

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ**



**Т.П. Арсеньева**

# **ТЕХНОЛОГИЯ СЛИВОЧНОГО МАСЛА**

**Учебное пособие**



**Санкт-Петербург  
2013**

УДК 637.23  
ББК 36.95  
А 85



**TEMPUS**

*Издание осуществлено при поддержке Международного проекта TEMPUS IV 517336-TEMPUS-1-2011-1-PL-TEMPUS-SMHES «Разработка отраслевых рамок квалификации для пищевой промышленности».*

**Арсеньева Т.П. Технология сливочного масла: Учеб. пособие. –**  
СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 303 с.

ISBN 978-5-7577-0454-8

Рассмотрены технологические аспекты производства сливочного масла, выработанного методом сбивания сливок и методом преобразования высокожирных сливок; разновидности масла из коровьего молока; пороки сливочного масла.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 260200 Продукты питания животного происхождения, профиль подготовки Технология молока и молочных продуктов.

**Рецензенты:** кафедра экспертизы потребительских товаров Санкт-Петербургского государственного торгово-экономического университета (**доктор техн. наук, проф. В.В. Шевченко**); доктор техн. наук, проф. **А.Н. Лисицын** (Всероссийский научно-исследовательский институт жиров)

**Рекомендовано к печати Ученым советом Института холода и биотехнологий НИУ ИТМО**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

ISBN 978-5-7577-0454-8

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013

© Арсеньева Т.П., 2013

*Моему Учителю А.Д. Грищенко  
посвящается*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курс «Технология сливочного масла» является одним из разделов дисциплины «Технология молока и молочных продуктов» и занимает важное место в области специальных знаний при подготовке, бакалавров, магистров, инженеров-технологов молочной промышленности.

Изучению данного курса предшествует изучение дисциплин химического цикла (физическая и коллоидная химия, биохимия молока и молочных продуктов и др.), технологического оборудования предприятий молочной промышленности, общей технологии отрасли, общепромышленных дисциплин и др.

Изложенные в учебном пособии теоретические основы технологических процессов позволят студентам, бакалаврам и магистрам глубоко изучить особенности технологии сливочного масла методом сбивания сливок на маслоизготовителях периодического и непрерывного действия и методом преобразования высокожирных сливок, в дальнейшем использовать полученные знания в целях обеспечения выработки продукции высокого качества.

В настоящем учебном пособии уделено внимание вопросам истории отечественного маслоделия, характеристикам сырья и требованиям, предъявляемым к нему при производстве сливочного масла, низкотемпературной подготовке сливок к сбиванию, а также сбиванию сливок и механической обработке масла. Производство сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок заключается в том, что желаемое содержание жира в сливочном масле достигается путем одно- или двукратного сепарирования молока. В результате сепарирования получают высокожирные сливки, которые подвергаются термомеханическому воздействию в специальных аппаратах непрерывного действия с последующим термостатированием свежеработанного масла в покое.

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

## 1.1. Периоды развития отечественного маслоделия

В истории отечественного маслоделия можно выделить несколько периодов.

*Первый период (до 1868 года)* связан с производством масла в помещичьих хозяйствах. Заводское производство масла в крупных имениях богатых помещиков появилось в 30–40-х годах прошлого столетия, но оно не получило распространения в дореформенной России.

Экономические условия крепостной России не способствовали развитию товарного производства масла, оно имело потребительский характер. Производство масла в помещичьих хозяйствах, основанное на использовании примитивной техники и крепостного труда, после отмены крепостного права (в 1861 году) пришло в упадок. Главную роль в производстве молочных продуктов и масла стали играть крестьянские хозяйства и купцы-промышленники. Масло, выработанное в крестьянских хозяйствах, поступало на рынок в виде топленого масла.

*Второй период (1869–1890 годы)* связан с производством масла на крестьянских артельных и частных заводах.

Инициатором артельного маслоделия и сыроделия в России стал Николай Васильевич Верещагин – помещик-либерал.

Первый маслодельный артельный завод в Европейской части России был построен в 1869 году в селе Курее Архангельской области, а в Сибири – в 1884 году в селе Морево. Первый частный маслодельный завод был построен в 1871 году в селе Утятинском вблизи Кургана купцом из Санкт-Петербурга.

Толчком для строительства маслодельных заводов стало открытие в 1872 году Ярославско-Вологодской железной дороги, а также строительство Транссибирской железной дороги, пуск которой состоялся в 1890 году. Это были заводы кустарного типа. Сливки получали отстойным способом и сбивали в ручных маслобойках, применялся ручной труд. В связи с изобретением сепаратора отстойный способ получения сливок в 1886 году окончательно вытеснил сепаратор, но остался ручной труд. Для подготовки мастеров Н.В. Верещагин

в 1871 году организовал Эдимоновскую молочно-хозяйственную школу в Тверской губернии (Оршанский район), просуществовавшую 30 лет, до 1901 года, подготовившую около 1200 мастеров масло- и сыроделов. К 1890 году в Европейской части России крестьянские артели распались, заводы перешли в частные руки, но сохранили название артельных.

Создание артелей послужило толчком для организации в России промышленного молочного производства и рождения российской буржуазии.

В 1907 году был создан союз сибирских маслодельных артелей, выросший со временем в самую крупную в России экспортную кооперативную организацию по товарообороту. Регулярный экспорт масла начался с 1892 года и увеличивался с каждым годом. В 1906 году Россия занимала второе место после Дании в мировом экспорте масла.

В 1913 году в России насчитывалось 6889 кустарных маслодельных заводов, в том числе 4229 – в Сибири.

После Октябрьской социалистической революции количество частных кустарных маслодельных заводов увеличилось в 1928 году до 7600. В 1870 году в России было произведено 4 тыс. т масла, в 1913 году – 129 тыс. т и вывезено на иностранный рынок 78 тыс. т, в том числе из Сибири – 72,8 тыс. т. Качество масла было высокое.

Техническую базу отечественного маслоделия составляло импортное оборудование. В 1920 году было начато изготовление маслوبيек, маслообработников, пастеризаторов.

*Третий период (1922–1930 годы).* В 1922 году после Октябрьской социалистической революции (1917 год) частные маслодельные и сыродельные заводы были переданы в систему потребительской кооперации. Третий период связан с производством масла на этих заводах. Вся страна была покрыта сетью кооперативных союзов. В 1924 году для руководства этими предприятиями был организован «Маслоцентр».

Началось укрупнение и строительство кооперативных механизированных заводов. Первый механизированный завод был построен в 1925 году.

В 1926 году «Маслоцентр» был удостоен золотой медали Международного молочного конгресса за отличное качество масла.

Количество маслодельных заводов увеличилось с 6889 в 1913 году до 7600 в 1928 году. В маслоделии начался постепенный переход от кустарного промысла к промышленному производству. В 1931 году число механизированных заводов достигло 217.

Большую роль в развитии маслоделия в дореволюционный период сыграли А.А. Калантар, С.В. Паращук, Г.С. Инихов, работавшие в тот период: А.А. Калантар – специалистом Министерства земледелия и государственных имуществ, С.В. Паращук – заведующим Ярославской лабораторией молочного хозяйства, Г.С. Инихов – заведующим Курганской лабораторией молочного хозяйства.

В результате энергичной деятельности в течение длительного времени А.А. Калантаром в 1911 году недалеко от Вологды был открыт молочный институт, именуемый в дальнейшем Вологодский молочный институт, – первое высшее учебное заведение для подготовки кадров. Первый выпуск специалистов был осуществлен в 1921 году, выпуск инженеров-технологов – в 1931 году.

*Четвертый период (1931–1991 годы)* – это период создания и развития государственной молочной промышленности.

В 1931 году все механизированные маслодельные и сыродельные заводы, принадлежавшие потребительской кооперации, были переданы государственному объединению «Союзмолоко», созданному вместо «Маслоцентра» при Народном Комиссариате торговли СССР для планового регулирования и руководства всеми молочными предприятиями страны.

Артельные молочные предприятия были переданы «Колхозцентру». Во всех союзных республиках была создана государственная молочная промышленность. Для руководства государственной молочной промышленностью был создан Народный Комиссариат пищевой промышленности. Первым народным комиссаром пищевой промышленности стал А.И. Микоян. Впоследствии руководство мясной и молочной, в том числе и маслодельной, отраслями осуществляло Министерство мясной и молочной промышленности, во главе которого долгие годы стоял С.Ф. Антонов – воспитанник Ленинградского института инженеров молочной промышленности.

Созданию государственной молочной промышленности, в том числе маслодельной, способствовали два условия: создание прочной базы в результате организации совхозов и колхозов и создание технической базы промышленности. Для подготовки инженерных кадров

были созданы Ленинградский и Московский институты инженеров молочной промышленности. Впоследствии Ленинградский институт инженеров молочной промышленности был переименован в Ленинградский химико-технологический институт молочной промышленности (ЛХТИМП – 1934 год), а в 1947 году объединен с Ленинградским институтом холодильной промышленности (ЛИХП).

В результате мер, принятых Коммунистической партией и Советским правительством, молочная промышленность превратилась из кустарного промысла в развитую отрасль пищевой индустрии, был обеспечен быстрый рост производства сливочного масла. В течение 55 лет (1932–1987 годы) производство сливочного масла увеличилось в 25 раз, несмотря на разрушения в результате военных действий и оккупации во время Великой Отечественной войны и застойный период. В 1932 году было выработано 664 тыс. т сливочного масла, в 1987 – 1665 тыс. т. В 1990–1991 годах (последние годы существования СССР) был достигнут уровень производства масла, предусмотренный на 1995 год, – около 1737 тыс. т, который был равен объему производства сливочного масла, выработанного в США, ФРГ, Франции вместе взятых. Было достигнуто полное удовлетворение потребностей населения в сливочном масле в соответствии с нормами – 5,8 кг/год.

В 1957 году Советский Союз занял первое место в мире по объему производства масла и сохранял его в течение всего периода развития государственной маслодельной промышленности.

В 1957 году в СССР было выработано 752 тыс. т сливочного масла, в США – 705 тыс. т. Для достижения довоенного уровня производства масла после окончания Великой Отечественной войны потребовалось два года. В 1940 году было выработано 207,2 тыс. т сливочного масла, в 1947 году – 202,2 тыс. т. Была создана мощная техническая база маслодельной отрасли промышленности, построены тысячи механизированных заводов, проведена концентрация производства. В 1931 году было 217 кооперативных маслодельных заводов. К 1968 году все маслодельные заводы стали механизированными. В 1971 году количество построенных государственных механизированных маслодельных заводов достигло максимальной величины – 3400. В результате концентрации производства число механизированных заводов уменьшилось в 1984 году до 2000, а объем производства каждого завода увеличился до 750 т масла в год.

Большое значение в развитии маслоделия в этот период имело внедрение в 1954 году отечественного метода производства масла, предложенного еще в 1934 году В.А. Мелешиним и получившего наименование метода преобразования высокожирных сливок. Объем производства масла этим методом достиг 47 % от общего объема. В этот период были внедрены маслоизготовители непрерывного действия иностранных марок.

Большое значение для развития маслоделия имело создание отраслевых научно-исследовательских и учебных институтов в Москве, Угличе, Киеве, Минске, Ставрополе и ряда их филиалов. Центром развития научных исследований и подготовки научных кадров в области маслоделия стал Всесоюзный научно-исследовательский институт маслодельной и сыродельной промышленности (ВНИИМС) с филиалами, созданный по инициативе А.Д. Гранникова. Инженерные кадры для молочной промышленности в СССР готовили 16 учебных заведений.

В результате успешной работы научно-исследовательских институтов (ВНИИМС, ВНИМИ, Укрмясомолпром) и усилиями отечественной машиностроительной промышленности были созданы отечественные поточные линии для производства масла методом преобразования высокожирных сливок. Отраслевыми институтами предложено более 20 разновидностей сливочного масла.

Из новых видов сливочного масла наибольшее распространение получило крестьянское масло, выработка которого была начата в 1972 году. В 1990–1991 годах было выработано 75 % крестьянского масла от общего объема производства сливочного масла в РФ, в 1992 году – 92 % от общего объема производства.

Развитию отечественного маслоделия способствовали высокий уровень отраслевой науки и техники, подготовка научных кадров во всех республиках.

*Пятый период (после 1991 года)* связан с проведением правительством РФ реформ, направленных на возрождение рыночных отношений в стране. Маслодельная промышленность на территории бывшего СССР, в связи с его распадом, замкнулась в рамках Российской Федерации. В результате проведения реформ состояние маслодельной промышленности резко ухудшилось: уменьшился объем производства масла и сократился его ассортимент, прекратилась концентрация производства.



Объем производства животного масла в стране (РФ) в 1996 г. по сравнению с 1990 г. снизился более чем в 2 раза, увеличилось количество предприятий при одновременном уменьшении их мощности, в том числе фермерского производства масла.

## 1.2. Виды масла. Классификация

**Сливочное масло.** Это продукт, состоящий преимущественно из молочного жира, обладающий специфическими свойственными ему вкусом, запахом, пластичной консистенцией (при температуре 10–12 °С), представляет собой сложную структурированную эмульго-суспензию, состоящую из двух фаз, – жир/плазма. Оно может содержать вкусовые и ароматические вещества. Сливочное масло принято классифицировать в зависимости от химического состава и особенностей вкуса и запаха, определяющих характерные видовые показатели продукта.

Могут быть использованы и другие показатели для классификации, например особенности технологии производства масла, структурно-механические характеристики масла и др.

Сливочное масло должно содержать не менее 50 % жира. Остальные продукты, сходные со сливочным маслом, содержащие менее 50 % жира, являются аналогами. Для получения аналогов масла надо обязательно пользоваться стабилизаторами структуры.

Продуктам, аналогичным сливочному маслу, присваивают различные наименования. За рубежом их называют пастами. К таким продуктам относятся предложенные ВНИИМС масляны, получившие название от сочетания слов масло, сметана, с массовой долей жира 40–50 % и молочных белков – 6–12 %. Эта новая группа белково-жировых продуктов используется в натуральном виде для приготовления бутербродов и других целей.

В отдельную группу выделяют виды сливочного масла и их аналоги, полученные путем тепловой и механической обработки сливочного масла и высокожирных сливок, фасованные в металлическую тару и предназначенные для длительного хранения: плавленое, полученное из высокосортного сливочного масла по методу М.М. Казанского; стерилизованное, полученное из высокожирных сливок по методу М.И. Горяева, Г.В. Твердохлеб и В.Ф. Чапцева; каймак – стерилизованный продукт со структурой масла, выработанный из смеси

высокожирных сливок, сухого обезжиренного молока (пахты) с добавлением сахарозы и вкусовых наполнителей (кофе, какао).

