температуры сбивания $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ продолжается кристаллизация высокоплавких глицеридов, а также частично повторная кристаллизация групп глицеридов, расплавившихся на предыдущей ступени ($19\text{ }^{\circ}\text{C}$). В некоторой мере увеличивается периферийный слой отвердевшего жира, а также количество кристаллизатов внутри ядра.

Таким образом, зимний ступенчатый режим подготовки сливок к сбиванию, позволяет снизить тугоплавкость зимнего жира проведением основной кристаллизации на первой ступени с получением сравнительно легкоплавких смешанных кристалловитов, соответственно, масла пластичной, нежной консистенции. Вторая ступень подготовки сливок позволяет регулировать соотношения между легкоплавкой и высокоплавкой группами смешанных кристаллов, завершить фазовые превращения глицеридов молочного жира и получить масло коагуляционно-кристаллизационной структуры с хорошими показателями пластичности и термоустойчивости консистенции.

При использовании летнего ступенчатого режима сливки охлаждают до 21 °С - 16 °С и выдерживают в течение 6-8 ч при этой температуре. Ввиду недостаточной степени переохлаждения расплава центры кристаллизации образуются медленно и в малом количестве, в основном из высокоплавких глицеридов. Но эта температура оптимальна для роста кристаллов. На периферии глицеридного ядра возникают кристаллические структуры, а внутри ядра – тонкие чешуйчатые пластинки, переходящие в бесструктурную аморфную массу. Образующаяся на этой ступени кристаллическая фаза состоит из высокоплавких глицеридов в наиболее стабильных формах. Она и создает впоследствии структурный каркас масла, обеспечивающий достаточную твердость и термоустойчивость его консистенции.

Затем на второй ступени сливки охлаждают и выдерживают до сбивания при 2 °С - 8 °С в течение 2-4 ч. Идет дальнейшая кристаллизация высоко- и среднеплавких глицеридов преимущественно в α-форме, что будет способствовать получению масла достаточно твердой и термоустойчивой консистенции. Перед сбиванием сливки охлаждают до 9 °С - 12 °С, что вызывает в процессе охлаждения и сбивания дополнительную кристаллизацию средне- и низкоплавких групп смешанных кристаллов. Перемешивание во время сбивания ускоряет процессы дополнительной кристаллизации, дифференциации глицеридов между фазами и их полиморфные превращения. При этом достигаются оптимальные степень охлаждения и соотношения ЛГ и ВГ смешанных кристаллов глицеридов, завершаются процессы фазовых превращений в процессе выработки масла с

достаточно твердой и термоустойчивой консистенцией.

При охлаждении сливок до 2 °С - 8 °С с выдержкой при этой температуре от 2 до 4 ч происходит интенсивная кристаллизация средне- и частично легкоплавких глицеридов по всему объему жирового ядра. Периферийный слой ядра несколько утолщается, и внутри его образуется масса смешанных кристаллов. На этой ступени достигается оптимальная для консистенции масла степень отвердевания жира. Последующий нагрев сливок до температуры сбивания 9 °С - 12 °С и сбивание способствуют расплавлению низкоплавких групп смешанных кристаллов и завершению фазовых превращений в отвердевшем жире.

Установлено, что изменение последовательности температурных ступеней подготовки сливок дает возможность нивелировать существенные различия в химическом составе летнего и зимнего жира, которые могут сказаться на консистенции масла.

При зимних ступенчатых режимах обеспечивается более высокая степень отвердевания жира, чем при летних. Но в твердой фазе жира в первом случае преобладают легкоплавкие и среднеплавкие группы смешанных кристаллов, а во втором – высокоплавкие и тугоплавкие. Поэтому зимний режим обуславливает образование более нежной консистенции масла, а летний – более твердой и термоустойчивой. Зимой для снижения тугоплавкости и твердости масла необходимо проводить смешанное отвердевание всех групп глицеридов путем быстрого снижения температуры до 2 °С - 6 °С. Летом для повышения в отвердевшем жире удельного веса средне-, высоко- и тугоплавких глицеридов следует обеспечить их отвердевание отдельно от легкоплавких глицеридов, что достигается охлаждением до 16 °С - 20 °С и выдержкой. Оптимальное соотношение легкоплавких и высокоплавких групп смешанных кристаллов глицеридов в твердой фазе жира достигается подбором температур на каждой ступени режимов.

При выборе оптимальных режимов физического созревания сливок с учетом химических различий жира в зависимости от климатических районов особое внимание следует обратить на температуры первой ступени: для зимнего времени – от 0 °С до 10 °С, летнего – от 15 °С до 20 °С. В интервале от 0 °С до 7 °С степень

отвердевания жира понижается мало, поэтому нет необходимости избирать температуру физической созревания сливок ниже 6 °С.

Сквашивание сливок

При выработке кисло-сливочного масла сливки заквашивают чистыми культурами молочнокислых бактерий. Молочнокислые бактерии сбраживают молочный сахар с образованием молочной кислоты и ароматических веществ (диацетила, летучих жирных кислот и др.). Один из главных компонентов запаха кисломолочного масла - диацетил. Сквашивание сливок не только придает маслу специфические кисломолочные вкус и запах, но и, вследствие понижения рН плазмы, повышает стойкость продукта при хранении. В результате сквашивания кислотность плазмы сливок возрастает до 55 - 65 °Т. При выборе степени сквашивания сливок следует учитывать время года, качество сырья, вид вырабатываемого масла и условия его хранения.

При выборе режимов сквашивания сливок желательно совместить процессы их физического и биохимического созревания. В этом случае целесообразно применить ступенчатые режимы физического созревания сливок.

Сквашивание способствует образованию структурных связей системы, понижение рН сливок при сквашивании снижает структурную устойчивость оболочки жировых шариков и изменяет коллоидное состояние системы, что способствует повышению вязкости сливок и изменению их поверхностного натяжения. На образование структурных связей в сквашенных сливках оказывает большое влияние коагуляция казеина.

В весенне-летний период, когда содержание легкоплавких глицеридов в молочном жире повышено при использовании средних (14 °С - 17 °С) и повышенных (18 °С - 20 °С) температур сквашивание можно совместить с первой степенью физического созревания сливок по летнему типу. В осенне-зимний период при использовании бактериально чистых сливок сквашивание при 18 °С - 20 °С и 14 °С - 17 °С можно совместить со второй степенью физического созревания по

зимнему типу. Зимой, когда жир более тугоплавкий для получения достаточно мягкой консистенции масла сливки целесообразно перед сквашиванием быстро охладить до 5 °С - 7 °С и выдержать 4-5 ч для физического созревания. В отвердевшем жире будут превалировать легкоплавкие глицериды, что придаст маслу необходимую пластичность и нежность консистенции. Процесс физического созревания можно значительно сократить во времени (до 0,5-1,5 ч), так как начавшийся при физическом созревании процесс отвердевания и дифференциации глицеридов по фазам жира будет продолжаться и завершится при последующем сквашивании сливок. Таким образом, процесс сквашивания будет совмещен со второй ступенью физического созревания. Но при этом необходимо применять мягкий режим нагрева сливок до температуры сквашивания (не выше 22 °С) с перемешиванием, чтобы не расплавить легкоплавкий отвердевший жир.

Сквашивание сливок при пониженных температурах (10 °С - 12 °С) позволяет почти полностью совместить процессы физического и биохимического созревания сливок, однако желательно, чтобы созревание предшествовало сквашиванию. Процессы физического созревания будут продолжаться в течение всего биохимического процесса.

Очередность операций физического и биохимического созревания зависит от химического состава молочного жира и условий производства. Выгоднее, когда физическое созревание предшествует биохимическому: если наоборот, то затрудняется регулирование желаемой кислотности сливок, так как во время физического созревания возможно дальнейшее нарастание кислотности и переквашивание сливок.

Развитие теорий сбивания сливок в масло

Процесс превращения сливок в масло следует рассматривать как совокупность процессов концентрации жировых шариков сепарированием, физического созревания сливок, сбивания их в масляное зерно и формирования структуры масла при механической обработке и хранении. В течение всех этих процессов происходят

сложные физико-химические, коллоидные и конформационные изменения оболочки и жирового ядра, образование масляного зерна и масла.

Условно сбивание сливок в масло можно разделить на три стадии. На первой разрушаются оболочки жировых шариков, ослабленные при физическом созревании сливок. Шарики, сохранившие оболочку, преимущественно переходят в пахту, и только небольшая их часть попадает в плазму масла. На второй стадии жировые шарики за счет жидкого жира слипаются сначала в кучки и комочки, а затем в зерна масла. При этом процессы разрушения оболочек и агрегирования жировых шариков могут проходить в какой-то мере одновременно. На третьей стадии масляные зерна в процессе механической обработки объединяются в пласт масла с формированием его структуры.

Вследствие сложности физико-химических, коллоидных и механических процессов, недостаточного изучения структуры и свойств оболочек жировых шариков, их изменений в процессах подготовки и сбивания сливок, сущности образования масляного зерна при сбивании до сих пор не разработано единой теории, объясняющей все закономерности этих явлений. Существует ряд теорий-гипотез, относящихся к способу воздействия на сливки (механический, гидродинамический, термический, флогационный и др.), к конструкции аппарата. Толкование этих процессов несколько односторонне, акцентирует внимание на одном каком-то факторе маслообразования. Так, при получении масла в маслоизготовителях периодического действия на первое место выдвигаются поверхностные явления и механическое перемешивание, связанное с пенообразованием и флотацией жировых шариков пузырьками пены, а в маслоизготовителях непрерывного действия – механические и гидродинамические.

Теория обращения фаз появилась одной из первых, основана на обращении фаз в эмульсиях. Когда фаза начинает преобладать над средой, то система принимает противоположное строение с меньшей поверхностью раздела фаз. В кучках жировых шариков концентрация жира доходит до 75 %, а в плазме – до 25 %. Протоки плазмы между жировыми шариками стягиваются в капли, затягивая в себя и оболочечное вещество. Средой становится жидкий жир, а капли плазмы и

отвердевший жир – фазой, сливки приобретают структуру масла. Теория упрощенно рассматривает сложный процесс маслообразования: без учета факторов механического воздействия, пенообразования, температуры сбивания, отвердевания глицеридов жира. Обращение фаз возможно в системах с жидкими фазами, а дисперсия физически созревших сливок содержит отвердевший жир. Поэтому данная теория неприемлема.

Пенная теория основывается на том, что сливки и масло не имеют различий в структуре: жир – дисперсная фаза, плазма – дисперсионная среда. Весь процесс сбивания сливок в масло разделяется на три стадии. На первой стадии образуется пена. Поскольку оболочки жировых шариков состоят из поверхностно-активных веществ, они втягиваются в пространство между внутренней и наружной пленками воздушных пузырьков. Жировые шарики, касаясь в пене друг друга, склеиваются за счет белка оболочек хоттеина в кучки, сохраняя, однако, свою индивидуальность. На второй стадии пена разрушается; плазма сливок постепенно стекает, пенный пузырек обсыхает и теряет свою эластичность. На третьей стадии под действием механических ударов жир собирается в комочки и образуется видимое зерно, постепенно укрупняющееся.

Теория имеет ряд недостатков. Ошибочно отождествлять структуру сливок и масла. Процессы образования и разрушения пены протекают параллельно почти до конца сбивания, а не в течение одной стадии. Концентрация жира в пене идет не за счет слипания оболочек жировых шариков – наоборот, они препятствуют этому.

Физико-коллоидная теория. Основная ее идея состоит в том, что жировые шарики в процессе сбивания соприкасаются с пузырьками пены и переходят на поверхность раздела плазма-воздух. Автор впервые указывает, что при соприкосновении жировых шариков со стенками пузырьков пены оболочка первых разрывается. При сжатии из жировых шариков через разрывы оболочки выдавливается жидкий жир. Гидрофобные жировые шарики не могут обратно вернуться в плазму. За счет жидкого жира жировые шарики объединяются в конгломераты, а затем в масляные зерна.

Гидродинамическая теория. Основная роль отводится образующимся при

пронизывании сливок вальцами, мешалками, билами «вихревым шнурам», в которых столбик жидкости вращается вокруг своей оси. В результате жировые шарики, как более легкая часть сливок, концентрируются, как в сепараторе, вокруг оси «шнуров», оболочки их разрушаются и шарики образуют конгломераты – зерна масла. С помощью маслоизготовителя специальной конструкции доказано, что потоки жидкости движутся в объеме сливок параллельно, а жировые шарики – по спирали. Без завихрений происходит образование масляного зерна путем взаимного столкновения жировых шариков и ударов о стенку аппарата.

В результате сильного механического сжатия шарики теряют липопротеиновые оболочки.

Коллоидно-химическая теория. В процессе физического созревания сливок в жировых шариках происходит отвердевание части глицеридов жира, сопровождающееся снижением отрицательного заряда в адсорбционных оболочках. Жировые шарики принимают угловатую форму, перераспределяется поверхностная энергия, ослабляется связь оболочки с жировым ядром, часть оболочечного вещества уходит в плазму, оболочки становятся тоньше, уменьшается их прочность. При кристаллизации жира оболочки подвергаются значительным напряжениям и на них появляются трещины. Жидкий жир просачивается через трещины и способствует слипанию и комкованию жировых шариков. На мелких жировых шариках относительная поверхность оболочки по отношению к жировому ядру больше, прочнее, и они отходят в пахту.

Кавитационная теория. При достижении определенной скорости в потоке сливок происходит разрыв с образованием пустот (кавитаций), на этой новой поверхности раздела сливки-воздух концентрируются жировые шарики. В результате «обрушения полостей» (гидравлического удара) потоками сливок при повышении температуры жировые шарики оплавляются и соединяются в комочки масла.

Флотационная теория. В маслоизготовителях при непрерывном перемешивании в сливки поступает воздух и образуется пена за счет поверхностно-активных веществ плазмы. В первые 5-10 мин сбивания воздух вработывается в

сливки на 90 % их объема. Пенные пузырьки втягивают (флотируют) жировые шарики, покрытые оболочкой из поверхностно-активных веществ; часть жировых шариков, оказавшихся внутри пузырька, теряют свои оболочки и за счет жидкого жира слипаются (агрегируются) в первичные конгломераты. Под их тяжестью пенные пузырьки разрушаются, а первичные конгломераты, попадая в плазму, свертываются таким образом, что гидрофобная «оголенная» поверхность оказывается внутри объемного конгломерата. Они также подвергаются флотированию пенными пузырьками и, как ранее отмечено, образуют вторичные конгломераты. За период сбивания 5 раз пена образуется и разрушается. Этот процесс агрегирования жировых шариков пеной повторяется до тех пор, пока образовавшееся масляное зерно не разрушит ее.

Данная теория приложима только к процессам получения масла в маслоизготовителях периодического действия. Все процессы образования масляного зерна рассматриваются схематично и односторонне, не объясняется влияние многих факторов сбивания, например, степени отвердевания глицеридов жира, химического состава жира и температуры сбивания; не объясняется, почему конгломерат, попавший из лопнувшего воздушного пузырька в плазму, не покрывается защитными оболочками плазменных белков и т. д.

Рассмотрение теорий сбивания сливок в масло указывает не столько на различия понимания сущности процесса, сколько на разные представления о его механизме. Ясно, что для образования масляного зерна необходимо удаление оболочек с жировых шариков. Оболочки очень прочно связаны с жировыми ядрами. Поэтому для ослабления этой связи и для максимального перехода жира в масло необходимо физическое созревание сливок, которым регулируют и консистенцию масла. При физическом созревании сливок около 50 % глицеридов жирового ядра отвердевает. Жировые шарики теряют прозрачность, принимают угловатые формы. Происходит перераспределение поверхностной энергии, ослабляется связь между оболочкой и ядром жира, происходит утечка оболочечного вещества в плазму, оболочки становятся тоньше. Отрицательный заряд поверхности жировых шариков снижается в 2-3 раза, уменьшается их отталкивающая способность, и они образуют

многочисленные кучки. Повышается гидратационная способность белков плазмы, вязкость сливок увеличивается.

Сливки поступают в маслоизготовители прерывного или непрерывного действия. Механизм разрушения оболочек жировых шариков различаются в зависимости от того, какие факторы используются и какие аппараты применяются.

Так, для маслоизготовителей непрерывного действия большее значение имеют механические и гидродинамические факторы, а для маслоизготовителей периодического действия – дестабилизирующее воздействие пены.

Образование масляного зерна трактуется различными авторами по-разному, но по сути сводится к слипанию жировых частиц за счет жидкого жира. При этом для прохождения такого агрегирования в жире должно быть не менее 20-25 % жидкой фазы, иначе сбивания сливок в масло не произойдет. Чем больше жидкого жира, тем быстрее образуется масляное зерно при повышенном отходе жира в пахту. При малом содержании жидкого жира сбивание затянется, а зерно будет иметь засаленную консистенцию. Соотношение отвердевшего и жидкого жира является функцией температур физического созревания и сбивания сливок, концентрации в них жира.

Теоретическая трактовка сущности процессов получения масла основывается на особенностях применяемого метода, различиях условий и факторов, аппаратурном оформлении.

Третья, заключительная, стадия получения масла сводится к объединению масляного зерна в монолит различными способами: обработка масла вальцами, продавливание через уплотняющие решетки, обработка шнеками, удары масла о стенки маслоизготовителя.

При обработке происходит регулирование содержания влаги, ее диспергирование до полного изолирования капель, размягчение с повышением влагоемкости и увеличением доли жидкого жира, распределение всех компонентов. Различия в методах обработки обуславливают особенности структуры масла.

Агрегирование жировых шариков

Агрегирование жировых шариков происходит в момент разрыва пузырька пены, когда жировые шарики увлекаются внутрь объема сливок, испытывают высокое давление при столкновении друг с другом, слипаются и образуют комочки жира.

Скорость пенной флотации жировых шариков с частично отвердевшим глицеридным ядром выше, чем сливок, не прошедших физического созревания.

Согласно флотационной теории, большую роль в агрегации жировых шариков играет свободная поверхность сливок. Она постоянно претерпевает волнообразные изменения (уменьшение и увеличение). При ее увеличении происходит флотация жировых шариков, при уменьшении – сближение их и спрессовывание в агрегаты за счет жидкого жира. По изменению затрат мощности судят о сбивании сливок в масло: при флотации и пенообразовании они увеличиваются, при разрушении пены и отделении пахты от масляного зерна – снижаются. Разрушение оболочек жировых шариков интенсивно проходит при формировании пены.

В маслоизготовителях непрерывного действия эти процессы агрегации жировых шариков проходят в сотни раз быстрее в связи с большим объемом пенообразования и возрастанием кратности смены пены, с интенсивным образованием в потоке сливок разрывов, кавитаций, вихрей и пульсации поверхностей раздела сливки-воздух, на которых концентрируются жировые шарики.

Выдвинута гипотеза о центробежном разрушении оболочек жировых шариков в маслоизготовителях непрерывного действия под влиянием вихрей в зазоре у кромки лопасти.

Агрегирование жировых шариков сначала в комочки, а затем и в зерна масла проходит за счет жидкого жира. Жидкий жир выделяется из жировых шариков в процессе их дестабилизации. Слипание жировых шариков проходит на поверхностях раздела сливки-воздух с образованием сначала мелких, а затем и более крупных агрегатов. Образование масляного зерна идет в объеме сливок при

столкновениях укрупненных агрегатов (размером с маковое зерно) и слипания их до размеров масляного зерна. Размер масляного зерна (постановка зерна мастером) устанавливается в зависимости от концентрации жира в сливках. Чем выше массовая доля жира в сливках, тем крупнее ставится зерно (3-4 мм) и, наоборот, чем ниже жирность сливок, тем мельче ставится зерно (2-3 мм). Агрегирование в сливках с повышенной концентрацией жира происходит быстрее, и, чтобы получить нормальный отход жира в пахту, процесс агрегации удлиняют с постановкой более крупного зерна.

Процесс агрегирования, как и процесс дестабилизации жировых шариков, сложен, недостаточно изучен, и его можно освещать только с точки зрения отдельных исследований.

Формирование структуры и консистенции сливочного масла

«Первичная» структура и консистенция масла формируются на всех этапах его выработки и зависят от метода и режимов изготовления. Этот процесс управляемый и проходит при перемешивании системы. Образование «вторичной» структуры проходит в статических условиях и мало управляемо, поэтому является нежелательным, и при возможности этот процесс необходимо свести к минимуму.

Консистенция масла обуславливается его структурой, то есть распределением и взаимосвязью отдельных компонентов (молочного жира, плазмы, газов, жировых глобул), которые содержатся в нем в различном количестве и состоянии. По физической структуре масло представляет собой гетерогенную дисперсную систему, обладающую определенными структурно-механическими свойствами. Структура масла определяется химическим составом, технологическими параметрами и методами его производства. Формирование «первичной» структуры масла завершается на последней стадии технологического процесса. В случае производства масла методом сбивания – при механической обработке масляного зерна и пласта масла; при получении методом преобразования высокожирных сливок – на выходе из маслообразователя и последующем уплотнении по мере

наполнения маслом ящика.

Во время хранения происходит образование «вторичной» структуры масла, обусловленное протеканием физических и физико-химических процессов структурирования его компонентов. Окончательное формирование структуры и консистенции зависит от условий хранения, вида масла, метода его производства.

Основной компонент – молочный жир – находится в масле в кристаллическом, аморфном, твердом и жидком состояниях и в виде глобул. Превалирует жидкий жир. Он выделяется из полуотвердевших жировых глобул при сбивании и обработке, распределяется в объеме масла, образуя непрерывную дисперсионную среду, и обеспечивает связность структуры. Жидкий жир смачивает поверхность отвердевшего и кристаллического жира и удерживается в связанном состоянии в монолите масла. Чем больше объем твердой (аморфной) и кристаллической фазы, чем выше дисперсность последней (мельче кристаллики), тем больше адсорбирующая поверхность и тем лучше будет удерживаться жидкий жир и выше будет термоустойчивость масла.

Кристаллическая фаза жира находится в масле в виде отдельных мелких кристалликов размером до 0,1 мкм или сростков-кристаллитов неправильной формы, а также упорядоченных кристаллитов-сферолитов, которые могут быть различной величины. Они состоят из иглоподобных монокристаллов, исходящих из центра. В масле, полученном сбиванием, сферолиты отсутствуют.

Кристаллическая фаза жира различается по размерам структурных элементов, форме, качественному групповому глицеридному составу, полиморфным формам, равномерности распределения в жидком жире и физико-химическим свойствам.

Как фаза в масле имеется и отвердевший аморфный жир. От его содержания зависят стабильность консистенции, удельный вес образующейся «вторичной» структуры при хранении масла и его термоустойчивость (легкоплавкость).

Часть молочного жира в свежеработанном масле представлена довольно большим числом изолированных жировых шариков, полностью или частично сохранивших свои липопротеиновые оболочки, а также фрагментами частично разрушенных ядер. Количество жировых глобул в масле изменяется в зависимости

от метода производства и режимов подготовки и сбивания сливок. Меньше жировых глобул отмечено в масле, полученном сбиванием с высокими напряжениями сдвига и при использовании ступенчатых режимов подготовки сливок с попеременным охлаждением и нагреванием, то есть тогда, когда созданы условия для разрушения жировых шариков в процессе сбивания и их оболочек при подготовке сливок.

Кристаллики и кристаллиты жира взаимосвязаны между собой в определенных участках или во всем объеме, образуя как бы кристаллизационный каркас. Эти связи могут быть очень слабыми, тогда структура представлена в виде мелких, почти независимых друг от друга кристалликов и кристаллитов, если же они значительные, кристаллический жир пронизывает весь объем масла. Такие различия пространственной структуры дисперсных частиц в масле дают основание применить к нему теорию физико-химической механики о коагуляционной и кристаллизационной структурах в дисперсных системах.

Коагуляционная, или обратимая, тиксотропная структура обусловлена относительно слабыми молекулярными силами притяжения между дисперсными частицами, разделенными в местах связи очень тонкими прослойками жидкой дисперсионной среды, что придает маслу мягкую, нежную консистенцию и выраженные пластические свойства. Эта структура характеризуется низкой механической прочностью и обратимостью, то есть способна к самопроизвольному восстановлению в покое после механического разрушения. Упрочнение структуры происходит вследствие постепенного увеличения числа контактов между частицами.

Кристаллизационная, или необратимая, конденсационная структура образуется благодаря более прочным химическим связям, возникающим при непосредственном соприкосновении частиц друг с другом или за счет общих кристаллических зародышей. Эти связи возникают обычно в состоянии покоя системы, в отсутствие перемешивания, чаще всего уже в готовом продукте. Такая структура, лишенная тиксотропной обратимости и пластично-вязких свойств, сообщает маслу избыточную твердость, хрупкость, ломкость. Механическими усилиями кристаллизационная структура может быть необратимо разрушена и превращена в коагуляционную. Кристаллизационная структура образуется в

молочном жире при кристаллизации глицеридов из расплава во время охлаждения и хранения масла. Особенно ярко этот процесс выражен при прохождении в больших объемах фазовых изменений глицеридов жира в условиях покоя в масле, полученном методом преобразования высокожирных сливок.

Масло хорошей консистенции представляет собой смешанную коагуляционно - кристаллизационную структуру с преобладанием свойств коагуляционной. Такая структура характерна для масла, выработанного методом сбивания.

Плазма, представляющая коллоидный раствор белковой фазы молока и сливок и водный раствор лактозы, минеральных и органических солей, молочной кислоты и др., находится в масле преимущественно в свободном состоянии и в виде капелек различной степени дисперсности. Основная масса находится в виде фазы из изолированных капелек в дисперсионной среде – жидком жире. Некоторая часть капелек влаги соединяется тончайшими протоками и канальцами, пронизывающими часть монолита, и в этом случае плазма выступает как дисперсионная среда. Часть плазмы пребывает в связанном состоянии и прочно удерживается на поверхности жировых агрегатов, на аморфном и жидком жире, а также на сохранившихся оболочках жировых шариков или их осколках. В нормальных условиях при хранении масла она не замерзает.

В масле содержится также газовая фаза, состав и количество которой зависят главным образом от метода получения масла, от степени механической обработки и режима хранения. Присутствует она в виде мельчайших пузырьков газа от 1 до 200 мкм (часть ее растворена в плазме). Пузырьки воздуха, адсорбирующие на своей поверхности жидкий жир, препятствуют его выделению из масла.

Газовая фаза придает маслу пористость и существенно влияет на его физико-химические свойства. В масле нормальной консистенции она служит как бы буфером при сжатии и расширении жира. При недостатке ее возникают высокие напряжения, приводящие к появлению в монолите масла трещин, избыточной твердости и хрупкости продукта.

Степень дисперсности плазмы и воздуха оказывает существенное влияние на гомогенность структуры и механические свойства масла. В высокодисперсном

состоянии плазма и газовая фаза настолько уплотнены силами поверхностного натяжения, что по степени влияния на консистенцию они могут быть приравнены к твердым частичкам с их влиянием на механические свойства.

Консистенция масла выражает комплекс его физико-механических свойств: твердость, вязкость, пластичность, упругость, связность, гомогенность, термоустойчивость и др. Твердость и механическая прочность обусловлены количеством отвердевшего жира, создающего как бы «каркас» масла. Масло хорошей консистенции должно содержать не менее 35-40 % твердого жира. При отклонении от этого оптимума в готовом продукте возникают пороки консистенции (соответственно «мажущаяся» или «грубая»).

Пластические свойства масла зависят от типа структуры, величины и формы кристаллов и кристаллитов глицеридов, количества аморфного молочного жира, равномерности их распределения, от количества жидкого жира. Увеличение среднего размера кристаллов делает масло более мягким, а уменьшение – более твердым, одновременно повышая его пластичность и придавая ему гомогенность. Это связано с тем, что мелкие кристаллы с более развитой поверхностью обладают большими адсорбционными свойствами и смачиваемостью жидким жиром. Поры и щели в мелкокристаллической структуре так малы, что жидкий жир образует очень тонкие прослойки между кристаллами, обуславливая их малую подвижность относительно друг друга при механическом воздействии и, следовательно, пластичность консистенции. Поэтому при повышенных температурах масло с мелкокристаллической структурой выделяет жидкий жир в меньшей степени, чем продукт с крупнокристаллической структурой. Форма кристаллов и их величина влияют на образование коагуляционной и кристаллизационной структур, от соотношения которых зависят вязкость, пластичность, хрупкость и твердость масла. Соотношение легкоплавких и высокоплавких групп глицеридов в отвердевшем жире, преобладание легкоплавких нестабильных либо высокоплавких и более стабильных полиморфных модификаций кристаллического жира оказывают определяющее влияние на термоустойчивость и реологические характеристики масла.

С увеличением степени обработки масла возрастает количество жидкой фракции жира, понижается твердость масла, повышается степень диспергирования влаги и плазмы, увеличивается содержание воздуха.

Масло, полученное методом сбивания, имеет коагуляционно-кристаллизационную структуру с хорошо выраженными пластическими свойствами и сравнительно стабильной консистенцией. Такое масло при температуре ниже 10 °С сохраняет пластические свойства и хорошо намазывается на хлеб, а при 15-24 °С имеет достаточно твердую, упругую и эластичную консистенцию, сохраняет форму, не выделяет жидкого жира, термоустойчиво.

Такие свойства масла обусловлены тем, что структура и консистенция формируются в процессе его выработки и легко регулируются режимами подготовки сливок, сбивания и обработки масла, позволяющими получить благоприятное соотношение твердой и жидкой фаз жира: легкоплавких, среднеплавких и высокоплавких групп глицеридов, а также обеспечить преобладание р- и р'-полиморфных форм в твердой фазе жира, мелкокристаллическую структуру твердого жира, равномерное распределение компонентов, оптимальное соотношение коагуляционных и кристаллизационных контактов дисперсных частиц структуры. Пороки консистенции редки и выражены слабо, потому что формирование структуры и консистенции практически заканчивается в процессе изготовления масла.

Основную роль в структуре и консистенции играет жировой компонент масла, изменения которого происходят на всех этапах его производства.

Быстрое охлаждение сливок с перемешиванием до температур физического созревания способствует возникновению многочисленных центров кристаллизации и образованию смешанных кристаллов. При этом образуются мелкие термоустойчивые кристаллы и кристаллиты. Линейный рост кристаллов ограничивается величиной жирового шарика, липопротеиновой его оболочкой. В летних сливках твердого жира образуется около 40 %, а в зимних – 53 %. В процессе физического созревания устанавливается полное равновесие между твердой и жидкой фазами жира, происходит дифференциация глицеридов по группам, то есть

практически завершаются процессы фазовых изменений глицеридов молочного жира. При сбивании сливок с перемешиванием эти процессы незначительны, если правильно, в соответствии с химическим составом и технологическими свойствами молочного жира были избраны режимы подготовки сливок.

Во время сбивания сливок могут происходить дополнительное отвердевание или расплавление, дифференциация, полиморфные превращения. Процессы идут в ускоренном темпе, так же как и в условиях перемешивания.

При использовании маслоизготовителей непрерывного действия сбивание производит большее разрушение жировой дисперсии с выделением значительного количества тепла, при слабом отводе происходит расплавление части ранее закристаллизованного жира и, следовательно, увеличение объема жидкого жира. Последующая экструзионно-шнековая обработка приводит к еще большему расплавлению отвердевшего жира. В результате в выработанном масле образуется сравнительно большой объем жидкого жира, отвердевание которого будет происходить после выработки масла, в покое, из расплава с образованием крупных срастающихся фракционных кристаллов, то есть в значительном объеме пойдет образование необратимых кристаллизационных связей между структурными элементами. Масло, выработанное в маслоизготовителях непрерывного действия, имеет больший объем кристаллизационной структуры, оно менее термоустойчиво, чем масло, выработанное в маслоизготовителях прерывного действия.