В зависимости от исходного сырья выделяют следующие виды сливочного масла:

– масло сливочное коровье, выработанное из сливок, полученных от молока коров;

– масло сливочное буйволиное, выработанное из сливок, полученных из молока буйволиц;

– масло сливочное подсырное, станичное, выработанное из сливок, полученных из подсырной и творожной сыворотки. Может быть сладкосливочным и кислосливочным, соленым и несоленым и использоваться как сырье для получения молочного жира;

– масло сливочное восстановленное (регенерированное), полученное эмульгированием молочного жира с плазмой молока и последующей механической обработкой;

– масло сливочное целинное, выработанное из смеси топленого масла и молочной плазмы (пастеризованные сливки или молоко, подвергнутые специальной температурной обработке).

*Виды масла.* В соответствии с ГОСТ Р 52969–2008 «Масло сливочное», его изготавливают в следующем ассортименте:

– сладкосливочное и кислосливочное, несоленое и соленое Традиционное;

– сладкосливочное и кислосливочное, несоленое и соленое Любительское;

– сладкосливочное и кислосливочное, несоленое и соленое Крестьянское;

– сладкосливочное и кислосливочное, несоленое Бутербродное;

– сладкосливочное и кислосливочное, несоленое Чайное.

Традиционное – сладкосливочное и кислосливочное несоленое: массовая доля жира – не менее 82,5 %, массовая доля влаги – не более 16 %; для соленого массовая доля влаги – не более 15 %, соли – не более 1%.

Любительское – сладкосливочное и кислосливочное несоленое: массовая доля жира – не менее 80,0 %; массовая доля влаги – не более 18 %; для соленого массовая доля влаги – не более 17 %, соли – не более 1 %.

Крестьянское – сладкосливочное и кислосливочное несоленое: массовая доля жира – не менее 72,5 %; массовая доля влаги – не более 25 %; для соленого массовая доля влаги – не более 24 %, соли – не более 1 %.

Бутербродное – сладкосливочное и кислосливочное несоленое: массовая доля жира – не менее 62,5 %, массовая доля влаги – не более 35 %.

Чайное – сладкосливочное и кислосливочное несоленое: массовая доля жира – не менее 50,0 %, массовая доля влаги – не более 45,5 %.

Кислотность жировой фазы сливочного масла должна быть не более 4,0 °К. Титруемая кислотность плазмы для сладкосливочного масла не более 26,0 °Т, для кислосливочного – не более 65,0 °Т.

В соответствии с ГОСТ Р 52970–2008 «Масло сливочное с наполнителями», его изготавливают в следующем ассортименте:

Шоколадное, с массовой долей жира 62,0 %.

Медовое, с массовой долей жира 52,0 и 57,0 %.

Десертное, с массовой долей жира 62,0 % с какао, кофе, цикорием; с молочно-белковыми добавками или без них; фруктово-ягодное.

Закусочное, с массовой долей жира 55,0 и 62,0 % с овощами, зеленью, смесью овощей и зелени.

Деликатесное, с массовой долей жира 55,0 и 62,0 % с море- или рыбопродуктами, мясопродуктами, сыром, грибами.

В соответствии с ГОСТ Р 52971–2008 «Масло топленое и жир молочный» масло топленое – продукт с массовой долей жира 99,0 %, влаги 1,0 %, изготавливают вытапливанием жировой фазы из сливочного масла, подсырного масла, масла-сырца, сборного топленого масла и пластических сливок.

Молочный жир – продукт с массовой долей жира 99,8 %, влаги 0,2 % изготавливают из молока и/или молочных продуктов удалением молочной плазмы. Кислотность жировой фазы масла топленого и молочного жира – не более 4,0 °К.

Согласно требованиям Федерального закона от 12.06.2008 № 88-ФЗ (Технический регламент на молоко и молочную продукцию), масло из коровьего молока – молочный продукт или молочный составной продукт на эмульсионной жировой основе, преобладающей составной частью которой является молочный жир, которые произведены из коровьего молока, молочных продуктов и (или) побочных продуктов переработки молока путем отделения от них жировой фазы

и равномерного распределения в ней молочной плазмы с добавлением немолочных компонентов или без их добавления без замены составных частей молока:

1) сливочное масло – масло из коровьего молока, массовая доля жира в котором составляет от 50 до 85 % включительно;

2) сладкосливочное масло – сливочное масло, произведенное из пастеризованных сливок;

3) кислосливочное масло – сливочное масло, произведенное из пастеризованных сливок с использованием молочнокислых микроорганизмов;

4) сливочное подсырное масло – сливочное масло, произведенное из сливок, получаемых при производстве сыра;

5) топленое масло – масло из коровьего молока, массовая доля жира в котором составляет не менее чем 99 %, которое произведено из сливочного масла путем вытапливания жировой фазы и имеет специфические органолептические свойства;

б) масляная паста – молочный продукт или молочный составной продукт на эмульсионной жировой основе, массовая доля жира в которых составляет от 39 до 49 % включительно и которые произведены из коровьего молока, молочных продуктов и (или) побочных продуктов переработки молока путем использования стабилизаторов с добавлением не в целях замены составных частей молока немолочных компонентов или без их добавления;

7) сладкосливочная масляная паста – масляная паста, произведенная из пастеризованных сливок;

8) кислосливочная масляная паста – масляная паста, произведенная из пастеризованных сливок с использованием молочнокислых микроорганизмов;

9) подсырная масляная паста – масляная паста, произведенная из сливок, получаемых при производстве сыра;

10) молочный жир – молочный продукт, массовая доля жира в котором составляет не менее чем 99,8 %, который имеет нейтральные вкус и запах и производится из молока и (или) молочных продуктов путем удаления молочной плазмы.

### **1.3. Методы производства сливочного масла**

Существуют два основных метода производства сливочного масла: сбивание сливок в маслоизготовителях периодического

и непрерывного действия и преобразование высокожирных сливок, предложенное В.А. Мелешиним.

При выработке масла методом сбивания сливок концентрирование жира молока до желаемого его содержания в масле достигается путем сепарирования молока при получении масляного зерна из физически созревших сливок.

Производство масла методом преобразования высокожирных сливок заключается в том, что желаемое содержание жира в сливочном масле достигается путем двукратного сепарирования молока. В результате сепарирования получают высокожирные сливки, которые подвергаются термомеханическому воздействию в специальных аппаратах непрерывного действия с последующим термостатированием свежеработанного масла в покое.

Для термомеханической обработки высокожирных сливок применяют цилиндрические пластинчатые маслообразователи или вакууммаслообразователи. В цилиндрическом и пластинчатом маслообразователе высокожирные сливки в тонком слое охлаждаются, перемешиваются и постепенно преобразуются в масло, которое в жидком состоянии вытекает непрерывной струей в ящик, где быстро затвердевает.

В вакууммаслообразователе высокожирные сливки распыляют в камере с глубоким вакуумом. При моментальном самоиспарении капли сливок быстро охлаждаются и преобразуются в масляное зерно, которое в маслообработнике формируется в пласт масла. Кроме того, используют маслообразователи с вакуумным охлаждением высокожирных сливок в атмосфере азота в распыленном состоянии с последующей механической обработкой.

Метод производства масла преобразованием высокожирных сливок при использовании вакууммаслообразователя именуют методом вакууммаслообразования. В вакууммаслообразователе охлаждение высокожирных сливок в распыленном состоянии и механическая обработка полученного масляного зерна протекают последовательно, в то время как в цилиндрическом и пластинчатом маслообразователе охлаждение и механическая обработка высокожирных сливок осуществляются параллельно.

При выработке сливочного масла в молоке, сливках, молочном жире протекают сложные физико-химические процессы, составляющие основу технологии сливочного масла.

Технологический процесс выработки сливочного масла методом сбивания сливок состоит из следующих технологических операций, выполняемых последовательно: приемка и сортировка молока на заводе; подогревание; сепарирование молока; тепловая и вакуумная обработка сливок; резервирование и физическое созревание сливок; биохимическое сквашивание сливок при производстве кисломолочного масла; сбивание сливок, промывка и посолка масляного зерна – при необходимости; механическая обработка масляного зерна и пласта масла; фасовка и упаковка; хранение на заводе.

Технологический процесс выработки масла методом преобразования высокожирных сливок, аналогичен технологическому процессу выработки сливочного масла методом сбивания сливок включая тепловую и вакуумную обработку сливок; следующие технологические операции, выполняются в указанной ниже последовательности: сепарирование сливок, нормализация состава высокожирных сливок, расчет и внесение бактериальных заквасок и поваренной соли при выработке кисломолочного и соленого масла, термомеханическая обработка высокожирных сливок, фасовка и упаковка масла, термостатирование масла в таре, хранение масла на заводе.

Процесс производства сладкосливочного масла способом сбивания сливок и преобразования высокожирных сливок можно представить в виде операционно-технологической схемы (рис. 1.1).

В основе технологии сливочного масла, независимо от метода производства, лежит концентрирование жира в плазме молока до его содержания в сливочном масле, частичное отвердевание молочного жира в пределах, необходимых для получения масла желаемой консистенции, формирование структуры и консистенции сливочного масла. Благодаря способности молочного жира к отвердеванию, осуществляемому под влиянием температурного воздействия, возможна выработка сливочного масла из молока.

Изменение метода и режимов охлаждения сливок предопределяет характер фазовых изменений жира и структурно-механические свойства получаемого масла.

С учетом этого температурный фактор служит отличительной особенностью метода производства. Так, при выработке масла преобразованием высокожирных сливок все подготовительные операции, вплоть до маслообразования, осуществляются при температуре 60–95 °С, и только на конечной стадии процесса высоко-

жирные сливки охлаждаются до температуры массовой кристаллизации глицеридов (12–15 °С).



Рис. 1.1. Операционно-технологическая схема производства сладкосливочного масла

При производстве масла сбиванием сливок все технологические операции, за исключением пастеризации, осуществляются при температуре 5–20 °С.

Получение сливочного масла происходит ступенчато при различных температурах и различном агрегатном состоянии жира: сначала при жидком состоянии жира во время сепарирования молока при температуре 35–40 °С, затем при частично отвердевшем жире во время сбивания сливок и механической обработки масляного зерна и пласта масла при температуре 7–17 °С.

При производстве масла методом преобразования высокожирных сливок содержание жира увеличивают в жидком состоянии дважды: при температуре 35–40 °С во время сепарирования молока и 60–90 °С при получении высокожирных сливок.

При производстве масла методом сбивания сливок отвердевание жира до желаемой степени осуществляется во время охлаждения и физического созревания сливок однократной длительной выдержкой в покое при постоянной температуре в пределах 4–14 °С.

При производстве масла методом преобразования высокожирных сливок отвердевание жира происходит во время кратковременной термомеханической обработки высокожирных сливок в маслообразователе при одновременном формировании первичной структуры масла при температуре в пределах 12–23 °С.

В маслообразователе отвердевание жира не заканчивается, оно продолжается во время термостатирования масла, упакованного в тару. Термостатирование масла в таре заменяет собой физическое созревание сливок, осуществление которого невозможно при выработке масла из высокожирных сливок.

Термостатирование масла в таре может быть названо физическим созреванием масла при совместном протекании двух физико-химических процессов: отвердевания жира, формирования вторичной структуры и консистенции сливочного масла.

При выработке масла методом сбивания сливок формирование структуры и консистенции сливочного масла осуществляется при механической обработке масляного зерна и пласта масла при температуре в пределах 11–17 °С; при выработке масла методом преобразования высокожирных сливок – ступенчато: сначала во время термомеханической обработки высокожирных сливок при температуре 12–23 °С (первичная структура), затем во время термостатирова-



ния масла, упакованного в тару, в состоянии покоя (вторичная структура).

В зависимости от метода производства масла применяют различные способы регулирования содержания влаги в масле. При выработке масла методом сбивания сливок регулирование содержания влаги в масле осуществляется во время механической обработки, а при производстве масла методом преобразования высокожирных сливок – в процессе нормализации, до начала термомеханической обработки высокожирных сливок в маслообразователе.

#### **1.4. Преимущества и недостатки различных методов производства сливочного масла**

*Преимущества.* При производстве масла методом сбивания сливок в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия достигается хорошая термоустойчивость масла, а также хорошая намазываемость. Использование маслоизготовителей непрерывного действия обеспечивает высокую механизацию производственных процессов.

При производстве масла методом преобразования высокожирных сливок достигаются: высокая степень дисперсности влаги (1–3 мкм), низкая бактериальная обсемененность, высокая стойкость масла, пониженное содержание газовой фазы в масле, кратковременность производственного цикла (1–1,5 ч), экономное использование производственной площади. Создание этого метода стало толчком для разработки ресурсосберегающих технологий и новых видов сливочного масла с наполнителями и регулируемым жирно-кислотным составом. Внедрение метода стимулирует повышение качества сырья, поступающего на завод, в связи с невозможностью переработки сливок с повышенной кислотностью.

*Недостатки.* При производстве масла методом сбивания сливок в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия достигаются: менее высокая степень дисперсности влаги, повышенная обсемененность масла микрофлорой; при сбивании сливок в маслоизготовителе непрерывного действия – неравномерный состав и качество масла одной выработки, повышенное содержание воздуха в масле, в результате чего возможно частое появление порока рыхлой консистенции. К недостаткам метода относятся повышенная длительность производственного процесса, сравнительно высокий отход

жира в пахту (до 1 %) при сбивании сливок в маслоизготовителях непрерывного действия.

При производстве масла методом преобразования высокожирных сливок возможно частичное возникновение пороков консистенции масла при нарушении режимов термомеханической обработки высокожирных сливок в маслообразователе (низкая термоустойчивость). Плазма масла, выработанного этим методом, содержит повышенное количество диспергированного жира; белки плазмы неудовлетворительно отделяются при перетопке; свободный жидкий жир выделяется в количестве 5,5–12 %.

## **1.5. Молоко и сливки как сырье для производства сливочного масла**

*Молоко.* Молоко содержит животный жир и молочную плазму, входящие в состав всех видов сливочного масла. Массовая доля жира в молоке коров колеблется в широких пределах: от 2,8 до 5 %. С увеличением содержания жира в молоке увеличиваются выход масла и степень использования жира, при этом уменьшается количество получаемых обезжиренного молока и пахты, содержащих жир, неиспользованный для производства масла.

При массовой доле жира в молоке 3,5 % расходуется 24,4 т молока на 1 т масла несоленого традиционного химического состава, степень использования жира составляет 96,83 %, при повышении жирности молока до 4,5 % расход молока соответственно уменьшается до 18,91 т, и степень использования жира повышается до 97,18 %.

Для производства масла большое значение имеют дисперсность и химический состав молочного жира. С увеличением дисперсности жира выход масла понижается в связи с тем, что мелкие жировые шарики размером до 1 мкм остаются преимущественно в обезжиренном молоке и пахте. Процесс образования масляного зерна ускоряется при сбивании сливок, содержащих крупные жировые шарики. Средний размер жировых шариков составляет 3,5 мкм. Размер жировых шариков зависит от многих факторов: породы коров, рациона их кормления, периода лактации, режима доения, сезона года.

От химического состава молочного жира зависят биологическая ценность, товарные свойства и сохраняемость масла, а также в значительной степени – технологические режимы его производства.

Молочный жир представляет собой раствор («расплав») высокоплавких триглицеридов в более низкоплавких триглицеридах, содержащих насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты.

В молочном жире преобладают насыщенные жирные кислоты (58–77 %), среди них – пальмитиновая, стеариновая, миристиновая; среди ненасыщенных жирных кислот преобладает олеиновая. В зависимости от соотношения между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами, входящими в состав триглицеридов, последние приобретают различные физические свойства (температуру плавления, отвердевания и др.). Если в триглицеридах, входящих в состав молочного жира, преобладают высокоплавкие насыщенные жирные кислоты, то температура плавления молочного жира повышается, а если преобладают ненасыщенные и низкомолекулярные насыщенные жирные кислоты, то она понижается.

Молочный жир молока, полученный от коров разных пород в различные периоды лактации и сезона года, содержит различное количество насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

Содержание основных жирных насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в молочном жире сливочного масла, выработанного в Калининской области (по данным Атраментовой, Уманского, Пановой), представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Содержание основных жирных насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в молочном жире**

Кислота	Температура плавления, °С	Массовая доля, %, в зависимости от времени года	
		Лето	Зима
<b>Насыщенные:</b>			
масляная	–7,9	5,0	4,0
капроновая	–3,4	5,0	4,0
каприловая	16,7	1,8	0,3
каприновая	31,6	2,3	0,9
лауриновая	44,2	5,8	2,2
миристиновая	53,9	8,0	12,6
пальмитиновая	62,9	30,5	28,5
стеариновая	69,6	5,8	7,6
Другие кислоты		4,7	9,3
Всего		63,9	65,4

Кислота	Температура плавления, °С	Массовая доля, %, в зависимости от времени года	
		Лето	Зима
<b>Ненасыщенные:</b>			
олеиновая	13,4	31,1	27,4
линолевая	-5,0	0,1	2,0
Другие кислоты		4,9	5,2
Всего		36,1	34,6

Как видно из табл 1.1, в молочном жире наблюдаются сезонные колебания жирнокислотного состава, преимущественно в содержании миристиновой, стеариновой, пальмитиновой, олеиновой и линолевой кислот.

Зимой в молочном жире содержится больше, чем летом, насыщенных жирных кислот, в том числе миристиновой жирной кислоты, а летом больше, чем зимой, – олеиновой. Содержание в молочном жире насыщенных стеариновой и пальмитиновой жирных кислот зимой может быть больше или меньше в зависимости от условий кормления дойных коров.

От сезонных колебаний жирнокислотного состава триглицеридов молочного жира зависят содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в отвердевшем жире и консистенция масла.

При отдельно-групповой кристаллизации триглицеридов молочного жира зимой в отвердевшем жире преобладают высокоплавкие группы смешанных кристаллов триглицеридов с температурой плавления 27–36 °С, консистенция масла становится менее пластичной.

Летом в отвердевшем молочном жире преобладают низкоплавкие группы смешанных кристаллов с температурой плавления 15–25 °С, образовавшиеся в результате отдельно-групповой кристаллизации триглицеридов, богатые низкомолекулярными и ненасыщенными жирными кислотами, в том числе олеиновой, вследствие чего консистенция масла становится более пластичной.

При массовой доле олеиновой кислоты в молочном жире 40 % и выше весьма затруднительно получить масло с хорошей консистенцией, масло имеет мажущуюся консистенцию.

При включении в состав жира смешанных кристаллов, образующихся во время отдельно-групповой кристаллизации триглицеридов,

содержащих стеариновую и пальмитиновую жирные кислоты, повышается температура плавления кристаллов, консистенция масла становится менее пластичной.

В зависимости от содержания ненасыщенных жирных кислот йодное число молочного жира может увеличиваться или снижаться. Общая характеристика молочного жира по данным Л.В. Терещук представлена в табл. 1.2.

Йодное число молочного жира может колебаться в пределах 25–45; увеличивается летом, снижается зимой. С учетом сезонных колебаний йодного числа технологические режимы производства масла предусматривают отдельно для весенне-летнего периода года, когда йодное число молочного жира 39 и выше, и для осенне-зимнего периода при йодном числе молочного жира ниже 39.

Число Рейхерта–Мейссля характеризуется содержанием низкомолекулярных жирных кислот (масляной и капроновой). Условная величина, выражаемая в количестве мг децинормального едкого калия, необходимого для нейтрализации растворенных в воде жирных кислот, выделенных из 5 г жира.

Таблица 1.2

**Общая характеристика молочного жира**

Показатель	Значение
Плотность при 15 °С, г/см	0,930±0,40
Показатели преломления при 40 °С	1,4550±0,0020
Температура, °С:	
плавления	32,0±5,0
застывания	20,0±5,0
Твердость при 15 °С, г/см	130,0±20,5
Вязкость, Па·с·10 <sup>-3</sup> :	
при 20 °С	70,0±0,
при 100 °С	6,0±0,2
Число омыления, мг КОЕ/г	224,0±6,0
Йодное число, г J <sub>2</sub> /100г	35,0±10,0
Число Рейхерта–Мейссля	26,0±6,0
Число Поленске	3,5±1,0

При увеличении количества масляной и капроновой кислот число Рейхерта–Мейссля увеличивается.

Число Поленске характеризует количество низкомолекулярных летучих жирных кислот (каприловая, капроновая). Чем больше в молочном жире низкомолекулярных жирных кислот, тем выше число омыления, йодное число и число рефракций.

Сезонные колебания жирнокислотного состава молочного жира связаны с условиями кормления дойных коров.

Особенно заметное изменение состава и свойств молока и молочного жира наблюдается при переходе от пастбищного их содержания к стойловому и наоборот, при замене одних кормов другими, даже при сбалансированном рационе. В данном случае проявляется специфическое влияние на состав жира отдельных кормов, связанное с их химическим составом.

Корма также оказывают влияние на качество и стойкость сливочного масла. Корма в зависимости от их влияния на химический состав молочного жира, качество и стойкость сливочного масла делят на три группы.

*К первой группе* относятся корма, которые повышают содержание летучих и ненасыщенных жирных кислот в молочном жире, при этом в нем понижается температура плавления и отвердевания. Йодное число может достигнуть значения выше 35. Масло получается мягкой консистенции с низкой термоустойчивостью; регулирование содержания влаги в масле затруднительно. В то же время масло вырабатывается с более полными, выраженными вкусом и ароматом.

К первой группе кормов относят большинство жмыхов, силос, жом, барду, зеленую рожь, а также зеленую траву, которая в большом количестве поедается дойными коровами летом, поэтому в этот период года масло имеет более мягкую консистенцию.

*Ко второй группе* относятся корма, при скормливании которых в жире понижается содержание ненасыщенных и летучих жирных кислот, прежде всего содержание олеиновой кислоты; при этом повышается температура плавления и отвердевания молочного жира. Значение йодного числа уменьшается. Масло получается излишне твердым, со слабо выраженным ароматом, с невысокой термоустойчивостью, склонно к засаливанию и пониженному содержанию влаги, регулирование содержания влаги в масле затрудняется.

К этой группе относятся корма, богатые углеводами: картофель, овес, ячмень, солома, сено бобовых трав, викоовсяная смесь, ржаные отруби. Многие из этих кормов входят в состав рационов дойных коров в стойловый период, поэтому зимой масло имеет более твердую консистенцию.

При вскармливании коров картофелем, клеверным сеном, овсянкой и жмыхом качество масла улучшается. Кроме того, замечено, что при вскармливании картофелем, включенным в рацион в качестве единственного сочного корма, получается масло высокого качества, при скармливании коровам больших количеств свеклы и свекольной ботвы – масло с более твердой консистенцией.

*К третьей группе* относятся корма, обеспечивающие получение масла с хорошей консистенцией: злаковое сено, большинство корнеплодов, соевый и хлопчатниковые жмыхи, подсолнечный шрот, высушенная картофельная барда.

Зеленый корм, состоящий из смеси бобово-злаковых трав (вика с овсом, клевер с тимофеевкой), оказывает положительное влияние на качество масла и его стойкость. Масло получается с хорошо выраженными вкусом и ароматом, нормальной консистенции.

Молоко является ценным сырьем как источник обогащения сливочного масла биологически активными эссенциальными жирными кислотами (линолевой, линоленовой и др.). Эти кислоты участвуют в клеточном обмене веществ, обеспечивают синтез арахидоновой кислоты, составляющей основу клеточных и субклеточных мембран.

Полиненасыщенные жирные кислоты оказывают нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов, повышают их эластичность, обладают антисклеротическим действием. Биологическая ценность молочного жира снижается из-за малого содержания в нем линолевой и линоленовой жирных кислот.

Для биологической оценки молочного жира предложено использовать эталонный жир.

Институтом питания РАМН совместно с ВНИИМС разработаны показатели эталонного жира, приведенные в табл. 1.3.

Содержание жирных кислот указано в относительных единицах. Приведенные соотношения между липидными фракциями существенно зависят от целевого назначения разрабатываемой жировой композиции и могут изменяться в определенном диапазоне.

## Показатели эталонного жира

Показатель	Значение
Насыщенные кислоты	0,38–0,47
Ненасыщенные кислоты:	0,53–0,62
олеиновая	0,28–0,32
линолея	0,07–0,12
линоленовая	0,005–0,01
Низкомолекулярные кислоты	0,1–0,12
Транс-изомеры	Не более 0,16

Для диетического питания людей с нарушениями жирового обмена и больных атеросклерозом пищевой жир должен содержать 20–30 % линолевой, 40–60 % олеиновой и не более 30 % насыщенных жирных кислот.

**Сливки.** Сливки представляют собой часть плазмы молока с различным содержанием диспергированного молочного жира, выделенного из молока путем отстаивания или сепарирования.

Сливки – это жировая дисперсия, обладающая характерными свойствами дисперсной системы: вязкостью, поверхностным натяжением, высокой агрегативной устойчивостью и кинетической неустойчивостью.

Под агрегативной устойчивостью дисперсии понимают способность дисперсных частиц длительное время сохранять раздельное существование (применительно к жировым шарикам). Причиной кинетической неустойчивости дисперсии молочного жира является способность жировых шариков всплывать вследствие различия плотности между жировым шариком и средой и образовывать слой с повышенным содержанием жира.

В зависимости от содержания жира в сливках различают сливки средней, повышенной жирности и высокожирные сливки.

Химический состав сливок различной жирности представлен в табл. 1.4.



**Химический состав сливок**

Показатель	Разновидность сливок		
	Средней жирности	Повышенной жирности	Высокожирные
Массовая доля, %:			
жира	35,0±5,0	50,0+5,0	70,0+5,0
воды	58,06+8,1	45,1+4,5	27,2+2,0
СОМО, в том числе:	6,94±0,9	4,9+0,5	2,8+0,5
белков	2,3+0,3	1,64+0,15	1,2+0,1
лактозы	3,6+0,1	2,7+0,1	1,0+0,1
зола	0,35±0,01	0,26+0,01	0,15+0,1
Фосфолипиды, мг%	206,5±5,0	185,0+5,0	135,0+3,0
Холестерин, мг%	104,6±5,0	120,0+5,0	180,0+5,0

Основным компонентом сливок является жир, липидный состав которого представлен широким диапазоном разнокислотных глицеридов, фосфолипидов, свободных жирных кислот, стеринами, жирорастворимыми витаминами и другими сопутствующими веществами. До настоящего времени отсутствует строгая классификация липидов.

В сливках средней и повышенной жирности жировые шарики при равномерном распределении их в объеме не соприкасаются друг с другом; оболочки жировых шариков с гидратным слоем занимают только часть объема плазмы.

Массовая доля жира в сливках 61,5–64,5 % считается граничной областью концентрации жира для сливок с различными размерами жировых шариков, ниже которой дисперсия молочного жира является устойчивой. При массовой доле жира в сливках от 61,5 до 64,5 % устойчивость дисперсии жира снижается вследствие частичного разрушения оболочки жировых шариков при сепарировании сливок.

Высокожирные сливки – это структурированная дисперсия молочного жира. В зависимости от степени устойчивости жировой дисперсии различают высокожирные сливки с низкой и повышенной устойчивостью. К высокожирным сливкам с повышенной агрегативной устойчивостью относятся сливки с массовой долей жира от 61,5 до 74 %. В этих сливках только часть жировых шариков находится в постоянном контакте друг с другом при их равномерном рас-

пределении в объеме. Мелкие жировые шарики расположены между крупными.

К высокожирным сливкам с низкой агрегативной устойчивостью относятся сливки с массовой долей жира выше 74 %. В высокожирных сливках с низкой устойчивостью жировой дисперсии все жировые шарики соприкасаются друг с другом со всех сторон, испытывают взаимное давление, находятся в деформированном состоянии, а их оболочки – в растянутом, что приводит к резкому снижению стабилизирующей способности оболочки; плазма состоит только из оболочек жировых шариков вместе с гидратным слоем; процесс преобразования структуры высокожирных сливок с низкой устойчивостью в структуру масла протекает быстрее.

Агрегативная устойчивость дисперсии молочного жира обусловлена наличием оболочки на поверхности жировых шариков, обладающей, согласно теории устойчивости эмульсий, основанной и развитой П.А. Ребиндером, высокой вязкостью и механической прочностью. Пространственная структура оболочки сложная, чем и объясняется ее высокая стабилизирующая способность.

Стабилизирующая способность оболочки жирового шарика связана также с ее гидрофобными свойствами и образованием двойного электрического слоя на поверхности. Толщина оболочки составляет 50–70 нм. Стабилизирующая способность оболочки жировых шариков зависит от многих факторов, среди которых имеет большое значение агрегативное состояние жира.

При жидком состоянии жира стабилизирующая способность оболочки сохраняется при ненарушенной и частично нарушенной структуре оболочки в сливках с низким и высоким содержанием жира. Поэтому при жидком состоянии жира сливки относятся к стабилизированным эмульсиям.