Обработкой завершается окончательное формирование структуры и консистенции масла. При механическом воздействии и перемешивании разрушаются кристаллизационные конгломераты и окончательно завершаются фазовые изменения молочного жира. Масло приобретает выраженные свойства коагуляционно-кристаллизационной структуры. Чем интенсивнее и длительнее обработка, тем в большей степени проходит необратимый процесс разрушения участков кристаллизационной структуры и тем больше опасность получения масла излишне мягкой, мажущейся консистенции. С увеличением степени механической обработки и повышением температуры возрастает количество жидкой фракции, достигается более равномерное ее распределение, понижается твердость масла,

повышается степень диспергирования плазмы и газовой фазы, увеличивается содержание воздуха, уменьшается количество протоков влаги, а вместе с тем повышаются связность, гомогенность, пластичность консистенции. Дифференциально-термический анализ показывает наличие в твердой фазе жира двух основных групп смешанных кристаллов с максимальной температурой плавления при 17 °С - 21 °С (из легко- и среднеплавких глицеридов) и 29 °С - 33 °С (из высокоплавких глицеридов) при соотношении 2:1.

Жидкий жир оказывает существенное влияние на пластичность масла; при недостатке его масло становится хрупким, грубым, при излишке – образуется порок «мягкое» масло.

Липкость (аутогезия) масла, выработанного в маслоизготовителях непрерывного действия, выше, чем масла, полученного в маслоизготовителях периодического действия, что, видимо, обусловлено большим содержанием воздуха и жидкого жира в первом случае.

На структуру и консистенцию масла влияет дисперсность водной фазы. Мелкие кристаллики из высокоплавких глицеридов вследствие своей гидрофобной природы стабилизируют эмульсию воды в жире. В процессе хранения возможно укрупнение капелек плазмы и понижение ее дисперсности, особенно при положительных температурах хранения. Коалесценция капель влаги также связана с недостаточно интенсивным механическим воздействием и фасовкой масла при низких температурах.

Состав и дисперсность газовой фазы зависят главным образом от степени механической обработки и режима хранения. В масле, полученном в маслоизготовителях периодического действия, содержится газа от 1,5 до 3 %, а непрерывного действия - от 5,7 до 10 %. При повышении температуры сбивания ее количество увеличивается, а при фасовке масла снижается почти в 2 раза. В масле, выработанном в маслоизготовителе периодического действия, дисперсность пузырьков меньше и они разных размеров, а в масле непрерывного сбивания дисперсность выше и пузырьки одинакового размера. В летнем масле содержится газа больше, чем в зимнем, так как в первом случае больше жидкого жира, в

котором пузырьки газа адсорбированы и растворены. При фасовке масла среднее содержание воздуха уменьшается с 3,84 до 1,95 %. С понижением этого показателя плотность масла повышается. Но чрезмерное уменьшение содержания воздуха в масле может обусловить выделение капель жидкого жира. Это вызвано тем, что жидкий жир адсорбируется на поверхности пузырьков газа, и при снижении их числа жидкий жир освобождается и выделяется в виде капель. При этом ухудшается пластичность масла. Эти явления наблюдаются при выработке масла под вакуумом.

Масло с повышенным содержанием воздуха имеет более рыхлую и хрупкую консистенцию, пониженную твердость, бледный оттенок в связи с рассеиванием света пузырьками воздуха.

Газовая фаза в масле выполняет функцию амортизатора, буфера между отдельными структурными элементами.

При хранении масла происходит некоторое повышение механической прочности (твердости), не изменяющей в значительной мере консистенции свежесвыработанного масла. Особенно интенсивно этот процесс наблюдается в первые дни хранения, а затем он проходит медленнее и завершается примерно через 15 дней. Это обусловлено дополнительным выкристаллизовыванием из расплава жидкого жира при отрицательных температурах хранения легкоплавких глицеридов в виде очень мелких кристаллов. Кроме того, хоть и медленно, но продолжают процессы перекристаллизации: расплавление более мелких кристаллов за счет роста более крупных. Все это приводит к увеличению контактов кристаллических частиц друг с другом и, следовательно, к повышению твердости масла. Более характерен этот процесс для сливок, недостаточно глубоко охлажденных перед сбиванием. Близкие величины твердости масла до и после хранения при минусовых температурах являются показателем высокой степени обратимости процессов структурообразования при дополнительной кристаллизации легкоплавких глицеридов, которые могут расплавляться при повышении температур до комнатных.

Повышение твердости масла в процессе хранения также связано с тиксотропным упрочнением структуры. Тиксотропные структуры формируются

путем ориентации твердых частиц за счет ван-дер-ваальсовых сил притяжения. Частички, связываясь между собой, образуют непрерывную структуру, консистенция вследствие этого становится более твердой. Диаметр отдельных жировых шариков в масле преимущественно менее 1 мкм, они имеют анизометрическую форму и поэтому принимают участие в процессе тиксотропного уплотнения. Кристаллики жира имеют форму и размер, вполне подходящие для участия в тиксотропных уплотнениях, по-видимому, они являются основными структурными элементами для тиксотропного уплотнения структуры сливочного масла. Это подтверждается тиксотропным характером повышения твердости масла во время хранения его в течение нескольких дней при температуре конца обработки (12,5 °С). Оптимальной температурой упрочнения структуры масла для летнего периода является 12 °С - 13 °С, для зимнего – 15 °С - 16 °С . Выше этого оптимума уменьшается количество кристаллической фазы вследствие ее расплавления.

Производство масла методом преобразования высокожирных сливок

Как известно, маслообразование состоит из трех основных процессов: механического сближения жировых шариков, кристаллизации триглицеридов под воздействием низких положительных температур, дестабилизации и агрегации жировых шариков . Поточное производство масла отличается от обычного метода сбивания иной последовательностью стадий образования масла.

Сущность способа заключается в концентрации молочного жира путем сепарирования и преобразования высокожирных сливок в масло при их термомеханической обработке. Маслообразование включает процессы отвердевания жира, обращения фаз и структурообразования.

В высокожирных сливках, полученных путем вторичного сепарирования пастеризованных сливок, содержится 62-82,5 % жира. При сепарировании жировые шарики максимально сближаются без потерь оболочек, которые, однако, становятся более тонкими и менее прочными.

Высокожирные сливки представляют собой достаточно стабильную эмульсию, жировые шарики которой разделены тонкими водно-белковыми прослойками. Для превращения высокожирных сливок в масло необходима дестабилизация жировой эмульсии.

В маслообразователе горячие высокожирные сливки подвергаются одновременному воздействию низких положительных температур и механической обработки. При охлаждении сливок до температуры кристаллизации основной массы триглицеридов молочного жира ($18\text{ }^{\circ}\text{C} - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$) жировая эмульсия дестабилизируется. Механическая обработка при дальнейшем снижении температуры до $11\text{ }^{\circ}\text{C} - 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ускоряет процесс дестабилизации.

Во время охлаждения сливок жир внутри жировых шариков отвердевает и кристаллизуется. В результате кристаллизации жира устойчивость оболочек уменьшается, и при интенсивном механическом перемешивании они разрываются. Из жировых шариков выделяется жидкий жир, не успевший отвердеть. Затем наступают, преимущественно, отвердевание и кристаллизация глицеридов жира из расплава (жидкого) жира. Таким образом, из жидкого жира при его массовой кристаллизации образуется непрерывная жировая фаза, в которой распределяются кристаллический и отвердевший жир, мелкие капли влаги (плазмы) и отдельные жировые шарики с неразрушенными оболочками. Следовательно, при маслообразовании происходит процесс, который называют сменой, или обращением, фаз.

Процесс обращения фаз протекает во времени, поэтому в маслообразователе одновременно присутствуют эмульсии двух типов – прямая и обратная. К концу перемешивания, когда количество свободного жира достигает максимума, преобладает обратная эмульсия – эмульсия влаги в жире.

Консистенция масла зависит от скорости кристаллизации глицеридов и степени отвердевания молочного жира.

Разработка способа производства масла путем преобразования высокожирных сливок потребовала углубленного изучения процессов структурообразования в дисперсной системе, обращения фаз, а также фазовых изменений глицеридов молочного жира при термомеханической обработке высокожирных сливок,

выяснения их сущности и роли в маслообразовании, формировании структуры и консистенции готового продукта.

Получение высокожирных сливок. При поточном процессе изготовления масла, как указано выше, начинается с концентрации жира путем повторного сепарирования и получения высокожирных сливок, по химическому составу идентичных маслу.

Получение высокожирных сливок можно разделить на две стадии, которые различаются по механизму концентрации жировых шариков и по затратам механической энергии. На первой стадии под действием центробежной силы жировые шарики, преодолевая сопротивление плазмы, концентрируются до содержания жира 62-64 % и максимально приближаются друг к другу. Самая плотная упаковка жировых шариков, когда еще сохраняется глобулярная форма – при содержании жира в сливках 74 %.

При высоких температурах сепарирования жир в жировых шариках полностью жидкий, поэтому оболочки глобул находятся в состоянии предельной гидратированности, и, несмотря на максимальное сближение их поверхностей, самопроизвольного разрушения оболочек во время сепарирования не происходит. Однако концентрация жира в сливках до 62-65 % является предельной, выше которой происходит удаление в плазму наиболее гидратированных липопротеиновых комплексов, в первую очередь фосфатидов.

На первой стадии затрачивается энергии меньше и концентрирование жира протекает быстрее. При уплотнении и вытеснении плазмы из просветов происходит трение шариков друг о друга, они деформируются и оболочки их в связи с этим растягиваются. Образуется структурированная система коагуляционного типа с тончайшими прослойками дисперсионной среды - плазмы толщиной менее 30 нм. При сепарировании жировая фаза подвергается нагреванию, механическому воздействию и влиянию поля скоростей деформационного течения. Все это приводит к тому, что жировые шарики еще больше теряют оболочечное вещество, оболочки становятся тоньше, уменьшается их стабильность, прочность, происходит процесс гидрофобизации жировых шариков.

Критическая толщина оболочки жирового шарика, при которой сохраняется стабильность жировой эмульсии, составляет 30-40 нм. Оболочечное вещество, перешедшее в плазму, уходит в пахту или осаждается на стенках вместе с сепараторной слизью. На второй стадии расходуется значительно больше энергии, чем на первой. По мере увеличения содержания жира в высокожирных сливках повышаются затраты энергии на концентрирование жира в связи с повышением сопротивления движению плазмы по узким капиллярам и увеличением поверхности раздела плазма-жир вследствие дополнительной деформации жировых шариков. Процесс фильтрации плазмы через узкие капилляры проходит медленно, по мере концентрации жира он еще более замедляется и производительность сепаратора снижается.

Максимальная концентрация жира в сливках, которой можно достигнуть без дестабилизации жировых шариков, составляет 83,5%. Дальнейшее увеличение жирности сливок может привести к потере жировыми шариками оболочек и вытапливанию жира, из рожка сепаратора будет вытекать желтый молочный жир, он быстро забьется сепараторной слизью, резко снизится производительность и повысится отход жира в обезжиренное молоко.

В результате удаления дисперсионной среды и плотной упаковки жировых шариков при сепарировании между ними образуются очень тонкие адсорбционно-гидратные пленки, от свойств которых зависит устойчивость жировой эмульсии.

Несмотря на максимальное сближение поверхностей жировых шариков, образования очень тонкой адсорбционно-гидратной пленки между ними, самопроизвольного разрушения оболочек жировых шариков не происходит до тех пор, пока они пребывают при температуре выше точек отвердевания молочного жира и пока сохраняются достаточно прочные структурные связи между глицеридным ядром и оболочкой. Они не разрушаются даже при стерилизации (120 °С в течение 30 мин). Высокожирные сливки сохраняют свойства высококонцентрированных эмульсий прямого типа, обладая коагуляционной структурой.

Важно обеспечить как можно более полное сохранение оболочек жировыми

шариками в сливках, поскольку в дальнейшем при охлаждении эмульсии в маслообразователе оболочки лимитируют размеры образующихся кристаллов жира, стабильность процесса маслообразования, способствуя образованию пластичной и гомогенной консистенции в готовом продукте. Для стабилизации процесса маслообразования, регулирования и получения однородной консистенции масла рекомендовано предварительное дробление жировых шариков в высокожирных сливках.

Высокожирные сливки в двухстенных ваннах с мешалкой нормализуют по содержанию влаги (15,3-15,5 %). Часть влаги – от 0,3 % до 1,2 % – находится в связанном состоянии с белком оболочек жировых шариков и аналитически не определяется. Но после разрушения оболочек жировых шариков при преобразовании высокожирных сливок в масло связанная вода высвобождается и аналитически определяется. Количество связанной воды зависит от химического состава сливок и молочного жира, а также температуры сливок. С понижением ее с 70 °С - 75 °С до 30 °С - 35 °С содержание связанной воды уменьшается в среднем на 0,5 % в связи с большим переходом оболочечного вещества в плазму сливок. Обычно принимают количество связанной воды 0,5-0,6 %, а нормализацию высокожирных сливок проводят на 0,2-0,3 % ниже стандартного содержания влаги в готовом продукте (16 %).

Преобразование высокожирных сливок в масло осуществляется при охлаждении и перемешивании их в маслообразователях мешалочного типа: цилиндрических или пластинчатых. Протекание этих процессов ускоряется с повышением скорости охлаждения и интенсивности перемешивания высокожирных сливок.

В маслообразователе охлаждение сливок и обращение фаз проходят одновременно. Процесс обращения фаз осуществляется при условии преодоления энергетического барьера – силы отталкивания жировых шариков друг от друга, которая уменьшается при их сближении, а также преодоления структурно-механического барьера – разрушения оболочек жировых шариков. Поэтому процесс обращения фаз находится в прямой зависимости от толщины абсорбционно-

гидратной прослойки между жировыми шариками, от величины прижимающей силы, действующей на шарики при перемешивании сливок, и от устойчивости оболочек, которая резко уменьшается при кристаллизации глицеридов в жировом шарике.

Охлаждение и механическая обработка высокожирных сливок в маслообразователях проходят одновременно, поэтому процесс кристаллизации глицеридов ускоряется.

При соприкосновении тонкого слоя сливок с очень холодной стенкой маслообразователя (от минус 3 °С до минус 7 °С) они быстро охлаждаются и образуют на ней затвердевший слой. При этом возникает большое число центров кристаллизации внутри жировых шариков, создающих предпосылки для образования смешанных кристаллов. Как показывают данные дифференциально-термического и дилатометрического анализов, в жировых шариках появляется около 25-35 % отвердевшего жира с дифференцированием двух основных групп глицеридов: легкоплавких (максимум плавления при 14 °С - 16 °С) и высокоплавких (29,7 °С) со значительным преобладанием первой. Такое отвердевание глицеридов молочного жира вызывает структурные изменения в глицеридном ядре и оболочке, резко снижается ее устойчивость, и она разрушается. Этому способствуют также быстрое охлаждение и более низкая теплопроводность глицеридного ядра по сравнению с его липопротеиновой оболочкой. Поэтому вещество оболочки сжимается быстрее, чем глицеридное ядро, отчего на оболочке могут образоваться трещины, тем более, что при сепарировании и пастеризации она становится тоньше.

Силы трения, возникающие между плотно упакованными шариками, напряжение внутри них вследствие кристаллизации глицеридов способствуют выжиманию через трещины и гидрофобизированные участки оболочек жидкого жира с повышенным содержанием легкоплавких глицеридов. Жидкий жир способствует образованию агрегатов жировых шариков с частично отвердевшим жиром. Снятые ножами затвердевшие слои дестабилизированных высокожирных сливок, в которых в значительной степени прошли обращение фаз и агрегация, перемешиваются с теплыми и нагреваются. При этом большая часть легкоплавкого

отвердевшего жира расплавляется. Жидкий жир, выделенный из дестабилизированных жировых шариков и образовавшийся при частичном расплавлении отвердевшего жира, вновь образует эмульсию.

В процессе термомеханической обработки высокожирных сливок образуется два типа эмульсий: прямая – молочный жир в плазме сливок, и обратная – плазма сливок в молочном жире. Вначале преобладает первый тип эмульсии, по мере механической обработки и прохождения обращения фаз они уравниваются, в конце маслообразования второй практически остается единственным.

Многочисленное перемешивание резко охлажденных пристенных слоев сливок с теплыми приводит к снижению температуры всей их массы в рабочем объеме нижнего цилиндра маслообразователя до 16 °С - 22 °С, что способствует массовому образованию центров кристаллизации преимущественно из высокоплавких глицеридов и мелких смешанных кристаллов, а также аморфного отвердевшего жира.

Для получения масла хорошей консистенции решающую роль играет не общее механическое воздействие на высокожирные сливки в маслообразователе, а продолжительность их перемешивания в зоне кристаллизации. Условно период до достижения температуры ниже точек массовой кристаллизации в объеме сливок можно назвать зоной охлаждения, а период после – зоной кристаллизации. Но надо учитывать, что это весьма условное деление, так как процессы кристаллизации в пристенном слое протекают с первых мгновений поступления сливок в маслообразователь.

Именно в зоне кристаллизации регулируются структура и консистенция масла. Чем раньше наступает зона кристаллизации, чем ниже температура и длительнее перемешивание сливок в зоне кристаллизации жира, тем выше его дисперсность, тем лучше условия для образования в регулируемых условиях структуры коагуляционного типа и пластичной консистенции масла .

С повышением температуры и продолжительности обработки сливок в зоне кристаллизации уменьшаются образование центров кристаллизации глицеридов жира и степень их отвердевания. Основное отвердевание жира и формирование

структуры масла пройдет после его выхода из аппарата в условиях покоя и медленного охлаждения монолита масла с образованием крупных, срастающихся друг с другом многослойных кристаллов. Такая кристаллизационная структура характеризуется излишней твердостью при пониженных температурах (5 °С -7 °С) и нетермоустойчивостью при повышенных (выше 17 °С).

Регулирование консистенции масла также можно производить за счет интенсивности механической обработки.

Поскольку отвердевание происходит в условиях перемешивания, в отвердевшие группы включаются помимо высокоплавких среднеплавкие и частично легкоплавкие глицериды. Пристенные слои сливок с большим числом центров кристаллизации, перемешиваясь с остальной массой, играют роль «затравки» и тем самым ускоряют процессы отвердевания. Наступает критический момент лавинной дестабилизации оболочек жировых шариков, происходит обращение фаз. Смена фаз наиболее интенсивно протекает при температуре 18 °С - 22 °С .

Чем быстрее сливки достигают термической зоны отвердевания и чем дольше они обрабатываются в этой зоне, тем больше образуется центров кристаллизации и отвердевает глицеридов жира, тем мельче кристаллические образования, более однородная структура и пластичнее консистенция.

При обращении фаз жидкий жир становится непрерывной средой. Адсорбционно-гидратные прослойки под действием поверхностных сил натяжения образуют мелкие капельки плазмы, которые распределяются в жидком жире наряду с кристаллами и кристаллитами жира. В капельки плазмы могут включаться отдельные жировые шарики с неразрушенными оболочками.

Таким образом, процессы дестабилизации жировой дисперсии и эмульгирования жидкого жира, кристаллизация глицеридов в жировых шариках и из расплава свободного жира в объеме перемешиваемой массы проходят одновременно. Сначала при повышенных температурах в сливках кристаллизация проходит преимущественно в пристенном слое и в основном в жировых шариках, а при снижении температуры сливок до точек отвердевания кристаллизация в объеме постепенно набирает темпы и после обращения фаз преимущественно проходит в

расплаве жира.

Повышение температуры сливок в нижнем цилиндре маслообразователя приводит к превалированию в отвердевшем жире высокоплавких и среднеплавких глицеридов в более стабильных кристаллических формах. Хотя отвердевание глицеридов в пристенном слое сливок происходит с преобладанием легкоплавких групп и нестабильных форм аморфного отвердевшего жира, последующее перемешивание со слоями более теплых сливок вызывает расплавление наиболее легкоплавких групп глицеридов. Температура хладагента играет немаловажную роль в образовании твердого (аморфного) и кристаллического жира. Использование в начале разработки метода низких температур хладагента (минус 7 °С - минус 10 °С) не обеспечивало получение масла нормальной консистенции. Высокожирные сливки при соприкосновении с поверхностями при таких низких температурах быстро охлаждались, что вызывало резкое повышение их вязкости, замедляющей процессы кристаллизации глицеридов.

Повышение температуры хладагента (до минус 2 °С - минус 5 °С в весенне-летний период и до минус 2 °С - минус 3 °С в осенне-зимний период года) в первом цилиндре привело к уменьшению вязкости высокожирных сливок в пристенном слое и вместе с тем к интенсификации кристаллизации триглицеридов, образованию большего объема кристаллизующейся массы и ускорению дестабилизации дисперсии сливок. В этих условиях в молочном жире больше образовывалось кристаллической фазы и меньше аморфной. А в итоге интенсифицировался процесс преобразования высокожирных сливок в масло, меньше отвердевшего кристаллического жира расплавлялось при перемешивании пристенных слоев с теплыми сливками, в целом интенсифицировался процесс преобразования высокожирных сливок в масло и улучшалась его консистенция.

Термомеханическая обработка кристаллизующейся массы во втором и третьем цилиндрах маслообразователя при температуре 12 °С - 16 °С способствует дальнейшему отвердеванию глицеридов в виде мелких смешанных кристаллов, стабилизации полиморфных форм, образованию конгломератов кристаллизационной структуры, равномерному распределению их и жидкого жира,

образованию первичной структуры в масле.

Во втором цилиндре термомеханическая обработка продукта протекает при температуре 10 °С - 13 °С, здесь наиболее интенсивно проходят процессы отвердевания жира с выделением значительного количества теплоты. Поэтому необходимо особенно интенсивно охлаждать этот цилиндр и тщательно контролировать температуру и количество подаваемого рассола.

Продолжительность обработки сливок при температуре кристаллизации должна составлять 150-300 с. Если эта продолжительность будет меньше, то значительная часть жира из маслообразователя выйдет переохлажденной. В результате большой объем кристаллизации жира будет проходить в ящике без перемешивания, с образованием пороков консистенции.

Для получения масла достаточно твердой консистенции и хорошей термоустойчивости в весенне-летний период года продукт следует обрабатывать в зоне кристаллизации 140-160 с (соответствует производительности 600-700 кг/ч), а в осенне-зимний период – 180-200 с (производительность 500-550 кг/ч).

В третьем цилиндре, где отвердевание, полиморфные и другие фазовые изменения глицеридов молочного жира проходят особенно активно, вязкость сливок резко повышается. На перемешивание таких сливок затрачивается большая механическая энергия. При этом выделяется значительное количество теплоты, и если не обеспечить своевременного отвода ее, то температура продукта повысится на 3 °С - 4 °С. В то же время высокая вязкость препятствует интенсивному прохождению фазовых изменений глицеридов жира и структурообразованию масла. Чтобы уменьшить вязкость системы, в третий цилиндр подают утепленный рассол из второго цилиндра или ледяную воду.

Параметры термомеханической обработки кристаллизуемой массы определяют полноту обращения фаз, фазовое состояние и характер образования первичной структуры масла по выходе из маслообразователя. Она имеет большое значение для формирования структурно-механических свойств готового продукта. Характер первичного структурообразования регулируется температурными режимами, интенсивностью и продолжительностью термомеханической обработки

высокожирных сливок в маслообразователе с учетом химического состава жира. От максимально возможной завершенности фазовых изменений глицеридов молочного жира, характера образования первичной структуры зависят формирование вторичной структуры в покое, соотношение в ней коагуляционных и кристаллизационных контактов дисперсных частиц. Повышение температуры, усиленное механическое перемешивание могут вызвать значительное расплавление легкоплавких полиморфных форм и групп отвердевших кристаллов глицеридов, не успевающих пройти перекристаллизацию и дифференциацию с образованием более стабильных и высокоплавких полиморфных форм.

В этих условиях процесс фазовых изменений, структурообразования в значительной мере пройдет после маслообразования в монолите при медленном охлаждении его в состоянии покоя с образованием вторичной структуры кристаллизационного типа. В таком продукте после холодильного хранения будет преобладать кристаллизационная структура с дефектами консистенции. Масло на выходе из аппарата имеет густую текучую консистенцию коагуляционной структуры. В нем содержится около 9-12 % твердого и кристаллического жира в виде зародышей средне- и высокоплавких кристаллов, мелкокристаллической массы (кристаллы и кристаллиты). В ящике масло быстро затвердевает благодаря бурно протекающим процессам группового отвердевания глицеридов на базе имеющихся зародышевых кристаллов. При этом выделяется большое количество тепла, температура масла повышается на 0,5 °С - 2 °С и происходят процессы вторичного структурообразования с преобладанием контактов кристаллизационного типа и тиксотропного уплотнения. Это приводит к образованию пороков консистенции той или иной степени выраженности.

Термостатирование масла

Для улучшения консистенции свежесвыработанного масла и повышения его термоустойчивости рекомендовано термостатирование такого масла.

Режим термостатирования свежесвыработанного масла должен бла-

способствовать активному прохождению незавершившихся в маслообразователе фазовых изменений глицеридов молочного жира и формированию вторичной структуры сливочного масла. Он устанавливается в зависимости от степени завершенности фазовых изменений глицеридов молочного жира и структурообразования в маслообразователе.

Чем в меньшей степени прошли фазовые изменения глицеридов молочного жира и структурообразования в маслообразователе, тем в большей мере в течение более длительного времени они будут проходить в свежесыродом масле. С повышением температуры термостатирования снижается вязкость продукта, а поэтому интенсивнее, полнее и в более благоприятном направлении проходит формирование вторичной структуры.

В условиях покоя образование вторичной структуры условно проходит в две стадии: стадия продолжающегося кристаллообразования и других фазовых изменений глицеридов молочного жира в течение 2-3 ч и стадия окончательного формирования структуры.

На первой стадии после выхода масла из маслообразователя и заполнения ящика необходимо выдержать его в течение 2-3 ч в цехе при температуре 14 °С - 16 °С. Повышенные температуры будут способствовать прохождению дополнительной кристаллизации высоко- и среднеплавких глицеридов на базе имеющихся в масле зародышевых кристаллов, возникновению новых центров кристаллизации и повышению термоустойчивости и пластичности масла. При этой температуре активно проходят в твердом состоянии температурные превращения полиморфных форм которые могут даже стимулировать дополнительное отвердевание жира в виде более стабильных форм. Но полиморфные превращения не являются решающими в упрочнении и образовании кристаллизационной структуры масла хотя бы потому, что коэффициенты объемного сжатия при полиморфных превращениях в 4-5 раз меньше, чем при отвердевании жира. Проходят также процессы дифференциации глицеридов между фазами.

Таким образом, в масле увеличивается содержание твердой фазы жира с образованием более стабильных полиморфных форм и более высокоплавких групп

глицеридов. Повышенная температура термостатирования способствует также более равномерному распределению жидкого жира и других компонентов, больше создается условий для образования коагуляционно-кристаллизационной структуры в масле.

Затем упакованное масло перемещают в предкамеру или специальное помещение и выдерживают там 3-5 суток при температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. В этот период продолжается и проходит в значительных объемах дополнительная кристаллизация высоко- и среднеплавких глицеридов с образованием преимущественно мелких кристаллов и кристаллитов. Продолжаются также образование более стабильных полиморфных форм и дифференциация отвердевших групп глицеридов по плавкости.

Все эти фазовые изменения глицеридов проходят в динамике при относительно очень малом движении частиц по отношению друг к другу. В результате формируется коагуляционно-кристаллизационная структура в масле, повышаются стабильность его консистенции и термоустойчивость.

Очень трудно в той или иной степени предотвратить образование пороков консистенции масла, полученного методом преобразования высокожирных сливок, если его сразу же после фасовки поместить в холодильную камеру.

Закладка свежеработанного масла при минус $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ - минус $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к относительно быстрому охлаждению монолита, резкому повышению вязкости и вследствие этого – торможению процессов фазовых изменений глицеридов и структурирования.

Охлаждение монолита идет от периферии к центру, как бы послойно, что может привести к слоистости масла.

В течение 1-3 мес холодильного хранения окончательно завершаются процессы дополнительной, преимущественно фракционной кристаллизации легкоплавких глицеридов и образуется вторичная структура с преобладанием метастабильных легкоплавких модификаций, крупных многослойных кристаллитов, которые срастаются друг с другом, образуя кристаллизационную структуру.

Такое масло при температуре ниже $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ обладает излишне твердой

консистенцией, раскалывается и крошится при попытке его разрезания, в то же время при реализации и потреблении проявляет нетермоустойчивость, излишнюю мягкость консистенции. При температуре 17 °С и выше оно расплывается, теряет форму и может выделить ярко-желтый жидкий жир. Это обусловлено тем, что расплавляются кристаллы и кристаллиты, Вся система становится подвижной.

Изменять технологические режимы и конструкции маслообразователей необходимо так, чтобы добиться быстрого и равномерного охлаждения высокожирных сливок во всей массе до 6 °С - 10 °С. При этом достигается сильное переохлаждение в дисперсии молочного жира и образование многочисленных мелких смешанных кристаллов.

Выбирая температуры, методы, продолжительность охлаждения и термомеханической обработки высокожирных сливок и режимы последующего термостатирования масла при 8 °С - 14 °С, можно направленно регулировать фазовые изменения глицеридов, образование коагуляционно- кристаллизационной структуры масла из сырья с различным химическим составом.

Преобразование высокожирных сливок в вакуумном маслообразователе

Этот принципиально новый метод преобразования высокожирных сливок в масло основан на моментальном самоиспарении и охлаждении распыленных в глубоком вакууме высокожирных сливок, в результате чего достигаются быстрое отвердевание глицеридов жира в жировых шариках и разрыв их оболочек. Авторы метода вакуум-маслообразования стремились приблизить характер фазовых изменений глицеридов при преобразовании высокожирных сливок в масло к таковому при получении масла методом сбивания, то есть провести их в основном в объеме жирового шарика. При традиционном методе сбивания получение коагуляционно-кристаллизационной структуры масла с хорошей консистенцией, с выраженными упругопластичными свойствами и термоустойчивого при температурах потребления обусловлено кристаллизацией глицеридов в отдельных жировых шариках, когда их оболочка ограничивает размеры кристаллов. При

последующих сбивании сливок и механической обработке в жировой фазе практически завершаются фазовые превращения, равномерное распределение структурных элементов (в том числе и жидкого жира) и формирование структуры. Метод дестабилизации жировой дисперсии высокожирных сливок и агрегации в условиях вакуума фактически обеспечивает почти аналогичное методу сбивания прохождение фазовых изменений глицеридов молочного жира и структурирование масла. Выработанное вакуум-методом масло можно подвергать мелкой фасовке в процессе производства, оно обладает хорошей намазываемостью и высокой термоустойчивостью.