При жидком состоянии жира высокожирные сливки приобретают способность после добавления плазмы восстанавливаться в сливки с меньшим содержанием жира. При жидком состоянии жира в высокожирных сливках оболочка частично теряет свою стабилизирующую способность по мере увеличения содержания жира в них в результате частичного разрушения структуры оболочки и гидратного слоя вокруг оболочки.

При получении сливок с массовой долей жира 91–95 % оболочка полностью теряет стабилизирующую способность, прослойка

плазмы между жировыми шариками достигает критической толщины, и жировая дисперсия разрушается. Толщина гидратного слоя оболочки 30 нм.

При частичном отвердевании жира при охлаждении, хранении, замораживании стабилизирующая способность оболочки нарушается, сливки теряют агрегативную устойчивость (жировые шарики при столкновении могут агрегироваться). Однако стабилизирующая способность оболочки восстанавливается после расплавления частично отвердевшего жира, если массовая доля жира в сливках ниже 61 %.

В высокожирных сливках стабилизирующая способность оболочки после расплавления частично отвердевшего жира не восстанавливается. Поэтому после охлаждения высокожирных сливок до температуры 20 °С, при которой начинается кристаллизация триглицеридов, при добавлении плазмы они теряют способность восстанавливаться. На это явление впервые указал М.И. Горяев (эффект Горяева).

Стабилизирующая способность оболочки повышается, если к высокожирным сливкам добавлять с целью восстановления не плазму, а сливки с более низким содержанием жира. Снижение стабилизирующей способности оболочки наблюдается в пограничном слое при контакте оболочки с воздухом и жидким жиром, что приводит при нагревании частично отвердевшего жира до температур плавления к вытапливанию жира и к выделению жидкого жира в результате частичной коалесценции жировых шариков.

По количеству выделившегося жидкого жира судят о степени дестабилизации жировой дисперсии. На стабилизирующую способность оболочки жирового шарика оказывает влияние рН молочной плазмы.

Нативная оболочка жирового шарика с ненарушенным поверхностным слоем является стабильной в области рН выше 8. Максимальная устойчивость оболочки с нарушенным поверхностным слоем находится в щелочной области (рН выше 7). В щелочной области при повышении массовой доли жира в сливках выше 60 % степень дестабилизации дисперсии увеличивается с повышением рН плазмы.

В кислой области (рН ниже 6) степень дестабилизации жировой дисперсии увеличивается по мере понижения рН плазмы в сливках с массовой долей жира 60 %. Изоэлектрическая точка для оболочного протеина находится в области рН 4,1–4,5.

Снижение стабилизирующей способности оболочки жирового шарика сопровождается переходом части веществ липопротеинового комплекса с поверхности жирового шарика в молочную плазму, вследствие чего уменьшается их содержание в масле.

Снижение стабилизирующей способности оболочки является одним из важных процессов во время подготовки сливок к сбиванию и имеет большое значение для маслообразования при сбивании сливок и термомеханической обработке высокожирных сливок в маслообразователе.

Физико-химические свойства сливок (кинетическая неустойчивость и агрегативная устойчивость) имеют важное значение в маслоделии. Способность жировых шариков всплывать используется для получения сливок методом отстоя и методом сепарирования. При сепарировании движение жировых шариков многократно ускоряется под воздействием центробежной силы. Процесс всплывания жировых шариков протекает в соответствии с законом Стокса и закономерностями ортокинетической коагуляции.

Агрегативная устойчивость жировой дисперсии при производстве масла должна быть нарушена. Для нарушения (дестабилизации жировой дисперсии) необходимо удаление оболочки жирового шарика или разрушение ее структуры.

Важным фактором, влияющим на агрегативную устойчивость сливок, является механическое воздействие.

Для процесса маслообразования имеет значение размер жировых шариков.

При сепарировании молока наиболее мелкие жировые шарики (размером менее 1 мкм) переходят в обезжиренное молоко, а более крупные – в сливки. Поэтому средний размер жировых шариков в сливках возрастает. При увеличении размеров жировых шариков процесс маслообразования ускоряется, и увеличивается степень использования жира.

При выработке масла применяются сливки различной жирности. При производстве вологодского масла используются сливки с массовой долей жира от 25 до 37 %, при выработке сладкосливочного масла методом преобразования высокожирных сливок и сбивания сливок в маслоизготовителях периодического действия применяются сливки с массовой долей жира от 32 до 37 %.

В маслоизготовителях непрерывного действия отечественного производства используют сливки с массовой долей жира от 36 до 42 %; в маслоизготовителях зарубежного производства – от 42 до 55 %.

При выработке масла крестьянского бутербродного рекомендуется использовать сливки с повышенным содержанием жира с целью увеличения производительности оборудования.

При производстве кисломолочного масла в сливки вносят закваску, приготовленную на обезжиренном или цельном молоке, что приводит к снижению содержанию жира в сливках. Поэтому рекомендуется при производстве кисло-сливочного масла методом сбивания сливок использовать сливки повышенной жирности (35–38 %).

При выработке масла с наполнителями и шоколадного используются сливки с массовой долей жира  $34 \pm 2$  %, сгущенные сливки – 56–57 %.

## 1.6. Пороки молока

Свежевыдоенное молоко при неблагоприятных условиях получения, обработки и хранения приобретает пороки консистенции, цвета, вкуса и запаха. В зависимости от причин возникновения их подразделяют на пороки кормового, технического, бактериального, физико-химического происхождения.

*Пороки кормового происхождения* возникают при поедании животными растений со специфическими запахом и вкусом, а также при адсорбировании молоком запахов корма при несоблюдении санитарно-гигиенических условий доения.

Через пищеварительный тракт коровы из корма в молоко передаются горькие эфирные вещества. Горький вкус молока вызывается полынью, лютиками, пижмой, заячьей капустой, а также горохом, бобами, брюквой при поедании их коровами в больших количествах. Дикие лук и чеснок, которые коровы поедают весной на заливных лугах, вызывают сильный чесночно-луковый запах молока, делающий его непригодным к употреблению. Запахи силоса, репы адсорбируются при доении, они ослабляются и полностью исчезают при аэрации и дезодорации.

Для предупреждения появления в молоке пороков кормового происхождения необходимо осуществлять мероприятия по улучшению кормовой базы ферм, улучшению пастбищ, правильному подбо-

ру кормовых рационов, скармливанию пахучих кормов (например, силоса, репы) не позднее чем за два часа до дойки, соблюдению чистоты и регулярному проветриванию скотного двора.

*Пороки технического происхождения* чаще всего связаны с механическими загрязнениями, попаданием в молоко частиц корма, волос животных, комочков грунта и пр. Молоко с повышенной механической загрязненностью нередко содержит патогенную микрофлору.

Металлический привкус молока возникает при использовании плохо луженой или пораженной ржавчиной посуды. Выработанные из такого молока продукты обладают металлическим вкусом и быстро портятся.

Необходимо строго контролировать и содержать в хорошем состоянии все металлические предметы, имеющие контакт с молоком.

Посторонние привкусы и запахи молоко приобретает из окружающей среды, так как быстро и легко адсорбирует различные ароматические вещества, поэтому недопустимо хранить и перевозить молоко с материалами и продуктами, обладающими сильным запахом (рыба, мясо, нефтепродукты, лук и др.).

Затхлые, нечистые вкус и запах появляются в молоке в результате использования плохо промытой и непросушенной посуды, при плохом состоянии скотных помещений и дворов.

Подойники, доильные аппараты, всю посуду и прочее оборудование по окончании работы с ними следует сразу же тщательно вымыть и продезинфицировать, а затем просушить.

Коров надо содержать в чистом, светлом, сухом и хорошо вентилируемом скотном дворе.

*Пороки бактериального происхождения* возникают в результате жизнедеятельности некоторых микроорганизмов, сказываются на вкусе, консистенции и цвете молока.

Скисание молока вызывается развитием молочнокислых бактерий, а также кишечной палочки при температуре выше 10 °С. Горький вкус возникает в результате развития гнилостных бактерий при длительном хранении молока в условиях низких температур. Прогорклый привкус молока – своеобразный, ничего общего не имеющий с горьким вкусом, возникает вследствие развития флуоресцирующих бактерий, вырабатывающих фермент липазу, расщепляющую жир на глицерин и жирные кислоты с образованием альдегидов и кетонов, отличающихся острым вкусом, раздражающих слизистые оболочки

полости рта и кишечника. Флуоресцирующие бактерии развиваются при длительном хранении молока на холоде.

Бродящее молоко – порок, который характеризуется обильным выделением в молоке газов вследствие развития кишечной палочки, дрожжей и маслянокислых бактерий. При сильном загрязнении молока навозной микрофлорой и при низкой температуре хранения бактерии группы кишечной палочки вырабатывают углекислый газ и образуют в молоке нечистый, гнилостный запах.

Тягучее молоко имеет вязкую, иногда слизистую консистенцию, что сопровождается кисловатым и другими привкусами. Тягучесть возникает при попадании в молоко особых видов слизиобразующих рас молочнокислых бактерий, развивается при длительном хранении молока при температуре ниже 10 °С.

Цветные пятна в молоке вызываются пигментными бактериями, образующими колонии синего, красного и оранжевого цвета. Они развиваются при длительном хранении молока с температурой выше 10 °С.

Правильная мойка, своевременное охлаждение, быстрая отправка или переработка молока и систематический ветеринарный надзор за животными устраняют возможность появления этих пороков в молоке.

*Пороки физико-химического происхождения* возникают при отклонениях в составе молока, которые сказываются на его технологических свойствах. Под действием солнечных лучей (ультрафиолетовый спектр), непосредственно попадающих на молоко, у него появляется привкус осалившегося жира.

Под влиянием ультрафиолетовых лучей находящаяся в жире молока олеиновая кислота как непредельная присоединяет к себе один или два гидроксильных остатка (ОН) и переходит в окси- или диоксистеариновую кислоту, издающую запах осалившегося жира. Даже кратковременное, в течение нескольких минут, воздействие солнечных лучей на молоко вызывает этот порок. Поэтому молоко необходимо защищать от воздействия прямых солнечных лучей во время хранения и переработки. Молокохранилище следует располагать окнами на север, а резервуары с молоком необходимо помещать в стороне от окон.

## 1.7. Требования, предъявляемые к качеству молока и сливок

**Молоко.** К молоку, поступающему на предприятия молочной промышленности, предъявляются определенные требования, гарантирующие получение из него доброкачественного масла в пищевом и санитарном отношении.

Молоко должно быть получено от здоровых животных в хозяйствах, благополучных по инфекционным болезням. Согласно ГОСТ Р 52054–2003, действующему в настоящее время, молоко в зависимости от органолептических, физико-химических и микробиологических показателей разделяют по сортам, данные представлены в табл. 1.5, 1.6, 1.7.

Процесс лактации (образования и выделения молока из молочной железы) у коров составляет 305 дней. В нем различают три периода: молозивный (7–10 дней после отела), период выделения нормального или зрелого молока (285–277 дней и период отделения стародойного молока или молока запускного периода (7–15 дней перед окончанием лактации)).

Таблица 1.5

### Органолептические показатели заготавливаемого молока

Показатель	Норма для молока сорта			
	высшего	первого	второго	несортového
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев. Замораживание не допускается			Наличие хлопьев белка, механических примесей
Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку			Выраженный кормовой привкус и запах
		Допускается в зимне-весенний период слабовыраженный кормовой привкус и запах		
Цвет	От белого до светло-кремового			Кремовый, от светло-серого до серого



Таблица 1.6

**Физико-химические показатели заготавливаемого молока**

Показатель	Норма для молока сорта			
	высшего	первого	второго	несортового
Кислотность, °Т	От 16 до 18	От 16 до 18	От 16 до 21	Менее 15 или более 21
Группа чистоты, не ниже	I	I	II	III
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не менее	1028,0	1027,0	1027,0	Менее 1026,9
Температура заморозания, °С*	Не выше минус 0,520			Выше минус 0,520

\* Может использоваться взамен определения плотности молока.

Таблица 1.7

**Микробиологические показатели заготавливаемого молока**

Наименование показателя	Норма для молока сорта		
	высшего	первого	второго
КМАФАнМ, КОЕ / г, не более	$3 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^6$
Масса молока, в которой не допускаются патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, г *	25	25	25
Соматические клетки в 1 см <sup>3</sup> , тыс., не более	$5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$

\* Контроль осуществляют органы Госсанэпиднадзора.

Молозиво и стародойное молоко считают аномальным молоком. В молозиве по сравнению с молоком содержится в 3–5 раз больше белков (60–80 % которых составляют сывороточные белки, главным образом иммуноглобулины), почти в 1,5 раза больше жира и минеральных веществ, но меньше лактозы. Кроме того, в нем содержится больше, чем в обычном молоке, фосфолипидов (в 3–5 раз), каротина, витаминов, макро- и микроэлементов, различных антибактериальных веществ.

В первый день лактации кислотность молока достигает 40–50 °Т, плотность 1037–1040 кг/м<sup>3</sup>. Оно имеет интенсивно желтый или желтовато-бурый цвет, горький или солоноватый вкус, специфический запах, густую, вязкую консистенцию. Вследствие наличия большого количества термолабильных сывороточных белков молозиво свертывается при нагревании.

Стародойное молоко характеризуется повышенным содержанием лейкоцитов, жира, белков, ферментов (липазы и др.), уменьшением содержания минеральных веществ и лактозы, мелкими размерами шариков жира и мицелл казеина. Его кислотность снижается до 14–16 °Т, иногда до 9–12 °Т, вкус из-за повышенного количества свободных жирных кислот, образующихся при гидролизе жира, и хлоридов становится горьковато-солоноватым.

**Сливки.** Сливки, поступающие на производство сливочного масла, должны соответствовать ГОСТ Р 52435–2009 «Сливки-сырьё».

Сливки-сырьё подразделяют на:

сливки сырые;

сливки пастеризованные.

Сливки в зависимости от органолептических, физико-химических и микробиологических показателей подразделяют на сорта: высший, первый и второй.

По органолептическим показателям сливки должны соответствовать требованиям, изложенным в табл. 1.8.

Не допускаются к переработке сливки:

– с пороками вкуса и запаха химикатов, нефтепродуктов, водянистым, с выраженным хлевным, силосным, прогорклым и привкусом лука, чеснока и полыни и другими резко выраженными посторонними привкусами и запахами, сливки не должны содержать немолочных жиров, а также соды, аммиака, перекиси водорода, посторонней воды;

– с пороками консистенции – хлопьями и сгустками, посторонними примесями;

– замороженные;

– с цветом, не свойственным сливкам.

По термоустойчивости и температуре при приемке сливки должны соответствовать требованиям, изложенным в табл. 1.9.

Таблица 1.8

**Органолептические показатели сливок**

Наименование показателя	Содержание характеристик для сливок сорта		
	высшего	первого	второго
Вкус и запах	Выраженный сливочный, чистый, сладковатый	Сливочный, сладковатый со слабо выраженным кормовым привкусом и запахом	Недостаточно выраженный сливочный, сладковатый, недостаточно чистый и (или) с кормовым привкусом и запахом
	С привкусом пастеризации – для пастеризованных сливок		
Консистенция и внешний вид	Однородная, гомогенная	Однородная, гомогенная или с единичными комочками жира	
Цвет	Белый, с кремовым оттенком, однородный по всей массе		

*Примечание.* Сливки второго сорта допускаются к переработке на топленое масло, после дополнительной технологической обработки и/или высокотемпературной пастеризации – на другие продукты.

Таблица 1.9

**Термоустойчивость и температура сливок**

Наименование показателя	Значение показателя для сливок сорта		
	высшего	первого	второго
Термоустойчивость сливок по алкогольной пробе	I группа	II и III группы	IV и V группы
Температура, °С, не выше	10,0		

*Примечание.* Сливки, не соответствующие установленным требованиям к температуре, подлежат немедленной переработке.

По плотности в зависимости от массовой доли жира сливки должны соответствовать требованиям, изложенным в табл. 1.10.

По титруемой кислотности сливки в зависимости от массовой доли жира и сорта должны соответствовать требованиям, указанным в табл 1.11.

Таблица 1.10

**Зависимость плотности от массовой доли жира**

Массовая доля жира, %	Плотность при температуре 20 °С, кг/м <sup>3</sup>
От 9,0 до 20,0	От 1020,0 до 1008,0
От 20,0 до 30,0	От 1008,0 до 997,0
От 30,0 до 40,0	От 997,0 до 987,0
От 40,0 до 50,0	От 987,0 до 976,0
От 50,0 до 58,0	От 976,0 до 968,0

Таблица 1.11

**Зависимость кислотности от массовой доли жира и сорта сливок**

Массовая доля жира, %	Титруемая кислотность			
	не менее, для сливок всех сортов	не более, для сливок сорта		
		высшего	первого	второго
От 9,0 до 20,0	14,0	17,0	19,0	21,0
От 20,0 до 30,0	13,0	16,0	17,0	19,0
От 30,0 до 40,0	12,0	15,0	16,0	18,0
От 40,0 до 50,0	11,0	14,0	15,0	17,0
От 50,0 до 58,0	10,0	13,0	14,0	15,0

*Примечания.* 1. Нижний предел кислотности сливок предусмотрен во избежание приема раскисления сливок.

2. Сливки второго сорта допускаются к переработке на топленое масло, после оценки их термоустойчивости и последующей пастеризации и оценке ее эффективности – на другие продукты в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

По микробиологическим показателям сливки сырые в зависимости от сорта не должны превышать нормы, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации, изложенные в табл. 1.12.

Таблица 1.12

**Микробиологические показатели сливок сырых**

Сорт	Уровень бактериальной обсемененности по редуцтазной пробе, класс	Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/см <sup>3</sup>
Высший	I	До $5 \times 10^5$
Первый	II	До $4 \times 10^6$

*Примечание.* Сливки с уровнем бактериальной обсемененности выше первого сорта, но не более  $2 \times 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup>, допускаются к приемке вторым сортом с последующей переработкой на топленое масло или после двойной пастеризации и оценке ее эффективности – на другие продукты в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. После пастеризации такие сливки по микробиологическим показателям должны соответствовать требованиям, установленным для пастеризованных сливок настоящим стандартом.

Микробиологические показатели для пастеризованных сливок всех сортов не должны превышать норм, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации, изложенных в табл. 1.13.

Таблица 1.13

**Микробиологические показатели для пастеризованных сливок**

Наименование показателя		Значение показателя
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/см <sup>3</sup> , не более		$2 \times 10^5$
Масса продукта (см <sup>3</sup> ), в которой не допускаются	БГКП (колиформы)	0,01
	<i>S. aureus</i>	0,1
	Патогенные, в том числе сальмонеллы	25
	<i>L. monocytogenes</i>	25

По содержанию токсичных элементов, антибиотиков, пестицидов, микотоксинов, радионуклидов сливки должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.14.

**Содержание токсичных элементов, антибиотиков, пестицидов,  
микотоксинов и радионуклидов в сливках**

Наименование элемента		Допустимый уровень содержания, мг/кг (л), не более	Примечание
Токсичные элементы	Свинец	0,1	
	Мышьяк	0,05	
	Кадмий	0,03	
	Ртуть	0,005	
Микотоксины (афлатоксин М <sub>1</sub> )		0,0005	
Антибиотики*	Левомицетин	Не допускается	< 0,01 ед/г
	Тетрациклиновая группа	Не допускается	< 0,01 ед/г
	Стрептомицин	Не допускается	< 0,5 ед/г
	Пенициллин	Не допускается	< 0,01 ед/г
Ингибирующие вещества		Не допускается	
Пестициды**	Гексахлор-циклогексан (α, β, γ – изомеры)	1,25	В пересчете на жир
	Метаболиты		
Радионуклеиды	Цезий – 137	100	Бк/л
	Стронций – 90	25	Бк/л

\* При использовании химических методов определения стрептомицина, пенициллина и антибиотиков тетрациклиновой группы пересчет их фактического содержания в ед/г производится по активности стандарта.

\*\* Необходимо контролировать остаточное количество и тех пестицидов, которые были использованы при производстве продовольственного сыра.

Эффективность пастеризации сливок оценивают по реакции на пероксидазу.

Сорт сливок устанавливают по самому обесценивающему показателю. Сливки, не удовлетворяющие указанным требованиям, относятся к несортным. Сливки с доброкачественным жиром, но содержащие посторонние включения, а также с резко выраженным кормовым привкусом (в том числе жома и силоса) и затхлым запахом, обусловленным порчей плазмы, могут быть (по согласованию с заводом) приняты и переработаны на масло-сырец или топленое масло, желательно в присутствии сдатчика.

## 1.8. Транспортирование молока и сливок

Основная задача при транспортировании молока (сливок) – не допустить повышения температуры молока (сливок), затормозить развитие микрофлоры, замедлить нарастание кислотности.

Молоко и сливки доставляют на завод в автомобильных, железнодорожных цистернах, в цистернах водного транспорта, а также во флягах. При доставке в цистернах можно сохранить качество сырья в пути, избежать замораживания, замедлить нагревание молока и сливок, снизить затраты на транспортирование. Повышение температуры молока на 1–2 °С наблюдается при длительной перевозке в цистернах в летнее время на расстояние 100 км.

Молоко (сливки) во флягах доставляют на завод гужевым или автомобильным транспортом. Для сбора и перевозки неохлажденного молока с ферм на завод или молочный пункт применяют цистерны вместимостью 2–5 тыс. л. Их удобно использовать, когда продолжительность времени от дойки до поставки молока на завод (молочный пункт) не превышает 1–2 ч при расстоянии 20–25 км. В течение этого периода времени сохраняется бактерицидная фаза молока.

Максимально допустимый радиус доставки цельного молока на завод не должен превышать при хорошем состоянии дорог при перевозке в автомобильных цистернах 20–24 км, при использовании гужевого транспорта – 7–10 км.

Для сбора и перевозки охлажденного молока на дальние расстояния предназначены автоцистерны (вместимостью 10–12 тыс. л и более), имеющие хорошую термоизоляцию, оснащенные устройствами для заполнения цистерн молоком и опорожнения, определения его количества и качества.

В хозяйствах целесообразно использовать специальные емкости-прицепы для молока, которые могут служить тарой для его сбора и кратковременного хранения (особенно при содержании коров на отгонных пастбищах).

Каждая секция цистерн заполняется молоком или сливками однородного качества. Цистерну заполняют молоком через промежуточную емкость с применением разряжения, соответствующих насосов или вручную. Наиболее удобно использовать самовсасывающий насос, установленный на автомашине. Молоко из цистерны удаляют

самотеком или откачивают насосами, смонтированными на автомашине или в приемном цехе завода.

Автомобильные цистерны (фляги) при транспортировании молока и сливок должны быть заполнены доверху, что исключает образование комочков жира.

Молоко (сливки) транспортируют во флягах всеми видами крытого транспорта. Допускается перевозка молока (сливок) в открытых автомашинах. При перевозке во флягах молоко (сливки) предохраняют от нагревания (летом) и замораживания (зимой), что приводит к вытапливанию жира при пастеризации. С целью уменьшения вытапливания жира подмороженные сливки следует медленно оттаивать при температуре не выше 20–25 °С. Перевозить молоко (сливки) во флягах надо только в прохладное время суток – утром или вечером, накрывать фляги смоченным брезентом, чтобы молоко не нагрелось в пути. Не допускается совместная перевозка молока с резко пахнущими веществами (керосином, бензином).

Как в нашей стране, так и за рубежом, для транспортирования молока получают распространение молокопроводы, соединяющие отдельные помещения ферм или комплексов с молочными отделениями (внутрифермерские молокопроводы), а также непосредственно с предприятиями по переработке молока.

## **1.9. Исправление пороков сливок**

Сливки, не удовлетворяющие по качеству требованиям первого и второго сорта, можно улучшить соответствующей обработкой. Характер обработки зависит от обнаруженных в сливках недостатков. Для улучшения качества сливок и вырабатываемого из них масла применяют процессы фильтрации, промывки, аэрации, дезодорации и др.

*Фильтрация.* Для очистки сливок от механических примесей без нагрева их фильтруют через несколько слоев марли или лавсана, а с предварительным подогревом до температуры 40–45 °С (чтобы расплавились отвердевшие жировые шарики и комочки жира) – через фланелевые фильтры. Отвердевшие жировые комочки холодных сливок быстро забивают поры фильтрующей ткани.

*Промывка.* Это наиболее распространенный метод исправления качества сливок. Промывкой удаляют многие привкусы (нечистый, старый, дрожжевой, кормовой, кислый), носителем которых



является плазма. Промывают сливки водой и обезжиренным молоком. При первом сепарировании их разбавляют водой температурой 45–50 °С до массовой доли жира 5–8 %. Полученные сливки разбавляют доброкачественным обезжиренным молоком до массовой доли жира 5–8 % и повторно сепарируют. Если проба показывает, что такой обработки недостаточно, то промывку и сепарирование повторяют.

Существенными недостатками этого метода являются значительные потери жира при сепарировании, а также дополнительные затраты труда и энергии. Промытые сливки сбиваются быстрее, но в пахту отходит больше жира, вследствие чего его потери увеличиваются на 1,5–3 %. Промытые сливки надо немедленно пастеризовать.

Метод промывки используют на предприятиях, где нет возможности применять дезодорацию, аэрацию и другие методы обработки.

*Аэрация.* Слабо выраженные запахи можно удалить продуванием воздуха через тонкий слой нагретых сливок или проветриванием сливок при их стекании по открытой поверхности оросительного охладителя. Этот метод используют для устранения из сливок посторонних привкусов и запахов, концентрирующихся в плазме.

*Дезодорация.* Применяется с целью устранения посторонних привкусов и запахов путем удаления из подогретых сливок нежелательных вкусовых и ароматических легколетучих веществ при пониженном давлении в специальных установках, предназначенных для термовакуумной обработки сливок.

Во время дезодорации осуществляется паровая дистилляция из сливок пахнущих веществ, образующих с водяным паром азеотропные смеси с температурой кипения ниже 100 °С.

Общие закономерности дезодорации получены А.Е. Бейли. Для паровой дистилляции он нашел следующее выражение:

$$Q = \frac{pG}{E_{p_n}} \ln \frac{V_1}{V_2},$$

где  $Q$  – число молей пара, необходимое для дезодорации;  $p$  – давление в камере;  $G$  – количество обрабатываемой жидкости;  $p_n$  – давление паров чистых летучих примесей;  $V_1, V_2$  – концентрация летучих веществ в начале и в конце процесса;  $E$  – коэффициент насыщения, который растет с увеличением поверхности раздела фаз и времени контакта между паром и жидкостью.

Для дезодорации сливок применяют вакуум-дезодорационные установки ОДУ-3, ОДУ-3М. Вакуум-дезодорационная установка ОДУ-3 включена в линию А1-ОЛО производительностью 1000 кг/ч для производства масла методом непрерывного сбивания, а вакуум-дезодорационная установка ОДУ-3М – в линию П8-ОЛФ производительностью 1000 кг/ч для изготовления масла методом преобразования высокожирных сливок.

В целях повышения эффективности дезодорации предлагается разбрызгивать сливки в слое инертных шарообразных тел, изготовленных, например, из фторопласта, что предусмотрено в вакуум-дезодорационной установке ОДУ-3, вводить в сливки перед их тепловой обработкой углекислый аммоний в количестве 0,02–0,3 % (предпочтительно 0,02 %) к исходному количеству, который одновременно повышает термоустойчивость сливок.

Дезодорацию сливок объединяют с пастеризацией. Рассмотрим режимы дезодорации сливок с выраженными пороками вкуса и запаха.

Сначала сливки нагревают в первом цилиндре трубчатого пастеризатора до температуры 80 °С, затем подвергают дезодорации в вакуум-дезодорационной установке при разрежении 0,04–0,06 МПа и нагревают во второй секции пастеризатора до 95 °С.

При разрежении 0,04–0,06 МПа сливки в дезодораторе вскипают при температуре 65–70 °С. Продолжительность пребывания сливок в дезодораторе при нормальной работе 4–5 с.

Перепад температуры следует достигать путем повышения температуры входящих сливок, т. е. температуры сливок при пастеризации, но не путем увеличения степени разрежения. Повышение разрежения приводит к чрезмерному удалению ароматических веществ из сливок, обуславливающих их специфический вкус.

В результате нагревания дезодорированных сливок до температуры 95 °С устраняется невыраженный вкус, который имеется в сливках после дезодорации.

Сливки с плохой устойчивостью белков к коагуляции пастеризуют при 92–95 °С, затем дезодорируют при разрежении в дезодораторе, равном 0,02–0,04 МПа.

Дезодорация неэффективна при высоких температурах сливок, поступающих в дезодоратор (90–93 °С), и давлении более 0,05 МПа или ниже 0,02–0,03 МПа вследствие удаления во время дезодорации значительного количества летучих веществ (сульфгидрильных групп,

лактонов), обуславливающих специфический вкус сливочного масла.