Сливки средней жирности пастеризуют и повторно сепарируют для повышения жирности до 78-79 %. Затем их нормализуют в ваннах до содержания влаги 21-21,5 % и направляют в вакуум-маслообразователь, где они распыляются на капли размером 75-100 мкм. Горячие (температура 75 ± 2 °С) высокожирные сливки, попадая из зоны атмосферного давления в камеру с глубоким вакуумом (666-532 Па) и низкой температурой (8 °С - 11 °С), мгновенно оказываются перегретыми, поэтому взрывообразноскипают, теряя при этом 6-8 % влаги. Такое быстрое испарение значительного количества влаги, связанное с большой затратой теплоты, приводит к практически мгновенному, в несколько секунд, охлаждению капелек сливок до 8 °С - 3 °С равномерно во всем объеме. При таком мгновенном и глубоком охлаждении вследствие быстрого переохлаждения жира в жировом шарике образуется максимально возможное число центров кристаллизации, вырастающих в мелкие смешанные кристаллы. Происходит быстрое отвердевание 39-45 % жира.

Скорость и степень охлаждения продукта в основном регулируются степенью разрежения, которое влияет на характер кристаллизации жира, обращение фаз и направленность формирования структуры.

Кинетику кристаллизации глицеридов при мгновенном охлаждении высокожирных сливок в условиях вакуума можно представить следующим образом.

При мгновенном охлаждении в высокоплавких глицеридах, смачивающих внутренний слой оболочки, образуется множество зародышей кристаллов,

происходит кристаллизация фосфатидов внутреннего слоя оболочки. По молекулярной структуре они близки к высокоплавким триглицеридам наружной поверхности глицеридного ядра. Так как процесс охлаждения капелек высокожирных сливок происходит мгновенно, взрывообразно, то и в более глубоких слоях жирового ядра образуются зародыши кристаллов, которые вырастают в смешанные кристаллы.

Вследствие различной теплопроводности оболочки и жирового ядра при мгновенном охлаждении возможно образование трещин в оболочке, что усугубляется кристаллизацией триглицеридов в ядре и резким снижением в связи с этим стабильности оболочки. Поверхность жирового шарика (особенно гидрофобная ее часть) и жирового ядра затвердевает, оболочка теряет свою подвижность, снижаются ее эластичность и стабильность. Жировые шарики деформируются, что тоже снижает стабильность оболочки. Интенсивное парообразование также способствует разрушению оболочек жировых шариков.

Мгновенное охлаждение и отвердевание жира приводят к возникновению значительных внутренних напряжений, резкому снижению стабильности и разрыву оболочек жировых шариков. Через трещины оболочек из внутренней части жирового ядра выдавливается жидкий жир, который способствует агрегированию (слипанию) жировых шариков и образованию агрегатов. Давление образующихся кристаллов жира приводит к деформации и разрушению оболочек жировых шариков, к частичному оголению жировых ядер, которые объединяются оголенными частями. Возможно контактирование периферийных кристаллических слоев или даже «сплавление» их. Выдавливаемый из жировых шариков жир будет быстро охлаждаться и затвердевать на их поверхности. Внутри объема каждой капли высокожирных сливок наступает обращение фаз. Капли превращаются в отвердевшие частицы. Очень важным фактором метода маслообразования является то, что отвердевание глицеридов жира происходит в обособленных жировых шариках. На их основе получают микрозерна жира как составляющие первичных элементов структуры. Размер отвердевшей части капли высокожирных сливок должен быть около 0,21 мм. При больших размерах не успевают происходить в нужной степени

охлаждение и отвердевание во взвешенном состоянии.

Все эти процессы происходят очень быстро – за время полета капельки сливок до дна башни. Во время падения отвердевшие мелкие частицы капелек сталкиваются, объединяясь в более крупные, которые становятся твердыми упругими комочками сложной структуры, напоминающими по внешнему виду масляные зерна, которые получают при сбивании сливок, но сухие и с более рыхлой и открытой структурой, что обусловлено характером их получения. Эти масляные комочки собираются на дне башни и оттуда направляются на механическую обработку и текстурацию.

Сформированный пласт масла выходит лентой из обработника вакуум-маслообразователя и подается в бункер фасовочной машины. Таким образом, физико-химические процессы, происходящие в жировой фазе сливок при длительном их физическом созревании, разрушении оболочек жировых шариков и агрегировании их в масляные зерна в процессе сбивания, заменяются аналогичными физико-химическими изменениями жировой фазы высокожирных сливок при мгновенном их преобразовании в масляное зерно в вакуум-камере.

Вкус и запах коровьего масла

Существенной составной частью ароматической композиции сливок и масла является диацетил. Запах и вкус масла в значительной степени зависят от состава молочного жира. Изучение состава жира особенно важно для определения возможных предшественников летучих веществ, входящих в композицию запаха. По-видимому, основными предшественниками веществ, ответственных за аромат, являются молочный жир и аминокислоты, входящие в состав молока. Особое значение имеют реакции расщепления молочного жира, а также ферментативного гидролиза белков и аминокислот. Жир молока имеет слабовыраженные вкус и запах, но в масле он приобретает сильный аромат и приятный вкус.

Консистенция молочного жира и его вкус зависят от качественного и количественного состава жирных кислот. Изменение в содержании жирных кислот в

молочном жире отражается на вкусовых свойствах масла. Например, избыток олеиновой кислоты придает маслу привкус растительного масла и мажущую консистенцию. Увеличение количества стеариновой, пальмитиновой, миристиновой и лауриновой кислот приводит к ухудшению вкуса масла и крошливой консистенции. Резкий запах и вкус прогорклого жира придают маслу альдегиды и кетоны, образующиеся при окислении жирных кислот. При сильном нагревании молочного жира образуется альдегид акролеин, обладающий неприятным резким запахом. При этом молоко и молочные продукты приобретают запах и вкус прогорклого масла. Непредельные жирные кислоты придают молочному жиру нежную консистенцию и своеобразный вкус. В свежем молочном жире содержится 0,1-0,4 % свободных жирных кислот, которые играют большую роль во вкусовых ощущениях.

Под влиянием нативных ферментов и микроорганизмов в молочных продуктах, особенно в масле, молочный жир подвергается гидролизу, сопровождающемуся образованием свободных жирных кислот. Продукты окисления этих кислот обуславливают снижение качества.

В зависимости от накапливающихся продуктов окисления различают следующие виды изменения жира: повышение кислотности, альдегидное и кетонное прогоркания, осаливание, развитие мыльного запаха и вкуса.

При образовании масляной кислоты и других низкомолекулярных кислот в масле ощущается специфический запах и прогорклый вкус. Это наблюдается в начальной стадии порчи масла.

В результате окисления жирных кислот могут образоваться оксикислоты. Например, при окислении изомасляной кислоты образуется α -оксиизомасляная кислота. При нагревании из α -оксикислот выделяется вода и образуется циклический эфир.

В прогорклом масле содержатся свободные жирные кислоты, оксикислоты, спирты, сложные эфиры, альдегиды. Все они влияют на вкус и запах молочного жира. Изменение жира может быть обусловлено и окислением ненасыщенных соединений жира кислородом воздуха. При подходе молекул кислорода к молекулам ненасыщенных веществ под влиянием 71-электронов, осуществляющих

двойные и тройные связи, происходит активирование молекул кислорода, что приводит к распаду этих молекул на атомы:

Атомы кислорода, взаимодействуя с ненасыщенными соединениями, образуют органические перекиси:

При распаде перекисей может образоваться свободный радикал- RO_2 , инициирующий далее реакции окисления по цепному механизму.

Для инициирования указанных реакций необходимо тепловое воздействие, облучение ультрафиолетовыми лучами и др.

Пороки масла

Пороки вкуса. Незначительная горечь появляется в масле, выработанном из молока с горьким кормовым привкусом. Этот порок может возникнуть в масле, полученном из стародойного молока, или в соленом масле, если в поваренной соли содержатся магниевые соли.

Кормовой привкус переходит в масло из молока при скармливании коровам кормов со специфическими вкусами.

Кислый вкус появляется в сладкосливочном масле при недостаточной пастеризации сливок, повышенной температуре созревания сливок и неудовлетворительном охлаждении масла после его выработки.

Салистый привкус появляется в результате окисления ненасыщенных жирных кислот с образованием оксикислот при хранении масла.

Олеистый привкус связан, вероятно, с какой-то формой окисления плазмы масла.

Привкус растопленного масла объясняется вытапливанием жира при разогревании масла в пути, длительной пастеризацией жирных сливок при высокой температуре.

Прогорклый вкус возникает при хранении масла, когда окисленность жирных кислот доходит до стадии образования альдегидов, кетонов, оксикислот.

Пороки консистенции

Крошливая консистенция характеризуется повышенным показателем твердости. Причиной появления порока считается недостаточное охлаждение в маслообразователе или неполная механическая обработка в зоне кристаллизации.

Рыхлая консистенция встречается чаще в масле, получаемом методом сбивания, когда в нем находится свыше 3 % воздуха.

Нетермоустойчивость масла получается когда занижена производительность маслообразователя при нормальной или заниженной температуре охлаждения продукта. Масло получается с выраженной структурой коагуляционного типа.

Слоистая консистенция появляется в масле, когда процесс кристаллизации проходит настолько быстро, что верхние слои не успевают смешаться с нижними до окончательной потери ими текучести.

Мучнистая консистенция появляется при медленной кристаллизации молочного жира и в то же время при ограниченном числе центров кристаллизации. Биохимические и физико-химические процессы при производстве и хранении масла

Изменение масла в процессе хранения

При хранении сливочного масла, особенно в неблагоприятных условиях, молочный жир изменяется, образуется ряд химических соединений, обладающих часто неприятными вкусом и запахом. Изменение химического состава жира, а также разрушение каротина и витаминов обуславливают ухудшение органолептических показателей, снижение пищевой и биологической ценности масла. Изменение вкуса и запаха жира иногда приводит к тому, что продукт становится непригодным к употреблению. Это явление называют пищевой порчей жира. Порча жира может протекать как под влиянием ферментов (выделяемых главным образом микроорганизмами), так и под действием кислорода воздуха. Действие этих факторов ускоряют повышенные влажность температура, свет, соли металлов (меди, железа, свинца, цинка). Различают

гидролитическую и окислительную порчу жира. Вид порчи зависит от состава жира и условий его хранения.

Гидролитическая порча

Гидролиз – это процесс расщепления жира на глицерин и жирные кислоты.

Гидролиз триглицеридов идет в три стадии: триглицерид → диглицерид + жирная кислота → моноглицерид + жирная кислота → глицерин + жирная кислота. Эти стадии протекают последовательно, но с разными скоростями.

Гидролиз жира вызывается, главным образом, ферментом липазой. Однако он может проходить и без ее участия – при высокой влажности и температуре хранения в результате воздействия на жир кислорода воздуха и света. Гидролиз жира характеризуется накоплением свободных жирных кислот. Появление в жире при гидролитическом распаде высокомолекулярных жирных кислот, не имеющих вкуса и запаха, не изменяет органолептических показателей продукта. Освобождение таких летучих низкомолекулярных жирных кислот, как масляная, капроновая, каприловая, обладающих неприятным запахом и специфическим вкусом, резко ухудшает органолептические свойства масла.

Окислительная порча

Окислительная порча молочного жира протекает при низких температурах в присутствии кислорода воздуха и света. При этом происходит глубокий распад жира с образованием пероксидов, альдегидов, кетонов, оксикислот и других соединений, обладающих неприятным вкусом и запахом. Таким образом, окисление жира сопровождается появлением посторонних нежелательных привкусов, вследствие чего продукт приобретает различные пороки вкуса (прогорклый, салитый и др.). Окислению подвергаются в первую очередь полиненасыщенные жирные кислоты, т. е. наиболее биологически ценная составная часть триглицеридов жира и фосфолипидов.

Первичные продукты окисления (гидропероксиды, пероксиды) существенно не влияют на органолептические свойства жиров. После их накопления в жире начинают

протекать разнообразные реакции, в результате которых образуются вторичные продукты окисления, обладающие неприятными вкусом и запахом, – альдегиды, кетоны, оксикислоты и др. При этом различают два основных вида порчи жиров: *прогоркание и осаливание*.

Факторы, влияющие на стойкость масла при хранении

Под стойкостью масла понимается его способность сохранять длительное время высокое качество. Установлено, что порча масла протекает, главным образом, на границе фаз жир-вода, жир-воздух. Следовательно, стойкость масла при всех прочих равных условиях зависит от степени диспергирования влаги (плазмы) и содержания в нем воздуха. Правильное распределение влаги – один из основных факторов повышения стойкости масла. Измельчение капелек влаги приводит к их изоляции, вследствие чего водная часть масла, содержащая питательные вещества, становится малодоступной для микроорганизмов. Однако избыточная обработка масляного зерна отрицательно влияет на стойкость масла – в нем увеличивается количество воздуха, способствующего окислению жира.

Масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок, характеризуется наиболее тонким распределением влаги (средний размер капель равен 4 - 5 мкм) и малым содержанием воздуха. Поэтому оно имеет повышенную стойкость по сравнению с маслом, полученным сбиванием сливок, в котором содержится в 3 раза больше капель размером 9-10 мкм. Однако оно более подвержено окислительной порче в условиях длительного хранения при низких отрицательных температурах (минус 18 °С).

Стойкость масла при хранении зависит от химического состава молочного жира, и в первую очередь, от содержания в нем полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой). Их количество зависит от времени года (повышается весной, понижается осенью и зимой) и географической зоны получения молочного жира. Чаще всего нестойко при длительном хранении масло, выработанное из весеннего молока.

Многие компоненты плазмы масла влияют на скорость окислительной порчи, являясь антиокислителями или ускорителями окисления. Ускорителями окислительных процессов в плазме могут служить металлы, хлорид натрия, молочная кислота, диацетил. Металлы (медь, железо) снижают стойкость масла, так как являются сильными катализаторами окислительных реакций. Содержание меди в большей степени зависит от района производства масла и сильно повышается при посолке.

Каталитическое действие металлов усиливают повышенные количества хлорида натрия и молочной кислоты. Поэтому необходимо контролировать кислотность плазмы и соблюдать нормы внесения соли в масло. Кислотность плазмы стойкого сладко-сливочного масла должна быть не выше 19 °Т, кисло-сливочного – не выше 35 °Т, содержание соли – не более 1%.

К естественным антиокислителям (антиоксидантам) плазмы масла относятся токоферолы, аскорбиновая кислота, лецитин и др. Как показывает практика, масло летней выработки, богатое этими соединениями, обладает большей стойкостью при хранении, чем зимнее.

Стойкость масла при хранении во многом зависит от бактериальной обсемененности и состава микрофлоры. Особенно нежелательно наличие в масле бактерий и плесневых грибов, обладающих липолитической активностью. Для повышения стойкости масла используют специальные культуры дрожжей. Дрожжи подавляют развитие плесеней и препятствуют прогорканию масла. В последние годы в качестве консерванта стали применять сорбиновую кислоту.

Микробиология масла

Сливочное масло – один из важнейших продуктов переработки молока. Сливочное масло вырабатывают из пастеризованных сливок. Количество бактерий в них обычно невелико – от сотен до нескольких тысяч в 1 см³. Это главным образом споровые палочки и микрококки. При выработке масла в него попадают микроорганизмы из маслоизготовителей и другой производственной аппаратуры, воздуха и воды, применяемой для промывки масла. Количество и

видовой состав микроорганизмов в сливочном масле зависят от вида масла и способов его изготовления.

Сладкосливочное масло содержит разнообразную микрофлору. Она состоит из остаточной микрофлоры пастеризованных сливок и различных посторонних микроорганизмов, попавших в масло извне в процессе его выработки. Это преимущественно споровые и бесспорные палочковидные бактерии и микрококки, среди которых встречаются способные расщеплять молочный жир и белки. Количество бактерий колеблется в широких пределах: так, в 1 г свежего Любительского масла обнаруживаются тысячи и десятки тысяч бактерий, в 1 г Крестьянского масла – от тысяч до сотен тысяч. Обсемененность поверхностного слоя блока масла обычно выше, чем в его толще.