В результате дезодорации сливок кислотность плазмы масла снижается на 2 °Т, жира – на 0,21 К. Перекисное число также уменьшается, что связано, по-видимому, с удалением из сливок некоторого количества свободных жирных кислот во время дезодорации. Дезодорация сливок не оказывает заметного влияния на формирование структуры при производстве масла методом периодического сбивания, способствует некоторому повышению твердости свежего масла и масла после хранения, выработанного как в осенне-зимний, так и в весенне-летний периоды года.

Умеренное разрежение в дезодораторе способствует улучшению гидратационных свойств оболочки жировых шариков, что положительно сказывается на степени дисперсности и распределения влаги в сливочном масле.

Одинаковые режимы пастеризации и дезодорации сливок применяют при выработке сладкосливочного масла (с массовой долей влаги 16 %) методом их сбивания в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия и преобразования высокожирных сливок. Из-за отсутствия данных о свойствах веществ, имеющихся в молоке и портящих его, режимы дезодорации приходится уточнять на практике на основании сравнения вкусовых качеств сливок, обработанных при различных режимах, и качества полученного масла.

Дезодорация оказывает влияние на химический состав сливок, масла и на их свойства. Под влиянием дезодорации при перепаде температур до 10 °С массовая доля жира в сливках повышается на 1,2–1,3 %. При дезодорации происходит дробление жировых шариков в основном при их прохождении через насосы и дросселирующий вентиль (кран).

Дезодорация сливок вызывает изменения в оболочке жировых шариков, что влияет на ход кристаллизации триглицеридов молочного жира и стабильность жировой эмульсии. При дезодорации в вакуум-дезодорационной установке ОДУ-3 количество дестабилизированного жира в сливках после дезодорации колеблется от 7,88 до 5,04 %. Количество дестабилизированного жира увеличивается при повышении температуры при пастеризации сливок и понижении степени разрежения.

Дезодорация оказывает различное влияние на содержание влаги и СОМО в масле. В весенне-летний период дезодорация не оказыва-

ет существенных изменений на содержание влаги и СОМО в масле. В осенне-зимний период степень разрежения больше влияет на содержание СОМО в масле. Содержание СОМО в масле, которое выработано из дезодорированных сливок, обработанных при высокой степени разрежения (0,06–0,07 МПа), больше на 0,15 %.

*Вакреация.* Это термическая обработка сливок под вакуумом для удаления запахов и привкусов, при которой сливки подогреваются паром посредством прямого контакта.

Вакреация широко применяется за границей. Наиболее распространены трехкамерные вакреаторы. В первой пастеризационной камере сливки разбрызгиваются (образуется 67 тыс. капель в 1 кг сливок) и нагреваются посредством прямого контакта с паром. В первой камере остаточное давление устанавливается в пределах от 0,065 до 0,08 МПа, соответственно температура колеблется от 93 до 88 °С. Во второй камере при остаточном давлении 0,05–0,067 МПа сливки кипят при температуре 71,2–82,2 °С, при этом выделяется водяной пар, который уносит с собой летучие газы. В третьей камере процесс удаления из сливок водяных паров и летучих веществ продолжается при давлении 0,007–0,010 МПа, при этом сливки охлаждаются примерно до 43,3 °С. Сливки из этой камеры насосом подаются в охладитель, водяные пары конденсируются и непрерывно отводятся из аппарата.

Летучие вещества из сливок удаляются вместе с испаряемой влагой в соответствии с законом Рауля. Степень удаления летучих веществ зависит от величины их относительной молекулярной массы и давления пара, обусловленных температурой кипения.

Так как носителем некоторых кормовых привкусов, например чесночного и лукового, являются высокомолекулярные соединения, температура кипения которых выше температуры кипения воды, удаление их из сливок оказывается невозможным.

Вакреатор очень эффективно удаляет из сливок привкусы бактериального происхождения, привкусы кормов и некоторых сорняков и уничтожает микрофлору. Масло из сливок, обработанных в вакреаторе, имеет более твердую консистенцию и в большей степени склонно к окислению.

## 1.10. Производство сливочного масла методом сбивания сливок

*Физико-химическая сущность метода заключается в частичном переводе жира из жидкого состояния в твердое состояние с последующим выделением его из дисперсии в холодном состоянии.*

Для выработки сливочного масла методом сбивания сливок используют маслоизготовители непрерывного действия марок А1-ОЛО-1000 кг/ч; КМ-3000 кг/ч; КМ-1500 кг/ч; ФБЦ/1-2000–2500 кг/ч; НТС-1000–1500 кг/ч. Для периодического действия применяют маслоизготовитель марки РЗ-ОБЭ вместимостью 2000 л и др.

Технологическая схема производства масла методом сбивания сливок на маслоизготовителях непрерывного и периодического действия представлена на рис 1.2.

С учетом конструктивных особенностей маслоизготовителей режимы технологического процесса различаются, но при этом сущность технологии не меняется. Режимы технологического процесса при выработке масла методом сбивания сливок зависят от химического состава и свойств молочного жира, вида вырабатываемого масла, используемого оборудования.

## 1.11. Пастеризация сливок

*Пастеризация сливок.* Предназначена для уничтожения патогенных бактерий, подавления жизнедеятельности непатогенной микрофлоры, максимального снижения ее численности, инактивации ферментов, ускоряющих порчу продукта. Эффективность пастеризации находится в зависимости от температуры и продолжительности выдержки сливок при этой температуре.

Зависимость между температурой и временем описывается уравнением Дальберга–Кука

$$\ln \tau = A - Bt,$$

где  $\tau$  – продолжительность пребывания продукта в пастеризаторе при заданной температуре  $t$ , необходимой для уничтожения микроорганизмов;  $A$ ,  $B$  – постоянные величины, зависящие от устойчивости микроорганизмов к тепловому воздействию и от среды, в которой они находятся,  $A = 36,68$ ;  $B = 0,48$ .

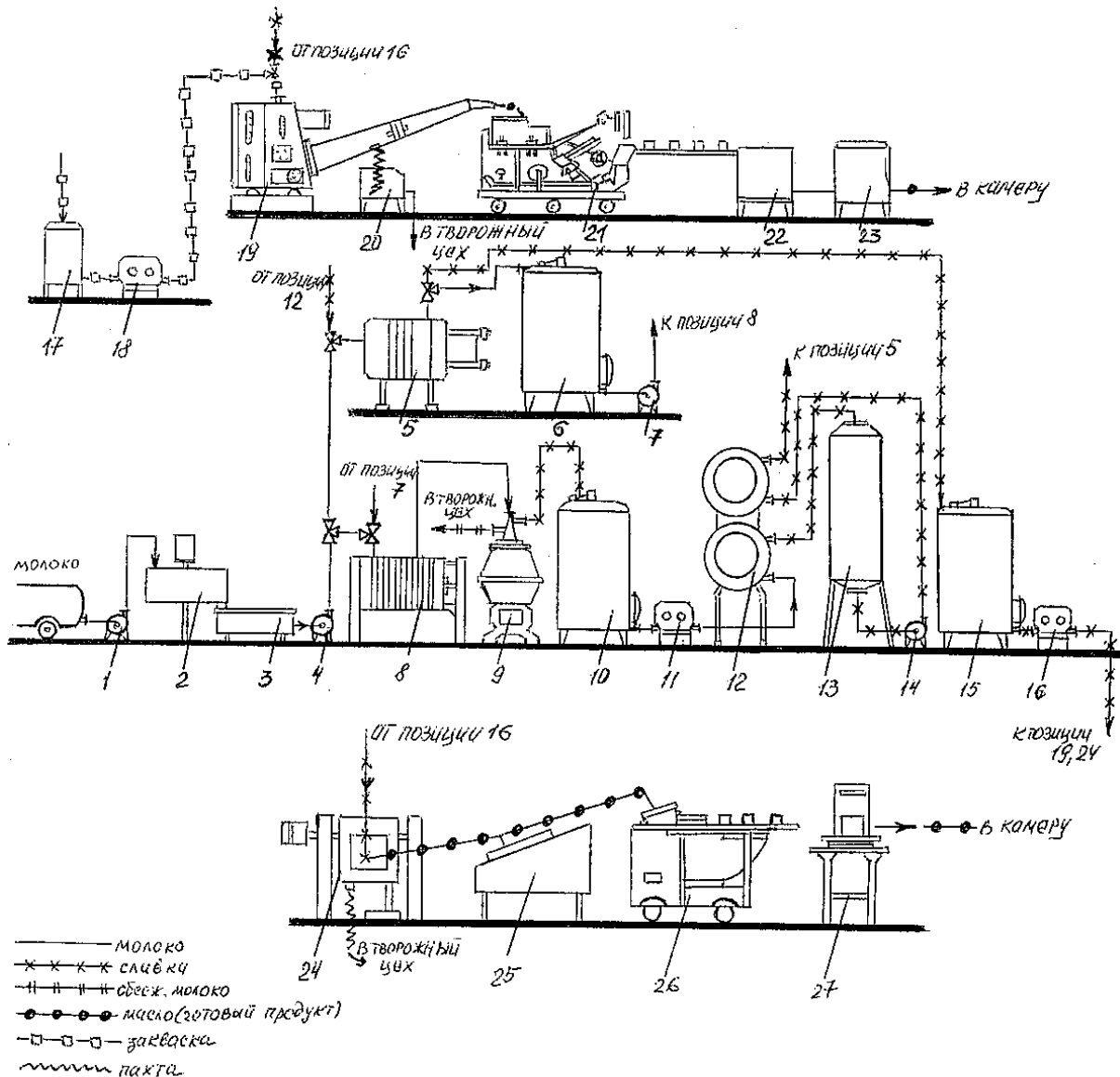


Рис. 1.2. Технологическая схема производства масла методом сбивания сливок:

1, 4, 7, 14 – центробежный насос; 2 – весы; 3 – приемная ванна; 5 – охладитель; 6 – резервуар для молока; 8 – пластинчатый теплообменник; 9 – сепаратор-сливкоотделитель; 10, 15 – резервуар для сливок; 11, 16, 18 – ротационный насос; 12 – трубчатый пастеризатор; 13 – дезодоратор; 17 – заквасочник; 19 – маслоизготовитель непрерывного действия; 20 – емкость для пахты; 21 – автомат для мелкой фасовки; 22 – автомат для укладки брикетов; 23 – устройство для заклейки коробов с маслом; 24 – маслоизготовитель периодического действия; 25 – гомогенизатор; 26 – машина для фасовки масла; 27 – весы

Из уравнения видно, что чем выше температура продукта, тем короче время, необходимое для пастеризации продукта.

Режимы пастеризации сливок выбирают с учетом воздействия температуры на ферменты, содержащиеся в молоке, ускоряющие порчу масла при хранении. К таким ферментам относятся: нативная и бактериальная липаза, пероксидаза, протеаза и галактаза. Инактивация (разрушение) термоустойчивых ферментов молока галактазы и липазы бактериального происхождения достигается при температуре выше 85 °С. Поэтому при пастеризации нагревание сливок ниже этой температуры не допускается.

При выборе режима пастеризации учитывают качество исходных сливок, вид вырабатываемого масла, содержание жира в сливках. Сливки высшего и первого сорта пастеризуют (без дезодорации) при выработке сладкосливочного масла (массовая доля влаги 16 %) при температуре 85–90 °С в весенне-летний и 92–95 °С в осенне-зимний периоды года.

Повышение температуры при пастеризации сливок в осенне-зимний период необходимо в связи с тем, что сливки, полученные при стойловом содержании скота, имеют более высокую обсемененность и менее выраженный аромат.

Сливки второго сорта пастеризуют при температуре 92–95 °С. Повышение температуры при пастеризации способствует аэрации сливок, удалению посторонних веществ, образованию сульфгидрильных соединений, которые совместно с другими веществами придают маслу привкус пастеризации и повышают его стойкость при хранении благодаря антиокислительным свойствам.

Сливки со слабо выраженными посторонними привкусами и запахами в зависимости от вида вырабатываемого масла пастеризуют при температуре 100–103 °С в весенне-летний и 103–108 °С в осенне-зимний периоды при выработке сладкосливочного масла (массовая доля влаги 16 %); при выработке любительского масла соответственно 103–105 °С и 105–110 °С; крестьянского и бутербродного масла – 103–108 °С и 105–115 °С. Допускается пастеризовать сливки при высокой температуре с хорошей устойчивостью белков к коагуляции. Сливки с плохой термоустойчивостью сначала пастеризуют при температуре 92–95 °С, затем их дезодорируют при давлении в дезодораторе 0,02–0,04 МПа в осенне-зимний период и 0,01–0,03 МПа – в весенне-летний период.

При нагревании сливок до 85 °С и выше обеспечивается высокая эффективность пастеризации – 99,5–99,9 %. Под эффективностью пастеризации понимают отношение количества уничтоженных микроорганизмов, выраженное в процентах, к содержанию бактерий в исходных сырых сливках.

С целью повышения эффективности пастеризации следует обязательно фильтровать сливки перед нагреванием, разрушать пену, не допускать высокой начальной бактериальной обсемененности сливок, осуществлять постоянный контроль температуры сливок при выходе из аппарата, пользоваться пастеризационными установками более рациональной конструкции.

При фильтрации сливок удаляются комочки жира, слизи, грязи, пузырьки пены, которые защищают бактерии от действия высоких температур. Чем ниже начальное содержание микрофлоры сливок, тем выше эффективность пастеризации.

При пастеризации сливок различной жирности необходимо регулировать производительность пастеризатора, чтобы обеспечить желаемую температуру, так как с повышением жирности понижается теплопроводность сливок, вследствие чего увеличивается время, необходимое для нагревания сливок. Поэтому при пастеризации сливок с более высоким содержанием жира рекомендуется уменьшать загрузку аппарата сливками, чтобы увеличить продолжительность воздействия температуры на сливки и тем самым обеспечить высокую эффективность пастеризации.

На эффективность пастеризации влияет возраст бактерий. Как правило, молодые бактерии погибают быстрее, чем бактерии, находящиеся в молоке в течение длительного времени. Поэтому на предприятиях длительное хранение молока и сливок нежелательно даже при пониженных температурах.

Для пастеризации сливок используют пастеризационно-охлаждающие установки пластинчатого типа либо трубчатые пастеризаторы, которыми комплектуют технологические линии, применяемые для производства сливочного масла.

Более высокая эффективность достигается в цилиндрических аппаратах с вращающейся цилиндрической мешалкой, снабженной ножами для очистки греющей поверхности от пригара, а также в аппаратах с вытеснительным барабаном благодаря двухстороннему подводу тепла, что обеспечивает более равномерный прогрев сливок.



Чтобы избежать улетучивания желаемых ароматических веществ, получающихся при воздействии высоких температур, пользуются закрытой системой для пастеризации и выдержки сливок.