Кислосливочное масло изготавливают из пастеризованных сливок, заквашенных чистыми культурами молочнокислых стрептококков (*S. lactis* и *S. cremoris*). В состав закваски вводят также ароматообразующие стрептококки (*S. lactissubs, diacetylactis*). Естественно, что кислосливочное масло по сравнению со сладкосливочным содержит значительно больше бактерий, главным образом молочнокислых, присутствуют и дрожжи. Количество микроорганизмов в кислосливочном 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.

Бактериальная обсемененность масла, вырабатываемого поточным методом (без сбивания сливок), ниже, чем масла, получаемого способом сбивания, и не превышает обычно тысячи клеток в 1 г. Микрофлора этого масла состоит в основном из микроорганизмов, сохранившихся в сливках в процессе их пастеризации. Сладкосливочное свежее масло, вырабатываемое способом сбивания, оценивается как хорошее при содержании в 1 г до 100 тыс. бактерий и титре кишечной палочки – до 0,1 г. Для масла (сладкосливочного), аттестованного на государственный Знак качества, общее количество бактерий установлено не более 10 тыс. в 1 г, титр кишечной палочки не ниже 0,1 г. При положительной температуре хранения сладкосливочного масла количество микроорганизмов в нем

увеличивается и тем быстрее, чем выше температура. При 15 °С уже через 5 дней число бактерий в 1 г достигает десятков миллионов преимущественно из-за развития молочнокислых бактерий. При низкой положительной температуре (5 °С) бактерии развиваются медленнее и растут главным образом не молочнокислые, а посторонние – протеолитические спороносные и неспороносные палочки, а также микрококки и дрожжи.

При положительных температурах хранения кисломолочного масла, микрофлора которого в основном состоит из молочнокислых стрептококков, происходит снижение числа бактерий; посторонняя микрофлора почти не развивается из-за повышенной кислотности масла. Скорость развития бактерий в масле, выработанном поточным методом, значительно ниже, чем в масле, полученном методом сбивания. Микроорганизмы могут развиваться лишь в плазме масла, которая представляет собой водный раствор белковых веществ, молочного сахара и солей. Плазма находится в масле в виде капелек различного размера. Масло, выработанное поточным способом, характеризуется высокой степенью дисперсности плазмы, в связи с чем развитие микроорганизмов в нем затруднено.

Наиболее распространенным пороком сливочного масла является его плесневение, особенно при хранении в условиях повышенной влажности воздуха. Плесени развиваются главным образом на поверхности масла в виде пятен разной окраски. Иногда масло плесневеет внутри блока, если в нем имеются пустоты, образующиеся при неплотной набивке масла. Плесневение чаще вызывают *Oidium lactis*, 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. Плесени, многие виды которых расщепляют молочный белок и жир, вызывают глубокие изменения, проявляющиеся в осаливании и прогоркании, развитии в масле гнилостного или других неприятных запахов и привкусов.

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 вызывать протеолитические и липолитические бактерии, например неспороносные флуоресцирующие бактерии рода *Pseudomonas*, некоторые споровые бактерии, а также некоторые виды дрожжей. Для предупреждения плесневения масла рекомендуется обработка упаковочного материала раствором солей пропионовой или сорбиновой кислоты. Стойкость масла повышается, если непосредственно после выработки его охладить до возможно более низкой температуры. При хранении сливочного масла при минус 12 °С вымирает значительное количество микроорганизмов. При этой температуре масло сохраняется 1-9 месяцев в зависимости от вида. Наиболее нестойко масло Крестьянское и Любительское из-за повышенного содержания в нем влаги. Рекомендуется длительное хранение сливочного масла при температуре от минус 20 °С до минус 30 °С. При этом в нем задерживаются не только микробиологические, но и физико-химические процессы. Имеет значение и вид упаковки; масло, упакованное в пленки из полимерных материалов, сохраняется лучше, чем упакованное в пергамент. При хранении масла в пленочной упаковке его микрофлора постепенно снижается, а в упакованном в пергамент – сохраняется на исходном уровне.

5 Физико - химические процессы при производстве и хранении молочных консервов

Производство молочных консервов основано на абиозе (подавлении жизни) и анабиозе (отсутствии жизни) микрофлоры молока. При наличии герметической упаковки консервы длительное время могут сохранять свои свойства без изменений благодаря тому, что в них уничтожена вегетативная, а в стерилизованных консервах – споровая микрофлора, инактивированы ферменты молока. Для уничтожения микрофлоры и разрушения ферментов используются методы тепловой, ультразвуковой обработки, ионизирующее излучение, внесение антибиотиков и химических веществ. Пищевые продукты консервируют для предохранения от порчи при хранении (от лат. *conservare* – сохранять). Для этого создают условия, при которых подавляются химические и биохимические процессы разложения входящих в состав продуктов жиров, белков и углеводов. При консервировании стремятся максимально сохранить исходные свойства продукта, его пищевую и биологическую ценность. Принципы и методы консервирования пищевых продуктов многочисленны. Производство молочных консервов основано на подавлении химических и микробиологических процессов (анабиоз) и полном уничтожении микроорганизмов (абиоз).

Консервирование по принципу анабиоза осуществляют, в основном, физическими способами – повышением осмотического давления (осмоанабиоз) и высушиванием (ксероанабиоз). Химические способы – внесение консервантов (сорбиновая кислота, антиокислители жира) и антибиотиков (низин и др.) – применяют лишь для повышения стойкости молочных консервов при хранении и смягчения режимов стерилизации. Принцип абиоза используют в производстве сгущенного стерилизованного молока, когда в результате стерилизации полностью уничтожаются бактерии и споры в предварительно сгущенном продукте.

К молочным консервам относят сгущенное молоко с сахаром, сгущенное стерилизованное молоко, сухое молоко и др.

Физико-химические изменения компонентов молока при сгущении и сушке

При получении молочных консервов применяется только тепловая обработка как наиболее эффективная, надежная, легко контролируемая.

В процессе сгущения и сушки продолжаются физико-химические изменения компонентов молока, начавшиеся при его гомогенизации и пастеризации, происходит удаление воды, газов, ароматических веществ. При этом снижается пищевая и биологическая ценность продукта, его термоустойчивость, происходят необратимые физико-химические изменения его компонентов.

Липиды. При сгущении путем выпаривания в условиях пониженного давления, длительного турбулентного движения молочной смеси происходит удаление части летучих жирных кислот (до 15 % от исходного количества), жировая фаза диспергируется. При этом количество мелких жировых шариков размером в диаметре до 2 мкм увеличивается с 3-4 % в исходном молоке до 30-50 % в зависимости от конструкции применяемых вакуум-аппаратов. Повышение дисперсности жировых шариков в сгущенном молоке приводит к уменьшению содержания дестабилизированного жира. Но длительное механическое воздействие при повышенной температуре приводит к частичной дестабилизации оболочечных веществ и переходу их в плазму. Некоторые жировые шарики полностью теряют оболочку и сливаются в крупные капли. Дестабилизированная жировая фаза в сгущенном молоке составляет 0,9-1,7 %.

Распыление сгущенного молока в сушильной башне и последующая сушка также неизбежно приводят к дроблению жировых шариков. Однако повышение температуры подаваемого в сушилку воздуха (от 160 °С до 190 °С - 195 °С), уменьшение сечения форсунок и повышение давления при распылении, наоборот, вызывают дестабилизацию жировых шариков и слияние их в крупные капли

(коалесценцию). Свободный жир смачивает частицы сухого молока, ухудшая консистенцию и органолептические показатели продукта.

В процессах сгущения, стерилизации и сушки наблюдается частичный гидролиз молочного жира, уменьшение содержания ненасыщенных жирных кислот и увеличение насыщенных высокомолекулярных (пальмитиновой и стеариновой) кислот.

При стерилизации проходят процессы окисления липидов, поэтому уменьшается содержание полиненасыщенных жирных кислот: линолевой на 37 %, линоленовой на 21 % и арахидоновой на 35 %. В результате гидролиза в продуктах увеличивается содержание летучих жирных кислот (уксусной, муравьиной и др.), карбонильных соединений, лактонов, фосфолипидов (на 10-16 % от содержания в исходном сырье) с появлением продуктов распада последних – лизофосфатов и фосфатидных кислот.

Концентрирование жира при сгущении увеличивает вязкость сгущенного продукта, но молочный жир практически остается в виде отдельных жировых шариков.

Белки и лактоза. В процессах сгущения, стерилизации и сушки изменяются структура и свойства белков в связи с тепловым и механическим воздействиями и повышением их концентрации. Происходит переход большей части ионизированного кальция и магния в связанное состояние. При стерилизации в таре концентрация ионизированного кальция и магния уменьшается на 50-55 %. По мере сгущения увеличивается концентрация солей кальция, изменяется структура казеинаткальций-фосфатного комплекса (ККФК), к-казеин образует комплексы с сывороточными белками. Частицы ККФК укрупняются, их молекулярная масса возрастает на величину от 20 % до 50-100 % по разным данным. Наиболее заметное увеличение массы казеиновых частиц начинается при сгущении молочной смеси более чем на 25 %. При концентрации сухих веществ, не превышающей 25 %, казеиновые частицы увеличивались несущественно, при 30 %-ной концентрации – более чем в 4 раза, при увеличении концентрации сухих веществ до 42 % – в 7 раз.

Увеличение средней молекулярной массы казеиновых частиц при сгущении

обусловлено повышением концентрации ионов водорода и ионов кальция.

В процессе сгущения рН молока понижается с 6,6 до 6,3, а в готовом продукте – до 6,06, приближаясь к изоэлектрической точке казеина. Частицы ККФК теряют заряд и, сближаясь, могут объединяться друг с другом. Увеличение концентрации ионов кальция ускоряет агрегирование казеиновых мицелл за счет снижения их заряда и образования межмолекулярных связей. Укрупнение частиц казеина снижает термоустойчивость продукта. При концентрации казеина более 18 %, что соответствует содержанию сухих веществ в сгущенном молоке 50-55 %, частицы ККФК настолько сближаются, что межмолекулярные силы сцепления способствуют их агрегации, а затем структурообразованию. Это, в свою очередь, обуславливает скачкообразное повышение вязкости и изменение свойств продукта.

При сгущении и стерилизации происходит денатурация сывороточных белков. Так, при стерилизации их количество уменьшается на 78 %, а содержание азота в сывороточных белках уменьшается в 3-4 раза. По данным электронной микроскопии, денатурированные сывороточные белки играют роль «мостиков» при агрегации с мицеллами ККФК, располагаясь на их поверхности.

При тепловой обработке изменяется фракционный состав белков. При сгущении, когда температуры не повышаются выше 60 °С, фракционный состав белков мало изменяется. Но при 70 °С в молоке из 17 фракций остается 15, при 80 °С – 12, при 90 °С – 11 и при 100 °С – 7 фракций. При тепловой денатурации белок становится гидрофобным и выпадает в осадок, что и обуславливает уменьшение определяемого числа фракций.

При сгущении молока в вакуум-аппаратах происходит восстановление из сывороточных белков веществ, играющих роль антиоксидантов (тирозин и др.), что подтверждается отсутствием привкусов окисления в сгущенном молоке.

Чтобы предупредить коагуляцию во время сгущения и последующей стерилизации сгущенного молока, в молочной смеси выделяют или снижают избыточное количество ионизированного кальция с помощью катионитов и солей-стабилизаторов (цитратов и фосфатов калия или натрия). Также можно повысить тепловую стойкость молока центробежной очисткой от образовавшихся (при

предварительном нагревании молока до температуры 75 °С) неустойчивых белковых агрегатов и фосфата кальция, или предварительным нагреванием смеси перед сгущением до 120 °С - 130 °С для образования комплексов между казеином и р-лактоглобулином, или внесением альдегидов и др.

В процессе сушки происходит частичное перераспределение фракций казеина, а также денатурация сывороточных белков, снижающая растворимость продукта. Эти процессы усиливаются при повышении температуры сушки молока.

В процессе сгущения и сушки часть белков и свободных аминокислот взаимодействуют с лактозой (реакция Майяра) с образованием меланоидинов. Участвуют в этой реакции главным образом лизин и аргинин. С повышением температуры и интенсивности тепловой обработки увеличивается количество меланоидинов. Они придают продукту кремовый оттенок и специфический вкус топленого молока. Реакция Майяра может продолжаться и при хранении продукта.

При выработке и хранении сгущенного и сухого молока необратимо изменяются также аминокислоты метионин и цистин. Потери их составляют при сгущении 9,1 и 6,8 %, при сушке 17,7 и 13,4 % соответственно. При хранении в течение 3 мес потери в сухом молоке увеличиваются на 2,7 и 2,2 % соответственно.

Во время варки сахарного сиропа происходит инверсия сахарозы, в результате которой образуются моносахара (глюкоза и фруктоза). В вакуум-аппарате при смешивании сахарного сиропа с молоком и сгущении моносахара взаимодействуют с аминокислотами белков молока. В сгущенном молоке возможно появление постороннего, нечистого привкуса, связанного с наличием инвертного сахара. Это проявляется при запоздалом введении сахарного сиропа при сгущении.

Потемнение стерилизованного молока сопровождается увеличением концентрации ионов водорода более чем в 100 раз. На скорость потемнения в большей степени влияет продолжительность выдержки, нежели температура стерилизации.

Свободные аминокислоты молока – цистеин, метионин и др. – могут подвергаться термическому расщеплению.

Лактоза при стерилизации может претерпевать тепловое разложение с

образованием органических кислот. Сгущение молока вызывает увеличение концентрации лактозы, ее раствор приближается к насыщенному. При сушке небольшое количество лактозы кристаллизуется, но основная ее масса переходит в аморфное состояние. В аморфной лактозе преобладает более растворимая β -форма, которая при охлаждении продукта перекристаллизовывается в α -гидратную форму, что ухудшает свойства сухого молока. Высокой гигроскопичностью сухие молочные продукты обязаны аморфному состоянию лактозы.

Привкус карамели в стерилизованных молочных продуктах обусловлен продуктами распада лактозы и альдегидов. Последние образуются из α -аминокислот которые при нагреве реагируют с дикарбонильными соединениями.

Соли и витамины. В процессе сгущения в 2,5 раза повышается концентрация минеральных веществ молока, изменяются соотношения между катионами и анионами, фосфорнокислые соли кальция частично переходят в нерастворимое состояние. При сушке, когда тепловое воздействие ужесточается, происходит дальнейшее выпадение фосфата кальция. В продуктах снижается содержание растворимого кальция и фосфора.

Сгущение, стерилизация и сушка снижают биологическую ценность продукта. Это обусловлено, особенно при стерилизации, уменьшением (на 10-15 %) содержания лизина. Происходит частичное разрушение витаминов; при сгущении А – на 10-19 %, каротина – на 12-15, В₂ – на 8-21, С – на 20, В₆ и В₁₂ – на 40, Е – на 3-12 %; при распылительной сушке: С – на 20 %, В₁ и В₂ – на 30, В₁₂ – на 10-35, В₆ – на 34 %; при контактной (вальцовой) сушке наблюдается более значительное разрушение витаминов, чем при распылительной.

При добавлении в продукт пищевого антибиотика низина режимы тепловой обработки избираются более мягкие и степень разрушения витаминов заметно снижается.

Изменение физико - химических свойств молока при консервировании

При сгущении, стерилизации и сушке изменяются показатели консистенции

(вязкость, плотность, поверхностное натяжение) и размер кристаллов лактозы.

Сгущенные молочные смеси обладают вязкоупругими свойствами. Вязкость продуктов обусловлена состоянием белков и солей и зависит от химического состава молока, его кислотности, режимов пастеризации и сгущения. Изменение плотности и кислотности продукта при сгущении зависит от соотношения жир/СОМО в сгущаемой молочной смеси. Плотность и кислотность при сгущении обезжиренного молока до массовой доли сухого молочного остатка 45 % изменяются в большей степени и имеют большие величины, чем в цельном молоке при одинаковых условиях сгущения. Показатели текучести в сгущенном обезжиренном молоке снижаются в 20 раз, а цельном – в 2,8 раза по сравнению с исходным сырьем.