Количество бактерий, оставшееся в сливках после пастеризации, является остаточной микрофлорой, в состав которой входят споры плесеней *Bact. fluorescens*, *Str. liquefaciens*, *Bact. subtilis*, *Bact. prodigiosum*, *Str. thermophilus*, маммакокки и др.

При развитии остаточной микрофлоры в масле снижается его хранимоспособность.

*Влияние пастеризации на состав и свойства сливок.* Во время пастеризации сливки подвергаются механическому воздействию, побуждающему их течь тонким слоем вдоль греющей поверхности; при этом в потоке сливок возникает градиент скоростей. В зависимости от величины градиента скоростей могут протекать два различных процесса: коалесценция (слияние капель жира) или диспергирование (дробление капель жира). Благодаря наличию градиента скоростей жировой шарик в потоке не только имеет поступательное движение, но и вращается вокруг оси. Вращательное движение вызывает разрывающее внутреннее напряжение, которое определяется величиной кинематической энергии жирового шарика,

$$\frac{V^2\rho}{2},$$

где  $V$  – окружная скорость вращения жирового шарика;  $\rho$  – плотность молочного жира при данной температуре.

При критической скорости вращательного движения жирового шарика наступает разрыв защитной оболочки. Это произойдет при условии, если величина внутреннего напряжения превышает силу поверхностного натяжения,

$$\frac{2\sigma}{r}, \quad \frac{V^2\rho}{2} > \frac{2\sigma}{r},$$

где  $\sigma$  – удельная поверхностная энергия;  $r$  – радиус жирового шарика.

Из равенства этих двух выражений можно определить критическую скорость вращения жирового шарика ( $V_{\text{крит}}$ ), при которой

произойдут разрыв оболочки и диспергирование жира на более мелкие капельки

$$V_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{4\sigma}{\rho r}}$$

Из этого выражения видно, что чем больше удельная поверхность энергии и меньше плотность жира, тем выше значение критической окружной скорости жирового шарика. Диспергированию подвергаются более крупные жировые шарики.

При использовании пастеризаторов с лопастными мешалками изменяется дисперсность жировых шариков. Увеличение числа мелких жировых шариков влечет за собой увеличение отхода жира в пахту, снижение выхода продукта, удлинение процесса сбивания сливок. Пастеризация сливок в пластинчатом теплообменнике способствует увеличению среднего диаметра жировых шариков. При пастеризации снижается устойчивость жировой эмульсии сливок.

С повышением температуры степень дестабилизации эмульсии жира увеличивается, особенно резко это наблюдается в диапазоне температур 120–130 °С. Следовательно, температура 120 °С является максимально приемлемой для нагревания сливок. В результате испарения некоторого количества влаги наблюдается повышение массовой доли жира в сливках. Так, в результате повышения температуры с 90 до 97 °С массовая доля жира в сливках повышается от 0,27 до 1,15 %.

Высокая температура сливок при пастеризации оказывает влияние на состояние белков молока.

В процессе пастеризации наблюдаются структурные перестройки белков, особенно в молекулах сывороточных белков. При нагревании происходит полимеризация казеина с увеличением молекулярной массы.

Заметная агрегация казеина наблюдается при температуре 70 °С, а  $\beta$ - и  $\chi$ -казеина – при 90 °С. Агрегацию казеина при высоких температурах объясняют взаимодействием денатурированного  $\beta$ -лактоглобулина и серосодержащего  $\chi$ -казеина в результате образования дисульфидной связи (-SS-). В результате взаимодействия денатурированного  $\beta$ -лактоглобулина с казеином усиливаются гидрофильные свойства казеина, его влагоудерживающая способность.

Под влиянием высоких температур изменяются состав и структура казеина (казеинаткальцийфосфатного комплекса). От него отщепляются органический фосфор и кальций. Казеин (казеинаткальцийфосфатный комплекс) не коагулирует при нагревании свежесывороженного молока до температуры 150–160 °С. Вследствие отщепления органического фосфора и кальция увеличивается количество коллоидного фосфата кальция, что приводит к снижению устойчивости белков молока, т. е. к снижению их термостабильности.

При этом в казеинаткальцийфосфатном комплексе двузамещенный фосфат кальция частично переходит в трехзамещенный, а также изменяется соотношение фракций: увеличивается количество  $\gamma$ - и  $\beta$ -казеина и снижается содержание  $\chi$ -казеина.

Наибольшему изменению при нагревании (пастеризации) подвергаются сывороточные белки. В них происходят глубокие изменения молекулярной структуры, связанные с ослаблением сил взаимодействия между боковыми цепями аминокислотных остатков. При кратковременной пастеризации (72–74 °С с выдержкой 20 с) степень денатурации сывороточных белков составляет менее 10 %. При нагревании до температуры 85 °С 22–30 % сывороточных белков выпадает в осадок.

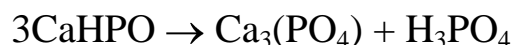
Степень структурных изменений и дисперсность белковых частиц зависят от метода пастеризации и кислотности среды.

Пастеризация сливок посредством косвенного нагрева, т. е. путем теплообмена через стенку трубы, пластину, вызывает более глубокие изменения состава и дисперсности казеинаткальцийфосфатного комплекса и сывороточных белков, чем при пароконтактном методе нагрева (ввод пара непосредственно в продукт).

С повышением кислотности плазмы сливок коагуляция белков наблюдается при пастеризации при более низкой температуре. При кислотности плазмы сливок 33 и 41°Т коагуляция казеина начинается при температуре 85 и 65°С, соответственно.

При пастеризации сливок частично разрушаются витамины В и С, особенно последний. Объясняется это легкой окисляемостью витаминов кислородом воздуха вследствие наличия в молекулах этих соединений реакционно-способных двойных связей. Разрушению витаминов также способствуют образующиеся при окислении жира перекисные соединения. Витамин А при пастеризации сохраняется практически полностью.

В процессе пастеризации меняется солевое равновесие в плазме сливок. Гидрофосфат кальция, находящийся в ионно-молекулярной форме, переходит в плохо растворимый фосфат кальция



Образовавшийся фосфат кальция агрегирует и в виде коллоида осаждается на мицеллах казеинаткальцийфосфатного комплекса, часть его выпадает на греющую поверхность пастеризатора, образуя вместе с денатурированными сывороточными белками так называемый молочный камень.

Растворимые в сливках газы, в том числе углекислота, при нагревании удаляются, в результате чего кислотность сливок снижается на 0,5–1,0 °Т. Во время пастеризации удаляется только часть газов, растворенных в сливках. В 100 мл газовой фазы пастеризованных сливок при температуре 90 °С содержится 20,8 мл кислорода и 1,38 мл углекислого газа. Более высокое содержание кислорода в пастеризованных сливках можно объяснить слабой зависимостью его растворимости в воде от температуры. Растворенного в плазме сливок кислорода больше удаляется при высоких температурах. При повышении температуры сливок на 10 °С их кислотность снижается на 0,5–1 °Т. При тепловой обработке происходит изменение вкуса и запаха сливок. Причиной являются изменения нелетучих соединений (свободных аминокислот, сахаров, неорганических солей), летучих соединений нежирного происхождения (карбонильных соединений), летучих компонентов жира (летучих жирных кислот), стимуляторов вкуса (солей аминокислот и др.). В результате этих изменений образуются ароматические и вкусовые вещества: свободные сульфгидрильные соединения типа SH-групп, карбонильные соединения и др.

Сульфгидрильные соединения типа – SH-групп образуются при пастеризации сливок в результате частичного восстановления серосодержащих аминокислот (цистина, метионина). В нативных белках сульфгидрильные группы находятся в неактивном состоянии. Во время пастеризации при разворачивании полипептидных цепей белков они освобождаются. Цистин содержится в большом количестве в сывороточном белке – лактоглобулине и белке оболочек жировых шариков. Основным источником сульфгидрильных групп (SH-) является

сывороточный белок – лактоглобулин. Переход активизированных сульфгидрильных SH-групп в масло пропорционален их содержанию в сливках. Количество сульфгидрильных SH-групп обуславливается качеством сливок (присутствием серосодержащих аминокислот, кислотностью) и температурой.

Карбонильные соединения образуются как промежуточные продукты реакции меланоидинообразования, которая происходит при высокотемпературном нагревании сливок в результате гидролиза лактозы с образованием глюкозы и галактозы, взаимодействующих со свободными аминокислотами. Вместе с другими веществами карбонильные соединения принимают непосредственное участие в образовании вкуса сливок при пастеризации. При повышении температуры сливок во время пастеризации содержание альдегидов и кетонов в сливках увеличивается. Наличие их в масле может оказаться причиной образования как приятного, так и неприятного запаха.

Во время пастеризации в сливках образуются свободные летучие жирные кислоты (СЛЖК). С повышением температуры их количество уменьшается вследствие реакции с сывороточными белками. Содержание СЛЖК в сливочном масле следует ограничивать. Допустимое предельное содержание СЛЖК в сладкосливочном масле – 38–40 мг/кг; повышение их содержания в масле может быть причиной снижения качества. Желаемое содержание СЛЖК в масле достигается путем подбора соответствующего режима пастеризации.

Образующиеся при нагревании сливок в процессе тепловой обработки ароматические и вкусовые вещества в комплексе придают продукту привкус пастеризации. В зависимости от выраженности привкус пастеризации может затушевывать различные слабо выраженные пороки кормового происхождения. Считают, что высококачественное сливочное масло должно иметь привкус пастеризации. Хорошо выраженный привкус пастеризации является характерным признаком вологодского масла.

Выраженный привкус пастеризации отмечен при максимальном содержании сульфгидрильных соединений типа SH-групп и цистеина, минимальном содержании глюкозы, при повышенном содержании карбонильных соединений (до 32,2 % по сравнению с сырыми сливками). Более высокое содержание карбонильных соединений, а также снижение SH-групп и цистеина способствуют возникновению привкуса перепастеризации.

Изменением состава сливок и технологических приемов можно достичь перегруппировки этих веществ и получить привкус пастеризации желаемой выраженности, используя его как фактор улучшения качества масла.

Максимально достижимое количество SH-групп зависит от жирности сливок и режима тепловой обработки. Для сливок 25–35 %-й жирности максимальное количество SH-групп образуется при температуре 115 и 105 °С.

Ароматические и вкусовые вещества, содержащиеся в пастеризованных сливках, переходят в масло и участвуют в формировании вкуса и запаха сливочного масла.

В процессе пастеризации снижается содержание в плазме сливок поверхностно-активных веществ, вследствие чего увеличивается удельная поверхностная энергия и уменьшается вязкость сливок. При сбивании таких сливок образуется менее устойчивая пена, которая быстро разрушается, что влечет за собой ускорение процесса сбивания сливок и увеличение содержания жира в пахте.

Пастеризация сливок оказывает влияние на химический состав, структуру, структурно-механические характеристики и физико-химические показатели масла.

Повышение температуры способствует некоторому повышению содержания газовой фазы в масле. Пастеризация сливок при температуре 93–96 °С способствует формированию развитой коагуляционно-кристаллизационной структуры масла, снижению прочности структуры масла в зимний период.

Масло, выработанное из сливок, пастеризованных при более высокой температуре, больше удерживает жидкого жира, чем масло, выработанное из сливок, пастеризованных при более низкой температуре. В сливках, пастеризованных при более высокой температуре, титруемая кислотность повышается, а показатели рН плазмы соответственно снижаются.

## **1.12. Низкотемпературная подготовка сливок (физическое созревание)**

Низкотемпературная подготовка сливок является одной из операций технологического процесса производства сливочного масла, во время которой осуществляется формирование структуры и консистенции масла – образование кристаллических структур из смешан-

ных кристаллов глицеридов в жировых шариках, отвердевание жировых шариков.

В результате отвердевания жировых шариков сливки из эмульсии превращаются в суспензию, содержащую твердый и жидкий жир в равновесном состоянии. Равновесное состояние наступает после отвердевания не сразу. Чтобы обеспечить равновесное состояние между твердым и жидким жиром при отвердевании жирового шарика до начала сбивания, сливки выдерживают (физическое состояние сливок).

При низкотемпературной подготовке сливки после пастеризации немедленно охлаждают в потоке до температуры отвердевания молочного жира, при которой происходит кристаллизация глицеридов (выделение твердой фазы, отвердевание глицеридов). Затем сливки выдерживают (термостатируют) при различных режимах.

Жировые шарики, отвердевшие во время физического созревания, приобретают способность к слипанию (агрегации) во время сбивания сливок и могут быть выделены из плазмы сливок в виде масляного зерна.

Во время физического созревания сливок часть жидкого жира переходит в твердое состояние. Отношение количества отвердевшего жира к его первоначальному количеству (выраженное в процентах) принято называть степенью отвердевания жира. Эта величина указывает, какое количество жидкого жира перешло в твердое состояние в результате фазовых превращений.

Степень отвердевания молочного жира имеет важное значение при сбивании сливок и последующей механической обработке масляного зерна. Сливки после низкотемпературной подготовки должны содержать около 30 % отвердевшего жира, не расплавляющегося при температуре выше 20 °С.

Низкотемпературная подготовка сливок связана с фазовыми превращениями молочного жира. К фазовым превращениям относятся совокупность процессов, происходящих при охлаждении жидкого молочного жира или при его нагревании. К этим процессам также относятся кристаллизация глицеридов в молочном жире с образованием смешанных кристаллов в различных формах, полиморфные превращения, перераспределение триглицеридов между смешанными кристаллами, плавление отвердевшего жира при нагревании. Фазовые

превращения в значительной степени определяют эффективность сбивания сливок, консистенцию сливочного масла.

Кристаллизация – сложный экзотермический процесс, сопровождающийся выделением теплоты. При охлаждении молочного жира, полученного из молока весной, летом и осенью в изотермических условиях при температуре 0, 5, 10, 20, 25 °С, выделяется теплота в количестве 1–5 кал/г.

Жировые шарики отвердевают в результате кристаллизации охлажденных глицеридов, формирования кристаллических структур в молочном жире.

### 1.12.1. Особенности кристаллизации глицеридов в молочном жире

Молочный жир более чем на 90 % состоит из триглицеридов, которые включают в себя высокоплавкие, среднеплавкие и низкоплавкие глицериды.

*Склонность глицеридов к переохлаждению.* При охлаждении молочный жир становится переохлажденным по отношению к некоторым триглицеридам, и последние выделяются из расплава (отвердевают) последовательно, в соответствии с их растворимостью в более низкоплавких глицеридах и пресыщением; вначале выкристаллизовываются высокоплавкие, а затем – средние и низкоплавкие глицериды.