Повышение кислотности исходного молока приводит к увеличению вязкости сгущенных консервов.

От режимов пастеризации зависит стабильность белков при тепловой обработке, вязкость и стойкость консервов против загустевания, устойчивость при стерилизации. Температуры пастеризации молока 85 °С - 95 °С способствуют повышению вязкости сгущенного молока с сахаром, при температурах выше 100 °С продукт получается сравнительно жидкой консистенции

Нарушение требований к качеству исходного молока (по кислотности, химическому составу) и технологических режимов производства приводит к повышению вязкости и загустеванию консервов во время хранения. Загустевание продукта обусловлено снижением стабильности и агрегированием мицелл казеина с образованием геля. Агрегированию способствуют денатурированные сывороточные белки, продукты реакции Майяра и окисления жира, играющие роль «мостиков» в процессе полимеризации белков.

При выработке стерилизованных консервов вносят соли-стабилизаторы (фосфаты, цитраты натрия и калия), которые связывают ионы кальция.

Физико-химические свойства сухих молочных консервов зависят от технологических режимов их выработки. Растворимость и смачиваемость сухого порошка зависят от величины, формы, структуры частиц, содержания в них воздуха

и свободного жира. Частицы сухого молока, полученного контактным методом имеют угловатую форму, размер их 250-470 мкм, а при распылительной сушке форма частиц круглая, диаметр около 50 мкм, некоторые объединены в агрегаты (250 мкм)

По физической структуре непрерывной средой в частице сухого молока являются лактоза в аморфном состоянии и белок, в которых равномерно распределены жировые шарики. Свободный жир распределяется на поверхности частиц, в поверхностном слое и на поверхности их внутренних полостей. В процессе хранения происходит кристаллизация аморфной лактозы, в частицах образуются трещины и капилляры, по которым свободный жир выходит на поверхность частиц, ухудшая их смачиваемость и ускоряя окислительную порчу.

Кристаллизация лактозы проходит при охлаждении сгущенного молока после варки. В сгущенном молоке с сахаром в 1 кг воды содержится 0,44 кг лактозы, то есть при 45 °С - 60 °С после сгущения она образует насыщенный раствор. В нем структурно-изомерные формы лактозы находятся в равновесии. При охлаждении до 20 °С происходит пересыщение раствора лактозы и наступает ее кристаллизация. Образующиеся кристаллы размером не более 10 мкм неощутимы на вкус, при 12-15 – консистенция продукта слабомучнистая, при 16-20 – мучнистая, при 21-25 мкм – песчаная. Кристаллизация лактозы вызывает нарушение равновесия, сопровождаемое частичным переходом α-формы в β-форму.

По молекулярно-кинетической теории кристаллизация лактозы проходит в две стадии: первая – зарождение центров кристаллизации, вторая – линейный рост кристаллов. На первой стадии, по флуктуационной теории, тепловое движение молекул приводит к образованию новой фазы флуктуационной плотности с зарождением центров кристаллизации, устойчиво растущих с выделением тепла. Зарождение этих центров определяется скоростью образования самого зародыша и интенсивностью обмена молекулами переохлажденного раствора и зародыша. Основное условие зарождения кристалла – пересыщение раствора.

Интенсивность образования зародышей кристаллов ускоряется при

перемешивании, а также при воздействии ультразвука и магнитного поля. Так, обработка ультразвуком может увеличить число центров кристаллизации и скорость кристаллизации в сотни раз, при этом линейный рост кристаллов изменяется незначительно. Воздействие магнитного поля также ускоряет кристаллообразование и уменьшает дефектность растущих кристаллов.

Сущность воздействия перемешивания на зарождение центров кристаллизации – вызываемое им сжатие и разрежение, способствующие дополнительной флуктуации в элементарных объемах раствора, что усиливает его турбулизацию. Турбулизация повышает эффективность массообмена, способствует ориентации молекул при образовании кристаллизационной решетки и сокращает индукционный период. Это обуславливает уменьшение толщины неподвижного слоя около растущего кристалла, увеличение скорости образования кристаллов и их роста. В единице объема образуется большее количество мелких плотных однородных кристаллов. За счет перемешивания улучшается теплопередача.

Для интенсификации кристаллообразования и уменьшения величины кристаллов подачу сгущенного молока в вакуум-охладитель с мешалками проводят распылением, используя для этой цели вибрацию или пропуская продукт между фарфоровыми вальцами.

Чтобы получить однородную консистенцию сгущенного молока с неощутимыми на вкус кристаллами лактозы, проводят быстрое охлаждение горячего продукта в вакуум-охладителях в условиях перемешивания с равномерным внесением при 30-35 °С мелкокристаллической (5-10 мкм) затравки в виде порошка лактозы в количестве не менее 0,02 % к массе продукта. На образование зародышей кристаллов влияет сила поверхностного натяжения на границе раздела кристалл-раствор. Поэтому для ускорения кристаллизации лактозы применяются поверхностно-активные вещества: модифицированный крахмал (0,5 %) или карбоксиметилкрахмал (0,1 %). Тогда образуются мелкие кристаллы и понижается вязкость продукта.

Вторая стадия кристаллизации – линейный рост кристаллов. Он представляет ряд элементарных актов присоединения к поверхности растущей грани

молекулярных комплексов, образовавшихся в массе исходной фазы. В процессе роста кристаллов происходит массопередача к поверхности пограничного слоя, диффузия веществ через этот слой к поверхности кристалла, движение частиц вдоль поверхности кристалла и включение их в поверхностную решетку, отвод тепла кристаллизации и освободившейся гидратационной воды от поверхности кристалла. Перенос молекул растворенной лактозы к поверхности растущего кристалла ускоряется перемешиванием вследствие уменьшения толщины диффузионного слоя.

Вследствие молекулярной и конвективной диффузии лактоза подводится к поверхности растущего кристалла и молекулы ее включаются в кристаллическую решетку. Рост кристаллов лактозы сопровождается уменьшением запаса свободной энергии за счет адсорбции молекул на гранях растущих кристаллов. Здесь подтверждается теория фазовых превращений: скорость оседания кристаллизующегося вещества на гранях кристаллов пропорциональна квадрату разности концентраций.

Влияние интенсивного перемешивания, распыления, а также диффузии на рост кристаллов незначительно.

Охлаждение консервов в условиях разрежения приводит к увеличению скорости перемещения влаги в продукте, что интенсифицирует процесс испарения влаги, происходит частичное подсушивание. Теоретически обоснован одноступенчатый вакуумный способ периодического охлаждения сгущенного молока с сахаром.

Медленное охлаждение, отсутствие затравки приводят к образованию малого количества центров кристаллизации и получению мучнистой или песчанистой консистенции продукта вследствие образования крупных кристаллов лактозы.

Пороки молочных консервов

В зависимости от характера физико-химических изменений состав молочных частей молока в процессе изготовления и хранения в продуктах появляются те или иные пороки.

Загустевание относится к основным порокам сгущенного молока с сахаром. Оно появляется во время хранения продукта. В результате самопроизвольного загустевания продукт приобретает излишне вязкую консистенцию и становится нестандартным (продукт, хранившийся от 2 до 12 мес, должен иметь вязкость не более 15Па·с). Реже порок наблюдается при хранении сгущенного стерилизованного молока. Основные причины порока – изменение физико-химических свойств белков и нарушение устойчивости коллоидной системы молока. Механизм загустевания сгущенного молока заключается в следующем. Казеиновые мицеллы под воздействием высоких температур и нарушенного солевого равновесия теряют стабильность, взаимодействуют друг с другом и коагулируют (образуя структурную сетку). Процесс агрегирования казеиновых мицелл усиливают денатурированные сывороточные белки, которые выполняют роль сшивающих мостиков между частицами. В сгущенном стерилизованном молоке роль сшивающих мостиков могут выполнять также карбонильные соединения (продукты реакции Майяра). Загустевание молочных консервов, по последним данным, может вызвать термостабильная нативная протеиназа молока (плазмин), расщепляющая в-казеин молочных смесей.

Возникновение порока зависит от времени года, рационов кормления, периода лактации, болезней животных. Как правило, сгущенное молоко с сахаром загустевает весной и в начале лета. Появлению порока способствуют повышенное содержание белков, изменение солевого состава, высокая кислотность молока и нарушение технологических режимом производства молочных консервов (тепловой обработки, гомогенизации и т.п.). Порок можно предупредить, применяя высокотемпературную пастеризацию (выше 100 °С), внося соли- стабилизаторы и т.д.

Комковатая и хлопьевидная консистенция сгущенного молока с сахаром характеризуется наличием мелких хлопьев и комочков казеина, образующихся при частичной коагуляции белка. Появляется в продукте, выработанном из молока повышенной кислотности (например, из молока с примесью молозива и т.д.).

Мучнистая и песчанистая консистенция сгущенных молочных консервов вызывается нарушением процесса кристаллизации лактозы в сгущенном молоке с

сахаром. Допускаемые размеры кристаллов лактозы в продукте составляют не более 15 мкм. Медленное нерегулируемое охлаждение продукта может привести к образованию кристаллов размером 16-20 мкм или более и, как следствие, появлению порока. Необходимо строго соблюдать режимы охлаждения сгущенного молока с сахаром.

Пониженная растворимость сухих молочных продуктов наблюдается при сильной денатурации сывороточных белков в процессе сушки. Порок также возникает при хранении продукта с увеличенным содержанием свободного жира, который переходит на поверхность сухих частиц и снижает смачиваемость. Выделению свободного жира способствует повышенное содержание влаги в продукте (более 7 %). Влага вызывает кристаллизацию лактозы с одновременной дестабилизацией жира. Повышенная влажность сухих молочных продуктов, а также хранение в негерметической упаковке приводят к уменьшению растворимости за счет денатурации белков и образования плохо растворимых меланоидинов. Белки денатурируют при наличии в продуктах свободной влаги (связанная влага не изменяет коллоидные свойства белка). В связи с этим содержание влаги в сухом молоке не должно превышать 4-5 %.

Потемнение молочных консервов возникает при образовании большого количества меланоидинов в результате реакции между аминокетонами белков и альдегидной группой лактозы и глюкозы. Порок образуется в результате длительного хранения сгущенного молока с сахаром при высокой температуре (35 °С - 40°С) и сухих молочных продуктов в негерметичной таре (в условиях повышенной влажности). В сгущенном молоке с сахаром изменяется цвет, появляется сильный привкус карамели, повышается кислотность (до 53-67 °Т), возрастает вязкость. Образование меланоидинов в сухом молоке сопровождается потемнением продукта, появлением неприятных специфических привкуса и запаха и понижением растворимости.

Реакции меланоидинообразования в сгущенном молоке с сахаром способствует инвертный сахар. Поэтому необходимо принимать меры к устранению причин, вызывающих инверсию сахарозы. Предохранение продукта от потемнения

достигается путем снижения количества сахарозы, увеличения содержания СОМО, внесения в сгущенное молоко аскорбиновой кислоты и других добавок. Для предупреждения потемнения сухого молока необходимо соблюдать требования по содержанию влаги (3-4 %) и герметичности упаковки.

Потемнение сгущенного стерилизованного молока возникает в результате длительного воздействия высоких температур при стерилизации. Пороку способствует увеличение содержания сухих веществ, повышения кислотности сырья, некоторые соли-стабилизаторы, наличие меди и железа.

Прогорклый вкус обусловлен гидролизом жира под действием оставшейся после пастеризации лактозы. Встречается в сухих молочных продуктах распылительной сушки и в сгущенном молоке с сахаром низкой вязкости. В сгущенном молоке с сахаром фермент действует на отстоявшийся слой жира. Для предупреждения порока молоко следует пастеризовать при температуре выше 95 °С и вырабатывать сгущенное молоко с сахаром вязкостью не ниже 3,0 Па·с. Вязкость продукта можно повысить, увеличивая содержание СОМО или осуществляя гомогенизацию молока при давлении 2-2,5 МПа после сгущения.

Салистый и другие (рыбный, металлический и др.) привкусы возникают при хранении сухих молочных продуктов и ЗЦМ. При порче в первую очередь окисляется свободный жир, находящийся на поверхности частиц сухих продуктов. Появлению салистого и других привкусов способствует наличие в сухом молоке 9-16 % и более дестабилизированного жира. Порок возникает в результате окисления ненасыщенных жирных кислот под действием кислорода воздуха. Окисление ускоряют воздействие света, наличие солей меди и железа, повышение температуры хранения и влажности воздуха.

Для предохранения сухого молока от порчи необходимо устранить причины, способствующие повышению в продукте количества свободного жира. Устойчивость сухих молочных продуктов к окислению увеличивается при добавлении антиокислителей жира: при производстве сухого молока – аскорбиновой кислоты, кверцетина и додецилгаллата; при производстве ЗЦМ – бутилокситолуола и сантохина.

Микробиология консервов

Источники обсеменения и изменение микрофлоры в процессе производства сгущенного молока с сахаром

В процессе производства сырое молоко нагревают до 95 °С – 120 °С, смешивают с сахарным сиропом (растворенным в воде сахаром) при 95 °С, чтобы обеспечить содержание 41,5-42 % сахара в готовом продукте, и выпаривают под вакуумом до соотношения сгущенного молока и сахара 2,5:1, затем быстро охлаждают для кристаллизации лактозы.

В вакуум-выпарной установке может происходить размножение термофильных спорообразующих микроорганизмов, находящихся на оборудовании после плохой мойки и дезинфекции. В процессе охлаждения и кристаллизации может произойти вторичное обсеменение. При розливе молока с сахаром может также происходить обсеменение продукта из воздуха, особенно если помещение для варки сиропа сообщается с цехом розлива.

Сгущенное молоко с сахаром не является стерильным продуктом. Наиболее опасными микроорганизмами являются дрожжи, микрококки и плесневые грибы, спорообразующие бактерии и другие осмофильные микроорганизмы, способные размножаться при высоких концентрациях сахара.

Микрококки могут выживать при пастеризации, поэтому во время хранения консервов их количество в первые 1,0-1,5 месяца может увеличиваться от 10^2 до 10^6 в 1 см^3 продукта. Затем начинается отмирание, и к концу года их содержание приближается к первоначальному. В сгущенном молоке с сахаром могут развиваться таким же образом и коагулазоположительные стафилококки.

Бактерии группы кишечных палочек могут попадать в консервы на последней стадии производства – в момент фасования, но в дальнейшем не находят благоприятных условий для развития и при хранении продукта отмирают. Спорообразующие термофильные бактерии, выживая в процессе пастеризации,

могут в последствии размножаться при длительном процессе сгущения. Однако в дальнейшем условий для их размножения не создается и они редко рассматриваются как возбудители пороков сгущенного молока с сахаром.

Дрожжи, сбраживающие сахарозу, интенсивнее размножаются при повышенной кислотности молока и пониженной концентрации сахара. Переносчиками дрожжей чаще всего служат непроваренный сахарный сироп, воздух, тара и руки рабочих. Развитие дрожжей в готовом продукте особенно интенсивно происходит в первые 15-30 дней после выработки. Впоследствии дрожжи постепенно отмирают, поэтому в старых банках с явно выраженным бомбажом дрожжи могут быть не обнаружены.

Плесени развиваются на поверхности продукта или на внутренней поверхности крышки банки. Для предупреждения плесневения рекомендуется мыть и обсушивать банки и крышки, закрывать банки под вакуумом (при разрежении), хранить молоко при низкой температуре. Рекомендуется также устанавливать бактерицидные лампы над конвейером в тех местах, где проходят открытые банки со сгущенным молоком.

Источники обсеменения и изменение микрофлоры в процессе производства сухого молока

При производстве сухого молока не достигается полного уничтожения микроорганизмов. Сохраняемость продукта обусловлена низким содержанием влаги (не более 5 %), поэтому увлажнение сухого молока приводит к быстрой его порче. Из микрофлоры сырого молока после пастеризации остаются споры бактерий родов *Bacillus* *Clostridium*, а также термоустойчивые клетки энтерококков, микрококков, стафилококков.

Психотрофные бактерии погибают при низкой термической обработке молока, однако вырабатываемые ими в сыром молоке протеолитические ферменты при пастеризации не разрушаются и впоследствии при хранении готового продукта могут отрицательно влиять на его вкус вследствие разложения белков.

Это обусловлено тем, что при сушке распылением температура капелек молока достигает лишь 60 °С - 90 °С, которая оказывает относительно небольшое губительное действие на микроорганизмы. При последующих операциях – охлаждении, транспортировании, упаковывании – может происходить дополнительное вторичное обсеменение продукта, в том числе и бактериями группы кишечных палочек, спорами плесеней и др.

Особенно опасны при производстве сухого молока патогенные и энтеротоксичные микроорганизмы, которые могут в дальнейшем размножиться при восстановлении сухого молока. К таким бактериям относят сальмонеллы, патогенные стафилококки, являющиеся возбудителями пищевых отравлений.

Термофильные молочнокислые стрептококки и энтерококки могут развиваться в молоке в процессе выпаривания, особенно при пониженных температурах. При распылительной сушке в готовом продукте они составляют основную часть общей бактериальной обсемененности.

В 1 г сухого молока допускается до 100 клеток коагулазоположительных стафилококков, а в 1 г восстановленного молока – 5×10^5 клеток.

Бактерии группы кишечных палочек в процессе производства практически не размножаются и могут служить показателем санитарно-гигиенического состояния производства при контроле свежеработанной продукции, так как при хранении эти микроорганизмы в сухом молоке отмирают.

Споры плесневых грибов попадают в продукт из воздуха и главным образом с транспортирующего и упаковочного оборудования. Впоследствии они вызывают плесневение готового продукта при хранении, если он подвергается увлажнению. При нарушении условий хранения и повышенной влажности воздуха в складском помещении возможны увлажнение сухого молока и возникновение пороков.

6 Физико - химические процессы при производстве и хранении молочно - белковых концентратов и лактозы

Одной из главных задач, стоящих перед молочной промышленностью, является комплексное использование всех составных частей молока. В связи с этим необходимо максимально использовать обезжиренное молоко, пахту и сыворотку в пищевых целях. Данные продукты обладают высокой пищевой и биологической ценностью.

В обезжиренное молоко и пахту переходит до 97 % белков, значительная часть углеводов молока, минеральных веществ, витамины. В сыворотке остается почти весь молочный сахар и водорастворимые витамины молока, большая часть минеральных веществ, значительное количество азотистых соединений, в том числе почти полностью сывороточные белки.

Биологическая ценность данных продуктов заключается в том, что при низкой калорийности они содержат биологически активные соединения. Более 20 водорастворимых витаминов, фосфатиды, незаменимые аминокислоты, микроэлементы. В биологическом отношении особенно ценным продуктом является пахта. Она содержит в 6 раз больше, чем цельное молоко, важных для организма человека фосфатидов. Лецитин, входящий в состав оболочек жировых шариков и переходящий в пахту, как известно, нормализует жировой и холестеринный обмен. Жир пахты, по сравнению с жиром молока, содержит больше полиненасыщенных жирных кислот, обладающих липотропными и противосклеротическими свойствами.

Процессы, происходящие при выработке казеина

Из обезжиренного молока вырабатывают технический и пищевой казеин. Технический казеин используют в бумажном производстве, для получения клея,

красок и т.д. Пищевой казеин в виде казеинатов широко применяют в производстве молочных и других пищевых продуктов.

Физико-химические процессы при выработке технического и пищевого казеина в основном протекают при осаждении казеина, его обработке и сушке.

В зависимости от способа коагуляции казеин подразделяют на кислотный и сычужный.

Наиболее распространенный кислотный способ коагуляции. Коагуляция казеина может осуществляться под действием молочной кислоты, образующейся в результате молочнокислого брожения лактозы.

Важными показателями качества казеина, особенно технического, являются кислотность и содержание в нем золы, от которых зависят растворимость и влагоудерживающая способность казеина. Основной компонент золы казеина - кальций. Его источниками являются минеральная часть осажденного казеинового комплекса и коллоидные соли кальция, захваченные сгустком и не удаленные при промывке казеина.

В кислотном казеине содержание кальция (золы) ниже, чем в сычужном. Это объясняется различиями в механизме коагуляции казеина. При действии сычужного фермента казеиновый комплекс осаждается без потерь кальция. При кислотной коагуляции под действием молочной кислоты от казеинаткальцийфосфатного комплекса отщепляются фосфат кальция и часть органического кальция. В результате этого ККФК разрушается и освобождается казеин, содержащий незначительное количество кальция.

Основное количество кальция отщепляется от ККФК при pH ниже 5,3, но близком к изоэлектрической точке (pH 4,6 и титруемая кислотность сыворотки 60 °С). Для получения казеина с низким содержанием золы рекомендуется повысить титруемую кислотность сыворотки до 70-75 °Т (pH 4,3-4,4).

Наряду с кислотностью и содержанием золы растворимость казеина обусловлена режимом сушки. Наблюдаемое иногда снижение растворимости и изменение цвета казеина могут быть результатом денатурации белка при слишком высоких температурах сушки.

Пороки казеина

Пищевой кислотный казеин, предназначенный для использования в различных отраслях пищевой промышленности и для производства казеинатов, должен отвечать следующим показателям качества.

Органолептические показатели: вкус и запах – специфический, без посторонних привкусов и запахов (кислого, сырного, металлического и др.); цвет – белый или кремовый, однородный по всей массе; внешний вид – сухое плотное или пористое зерно размером не более 5 мм.

Химические показатели: содержание влаги не более 12 %; жира – 1,5 %; кислотность – 30 °Т (высший сорт) и 50 °Т (первый сорт); золы 2 % и 2,5 % (соответственно); примесь олова – не более 100 мг/кг, меди – 8 мг/кг. Наличие свинца не допускается.

Бактериологические показатели: общее количество бактерий 50 (высший сорт) и 100 тыс. (первый сорт) в 1 г. Титр кишечной палочки 0,1.

Технический казеин (кислотный и сычужный) в зависимости от качества разделяют на 4 сорта: высший, первый, второй и третий. В оценку качества входят такие показатели, как цвет, внешний вид, размер зерна, структура зерна, чистота продукта, содержание жира, золы, кислотность и растворимость.

Наиболее часто встречающийся порок казеина – *высокая жирность* вследствие плохого обезжиривания молока. Остатки жира в казеине быстро разлагаются и придают ему неприятный вкус и запах, поэтому необходимо строго контролировать процесс сепарирования молока.

Высокая кислотность казеина обуславливается плохой промывкой зерна или является следствием повышения кислотности в процессе длительного хранения казеина-сырца до сушки.

Повышенная зольность кислотного казеина – результат неполного разложения казеинаткальцийфосфатного комплекса при кислотной коагуляции и плохой промывке зерна. Низкую зольность имеет сычужный казеин из молока с повышенной кислотностью (выше 22 °Т). Высокая влажность казеина

обуславливается не доведенной до конца сушкой или хранением казеина в сыром помещении.

Неполная растворимость казеина может быть результатом денатурации белка при высоких температурах сушки. *Бурый, коричневый цвет* казеина получается вследствие сушки при высокой температуре, плохой промывки (наличие лактозы) и при наличии в промывной воде солей железа. *Темный и серый цвет* казеин-сырец приобретает в процессе порчи при длительном хранении при повышенных температурах.

Блестящая оплавленная поверхность казеиновых зерен – следствие неправильной сушки, когда сырой казеин помещают в сушку при высокой температуре; легче оплавляется сычужный казеин с высокой кислотностью.

Гнилостный и затхлый запах возникает в результате порчи казеина-сырца или сухого казеина, хранившегося во влажном помещении; порча казеина усиливается при несоблюдении санитарно-гигиенических условий и использования недоброкачественной воды.

Процессы, происходящие при выработке молочно - белковых концентратов

Казеинаты

Казеинат натрия и казеинат кальция изготовляют растворением кислотного казеина в щелочах.

Казеинаты используют в различных отраслях пищевой, мясной и молочной промышленности – в производстве колбас, хлебных и крупяных изделий, в качестве стабилизатора при выработке мороженого, сгущенного молока, сметаны и т. д.

Физико-химические процессы при выработке казеинатов протекают во время кислотной коагуляции казеина, обработки казеина щелочами и сушки коллоидных растворов казеинатов. Основной операцией, определяющей качество казеинатов, является их распыление перед сушкой. Растворы казеинатов имеют высокую

вязкость, что затрудняет процесс распыления. Вязкость растворов казеинатов зависит от концентрации, рН и температуры.

Копреципитаты

Их получают из обезжиренного молока (или смеси обезжиренного молока и пахты) путем совместного осаждения казеина и сывороточных белков при одновременном действии высоких температур и коагулянта (хлорида кальция или кислоты). Комплексное осаждение белков позволяет увеличить степень использования белковых веществ молока и повысить биологическую ценность продукта (за счет улучшения сбалансированности незаменимых аминокислот). Основным физико-химическим процессом определяющим качество копреципитатов, является процесс осаждения казеина и сывороточных белков. В зависимости от нужного содержания в копреципитате кальция белки осаждают с помощью термокальциевой или термокислотной коагуляции.

Термокальциевая коагуляция белков обезжиренного молока (коагуляция ионами кальция при нагревании) впервые разработана и теоретически объяснена проф. П.Ф. Дьяченко. Механизм действия кальция заключается в связывании свободных ОН- групп фосфорной кислоты казеиновых мицелл, в результате чего снижается их отрицательный заряд и электронейтральные белковые частицы агрегируют. Хлорид кальция является сильным дегидратирующим соединением, поэтому вызывает дополнительную дестабилизацию казеина, уменьшая его гидрофильность. Внесение в нагретое до 80 °С - 95 °С обезжиренное молоко определенных количеств хлорида кальция приводит к коагуляции казеина, вместе с которым осаждаются денатурированные сывороточные белки (термокальциевая коагуляция).

Молочный белок

Его широко применяют для повышения биологической ценности хлебобулочных и макаронных изделий. Копреципитат с меньшим содержанием кальция (1-2 %) и высокой влагосвязывающей способностью (для мясной и ряда других отраслей промышленности) можно получить, уменьшая количество вносимого хлорида кальция и регулируя рН коагуляции с помощью соляной кислоты.

При поточном производстве молочного белка применяют термокислотную коагуляцию.

Концентраты сывороточных белков

Их используют в качестве белковых добавок при производстве детских и др. пищевых продуктов. Концентраты сывороточных белков получают с помощью ультрафильтрации. Ультрафильтрация позволяет выделить из сыворотки белки в неденатурированном нативном состоянии, что повышает их биологическую ценность.

Мембранные методы обработки (ультрафильтрация, обратный осмос и электродиализ) – это методы разделения смесей с помощью специальных полупроницаемых перегородок-мембран, изготовленных из полимерных материалов.

Ультрафильтрация и обратный осмос, определяемые общим термином «гиперфильтрация», являются способами фильтрации растворов через фильтры с размерами пор не менее 0,5 мкм. Процесс гиперфильтрации основан на принципе обратного осмоса. Однако если над раствором создать давление, то растворитель (вода) начнет переходить из раствора в секцию чистого растворителя. Это явление носит название обратного осмоса.

В процессе ультрафильтрации задерживаются только высокомолекулярные вещества, а низкомолекулярные соединения и растворитель свободно проходят через его поры.

Процессы, происходящие при выработке молочного сахара

Молочный сахар используют в различных отраслях промышленности. Рафинированный молочный сахар используют при получении медицинских препаратов и углеводного препарата для продуктов детского питания, сахар-сырец – в производстве антибиотиков, пищевой – при выработке сгущенного молока, сухого молока для детей грудного возраста, изготовления кондитерских изделий и т.д.

Молочный сахар вырабатывают из подсырной, творожной и казеиновой сыворотки. Основными физико-химическими процессами при выработке молочного сахара являются очистка сыворотки от несахаров и кристаллизация лактозы.

Процессы при очистке сыворотки от несахаров

Для очистки сыворотки от балластных веществ, или несахаров (жир, белки, минеральные вещества, пигменты), применяют химические и физические методы.

Для выделения белков в промышленности используют тепловую денатурацию в сочетании с кислотным или кислотнo-щелочным способами коагуляции. Степень выделения белков при тепловой денатурации незначительна и составляет лишь около 25% от всех белков сыворотки. Поэтому тепловая обработка сыворотки с подкислением (соляной кислотой или кислой сывороткой) дает лучшие результаты.

Для предупреждения образования пороков вкуса и цвета молочного сахара подсырную сыворотку следует подкислить до кислотности не выше 35 °С. Максимальное выделение белков наблюдается при тепловой денатурации с кислотнo-щелочным способом коагуляции.

Белки из сыворотки можно удалить также методом тепловой коагуляции с внесением раствора хлорида кальция. Наиболее совершенным методом выделения белков является метод ультрафильтрации.

Деминерализацию (обессолевание) исходной сыворотки можно осуществлять с помощью ионообмена на смолах, например при обработке на катионите КУ-2 и анионите АВ-16. Лучшие результаты получаются при использовании электродиализа.

Процессы при кристаллизации лактозы

Кристаллизация лактозы из пересыщенного сывороточного сиропа проходит аналогично кристаллизации молочного сахара при выработке сгущенного молока с сахаром.

Величина кристаллов и полнота выкристаллизации лактозы зависит от степени сгущения сиропа и режима кристаллизации лактозы (скорости охлаждения сиропа, режима перемешивания).

По мере повышения концентрации сухих веществ в сыворотке увеличивается степень выкристаллизации лактозы. Однако одновременно с этим уменьшается средний размер кристаллов лактозы. При производстве молочного сахара важно получить однородные по форме и размеру (100-150 мкм) кристаллы.

Для получения крупных кристаллов кристаллизацию рекомендуется проводить при медленном охлаждении сиропа до 10 °С - 15 °С с периодическим его перемешиванием.

Промытые кристаллы лактозы необходимо сушить при 60 °С - 65 °С (до содержания влаги 1,5%). Температура выше 70 °С может вызвать потемнение молочного сахара вследствие реакции лактозы с оставшимися белками (образование меланоидинов).

Список использованных источников

- 1 Богатова, О.В. Промышленные технологии производства молочных продуктов : учебное пособие / О. В. Богатова, Н. Г. Догарева, С. В. Стадникова. – Санкт-Петербург : Проспект науки, 2014. – 269 с.
- 2 Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. / К.К. Горбатова – СПб: ГИОРД, 2004. – 320 с.
- 3 Богатова О.В. Химия и физика молока: Учебн. пос./ О.В.Богатова, Н.Г. Догарева. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. – 137 с.
- 4 Мирошникова, Е.П. Микробиология молока и молочных продуктов : учеб. пособие для вузов / Е. П. Мирошникова. – Оренбург : ОГУ, 2006. – 135 с.
- 5 Твердохлеб, Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов : учеб. пособие / Г. В. Твердохлеб, Р. И. Раманаускас. – Москва : ДеЛи Принт, 2006. – 360 с.
- 6 Степаненко, П. П. Микробиология молока и молочных продуктов : учеб. для вузов / П. П. Степаненко. – М. : Лира, 2006. – 414 с.
- 7 Горбатова, К. К. Химия и физика молока и молочных продуктов : учебник / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова – СПб: ГИОРД, 2012 – 330 с.