Выделение триглицеридов из расплава (кристаллизация) наступает только после значительного переохлаждения

$$\Delta T_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{пл}} - T}{T_{\text{пл}}},$$

где  $T_{\text{пл}}$  – температура плавления триглицеридов;  $T$  – температура выделения триглицерида.

Склонность триглицеридов к переохлаждению снижается по мере уменьшения длины углеводородных цепей кислотных радикалов. Переохлаждение может быть устойчивым и неустойчивым. Область устойчивого переохлаждения ограничена температурой плавления и отвердевания молочного жира и достигает 15–20 °С при одной и той же скорости охлаждения. Область неустойчивого переохлажде-



ния начинается после достижения триглицеридами температуры их выделения из расплава молочного жира.

Переохлаждение наступает раньше для глицеридов с большой длиной углеводородной цепи и высокой температурой плавления, они кристаллизуются при более высокой температуре, чем низкоплавкие. В пределах одной и той же температурной зоны возможна кристаллизация глицеридов с различными температурами плавления.

*Наличие двух стадий процесса кристаллизации триглицеридов в молочном жире.* При кристаллизации триглицеридов на первой стадии возникают центры кристаллизации (нуклеация), на второй – последующий рост кристаллов. Скорость образования центров кристаллизации увеличивается при понижении температуры до 2 °С, затем уменьшается (по теории Х. Мульдера).

Оптимальные условия для скорости роста кристаллов находятся при более высоких температурах, когда вязкость расплава становится меньше. В области более низких температур при значительном переохлаждении образуются центры кристаллизации. Максимальная скорость роста кристаллов осуществляется при 19–20 °С.

По данным Г.В. Твердохлеб, температура от 0 до 6 °С наиболее оптимальна для образования центров кристаллизации, максимальная скорость роста кристаллов достигается при 15–20 °С.

*Наличие температурных зон массовой кристаллизации глицеридов (точек отвердевания молочного жира).* В области неустойчивого переохлаждения имеется несколько температурных зон массовой кристаллизации глицеридов в молочном жире. При медленном охлаждении молочного жира без перемешивания установлены следующие температурные зоны массовой кристаллизации глицеридов (точки отвердевания): 19–24 °С, 12–14,8 °С, 4–6 °С, 3–5 °С. Имеются зоны массовой кристаллизации глицеридов и в области более низких отрицательных температур. Молочный жир полностью отвердевает при –40 °С.

*Возможность образования различных типов кристаллических структур.* При кристаллизации триглицеридов возможно образование двух типов структур кристаллической решетки: с двойной длиной цепи (ДДЦ) и с тройной длиной цепи (ТДЦ).

Тип структуры кристаллической решетки определяется расположением в ней молекул триглицеридов. Молекулы триглицеридов

удерживаются в кристаллической решетке силами взаимодействия между атомами соседних молекул.

В кристаллической решетке молекулы триглицеридов имеют несимметричное строение.

*Наличие двух групп отвердевших глицеридов с различными температурными зонами плавления.* В охлажденном молочном жире образуются две группы отвердевших глицеридов: глицериды первой группы плавятся при температуре выше 20 °С, а второй – ниже 20 °С. С увеличением содержания отвердевших глицеридов первой группы термоустойчивость масла увеличивается, а второй группы – уменьшается.

*Способность глицеридов молочного жира образовывать смешанные кристаллы.* Закономерности образования смешанных кристаллов были сформулированы А.П. Белоусовым и В.М. Вергилесовым в теории отдельно-групповой кристаллизации глицеридов в молочном жире. Теория развивалась и уточнялась Ф.А. Вышемирским и Г.В. Твердохлеб.

Согласно теории, при охлаждении с любой скоростью, применяемой в производстве, жир становится перенасыщенным по отношению к некоторым триглицеридам, которые последовательно группами выделяются из расплава молочного жира, образуя смешанные кристаллы различного глицеридного состава. В пределах каждой группы при отвердевании триглицеридов образуются смешанные кристаллы, состоящие из неоднородных триглицеридов, но родственных по химической природе и физическим свойствам, со структурами двойной длины цепи (ДДЦ) и тройной длины цепи (ТДЦ). При образовании смешанных кристаллов происходят группировка и дифференциация триглицеридов. Температура плавления и физико-химические свойства образующихся смешанных кристаллов зависят от свойств глицеридов, входящих в их состав.

Смешанные кристаллы делят на две группы: низкоплавкие (НГ) и высокоплавкие (ВГ) глицериды, которые образуются одновременно. Температура плавления смешанных кристаллов низкоплавких групп находится в пределах от 15 до 25 °С, высокоплавких – от 27 до 35 °С. По данным Г.В. Твердохлеб, при отношении между смешанными кристаллами низкоплавких и высокоплавких групп НГ : ВГ = 2 : 1 формируется пластичная консистенция сливочного масла, при повы-

шенном содержании НГ масло становится излишне мягким, при низком содержании НГ – излишне твердым.

В охлажденном молочном жире могут образовываться различное число групп и различный состав смешанных кристаллов (в зависимости от скорости охлаждения). При быстром охлаждении со скоростью 2 °С/с образуется не менее двух групп смешанных кристаллов. При очень медленном охлаждении со скоростью 0,05 °С/мин образуется три и более 7 групп смешанных кристаллов; при этом появляются смешанные кристаллы более высокоплавкие и более низкоплавкие по сравнению со смешанными кристаллами, образующимися при высокой скорости охлаждения.

На состав и свойства смешанных кристаллов оказывает влияние выдержка охлажденных сливок при физическом созревании (термостатировании). Во время выдержки быстро охлажденного молочного жира при постоянной конечной температуре осуществляется частичное перераспределение (дифференциация) глицеридов между смешанными кристаллами в зависимости от длины углеводородной цепи и химического строения глицеридов. Консистенция масла становится более твердой в том случае, когда увеличивается количество смешанных кристаллов высокоплавких групп. Снижению вязкости расплава способствует увеличение температуры: быстрее и полнее проходят процессы дифференциации глицеридов между смешанными кристаллами.

Чем медленнее охлаждение, тем выраженнее процесс перераспределения триглицеридов между смешанными кристаллами, который особенно выражен при длительном физическом созревании сливок. При медленном охлаждении зона плавления смешанных кристаллов (включая температуру плавления молочного жира) смещена в область более высоких температур. В результате кристаллизации образуются кристаллические структуры из смешанных кристаллов глицеридов.

Как следует из теории отдельно-групповой кристаллизации глицеридов, физические свойства и консистенцию сливочного масла определяют глицеридный состав смешанных кристаллов (отвердевшего жира) и соотношение между группами смешанных кристаллов. Чтобы влиять на консистенцию сливочного масла, необходимо регулировать глицеридный состав смешанных кристаллов и соотношение между их группами, содержание высокоплавких глицеридов

в отвердевшем жире путем подбора соответствующих температурных режимов физического созревания сливок с учетом сезона года. При одинаковой температуре (степени отвердевания) зимой смешанные кристаллы должны содержать больше высокоплавких глицеридов, а летом, наоборот, меньше высокоплавких и больше низкоплавких глицеридов.

*Способность глицеридов к образованию устойчивых кристаллических структур в полиморфной форме.* Эта способность триглицеридов проявляется при полиморфных превращениях в молочном жире при быстром охлаждении.

Под полиморфным превращением понимается способность триглицеридов образовывать при отвердевании различные кристаллические структуры. В молочном жире установлены 4 полиморфные формы:  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta'$ ,  $\beta$  (по данным Г.В. Твердохлеб). Они отличаются характером построения кристаллической решетки, удельным объемом, конфигурацией и величиной кристаллов, температурой плавления. Состав твердого жира не претерпевает изменений. При контакте с жидким жиром полиморфные превращения ускоряются.

Полиморфные формы  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta'$  являются метастабильными, т. е. они обладают свойством превращаться в другую, более стабильную форму последовательно (монотропный полиморфизм):  $\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \beta' \rightarrow \beta$ . Наиболее нестабильная стеклообразная  $\gamma$ -форма образуется при мгновенном охлаждении до температуры  $8^\circ\text{C}$ ; а при температурах, близких к нулю, она переходит в  $\alpha$ -форму. Оптимальная температура образования  $\alpha$ -формы  $0-8^\circ\text{C}$ .  $\alpha$ -Форма имеет вид игольчатых кристаллов с температурой плавления глицеридов низкоплавких групп  $8,2-10,8^\circ\text{C}$ , а высокоплавких групп – около  $15-16^\circ\text{C}$ . При температурах, близких к температуре плавления ( $12-15^\circ\text{C}$ ),  $\alpha$ -форма переходит в более стабильную  $\beta'$ -форму.  $\beta'$ -Форма может выкристаллизовываться из расплава при температуре  $12-15^\circ\text{C}$ , может образовываться в результате распада смешанных кристаллов при быстром охлаждении.

Образование полиморфных форм кристаллических структур зависит от режима охлаждения. В быстро охлажденном молочном жире группы триглицеридов почти одновременно образуют кристаллические зародыши в  $\alpha$  и  $\beta'$ -формах. Первоначально отвердевают высокоплавкие глицериды в  $\alpha$ -форму, которая остается устойчивой в течение 2 ч. Через 15 мин после окончания охлаждения появляется

новая кристаллическая структура в  $\beta'$ -форме, образованная другими триглицеридами. При быстром охлаждении полиморфные превращения ограничиваются образованием устойчивой кристаллической структуры в  $\beta'$ -полиморфной форме. Превращение  $\beta'$ -формы в стабильную  $\beta$ -форму тормозится групповой кристаллизацией триглицеридов. Полиморфное превращение кристаллических структур из  $\alpha$ -формы в более устойчивую  $\beta'$ -форму может сопровождаться уменьшением ее качества. При полиморфных превращениях у многих триглицеридов происходит перестройка структур ДДЦ в ТДЦ и наоборот. При охлаждении молочного жира до 2–8 °С основные процессы кристаллизации и полиморфных превращений из  $\alpha$ -формы со структурой ДДЦ в  $\beta'$ -форму со структурой ДДЦ происходят в течение 1,5–2 ч. В молочном жире высокоплавкая группа глицеридов стабилизируется в  $\beta'$ -форму со структурой ДДЦ независимо от режима первоначального охлаждения. При режимах охлаждения, применяемых в производстве сливочного масла, твердый жир после завершения кристаллизации глицеридов содержит кристаллические структуры только в  $\beta'$ -полиморфной форме (А.П. Белоусов).

Полиморфные превращения в цельном и диспергированном молочном жире протекают одинаково (Г.В. Твердохлеб) и сопровождаются выделением теплоты. Влияние полиморфизма в молочном жире на процессы формирования структуры и консистенции сливочного масла некоторые специалисты склонны преувеличивать. Возможное влияние полиморфных превращений в молочном жире не имеет существенного значения, так как глицериды способны образовывать  $\beta'$ -форму без дальнейшего ее превращения в  $\beta$ -форму при различных режимах охлаждения сливок во время физического созревания. Кристаллическая структура твердого жира должна находиться в основном в  $\beta'$ -полиморфной форме.

*Способность кристаллических структур, образуемых глицеридами, выделять жидкий жир.* Эта способность кристаллических структур, формирующихся в жировых шариках охлажденных сливок, имеет особо важное значение при образовании масляного зерна при сбивании сливок. Способность может быть различной при различных режимах низкотемпературной подготовки сливок к сбиванию.

### 1.12.2. Особенности кристаллизации глицеридов в жировых шариках

В жировых шариках зарождение центров кристаллизации начинается в слое глицеридного ядра, прилегающем к внутренней поверхности оболочки. На периферии глицеридного ядра жирового шарика образуется сферический кристаллический слой, состоящий из высокомолекулярных триглицеридов, затем при охлаждении кристаллизуются триглицериды внутри ядра жирового шарика. Кристаллические агрегаты внутри жирового шарика образуются более низкоплавкими триглицеридами. Отвердевание глицеридов в эмульгированном охлажденном жире начинается при более низкой температуре, т. е. требуется более значительная степень переохлаждения. Кристаллизация глицеридов замедляется, и для ее завершения требуется более значительное время.

При охлаждении жира в более крупных жировых шариках при одинаковой температуре отвердевает больше жира, чем в мелких жировых шариках. Чем меньше размер жировых шариков, тем большее переохлаждение требуется для достижения одинакового содержания жира в них. Размер жировых шариков влияет на время, необходимое для зарождения центра кристаллизации в жировом шарике.

Различия в отвердевании цельного молочного жира и молочного жира в жировых шариках наблюдаются при охлаждении молочного жира до 10 °С. При температуре охлаждения ниже 10 °С скорость и характер фазовых превращений цельного молочного жира и молочного жира в жировых шариках становятся одинаковыми.

Периферийный кристаллический слой может быть толстым (0,3–0,5 мкм) или тонким (0,1 мкм), иметь многослойную пластинчатую структуру, которой присущи повышенная механическая прочность, способность выдерживать сильные деформации без разрушения и выделения из шарика жидкого жира, находящегося внутри глицеридного ядра.

Чем тоньше периферийный кристаллический слой, тем больше кристаллических агрегатов содержится в жировом шарике. Во внутренней области жирового шарика находится жидкий жир в количестве, зависящем от режима низкотемпературной подготовки сливок к сбиванию.

При любом режиме низкотемпературной подготовки сливок к сбиванию в них всегда обнаруживается небольшое число жировых

шариков с жидким глицеридным ядром, что является следствием различия в химическом составе молочного жира в отдельных жировых шариках.

### 1.12.3. Закономерности отвердевания молочного жира

Кристаллизация глицеридов в молочном жире протекает во времени ступенчато при постепенном уменьшении скорости. Постепенное уменьшение скорости отвердевания глицеридов является следствием снижения концентрации соответствующих триглицеридов и уменьшения их перенасыщенности  $\Delta C$ , частично вызываемых полиморфным превращением  $\alpha \rightarrow \beta'$ -форму.

Выделяют три периода отвердевания молочного жира и две зоны массовой кристаллизации глицеридов.

Первый период характеризуется интенсивным образованием центров кристаллизации глицеридов. Первый период соответствует первой зоне массовой кристаллизации глицеридов, при этом образуются смешанные кристаллы, преимущественно состоящие из высокоплавких и частично среднеплавких глицеридов. При охлаждении сливок до температуры 12–22 °С первая зона массовой кристаллизации глицеридов отсутствует.

Второй период характеризуется резким снижением скорости отвердевания жира вследствие повышения вязкости расплава молочного жира и уменьшения степени пресыщения. В этот период возможно возникновение зародышей кристаллов низкоплавких глицеридов. Во время третьего периода увеличиваются скорость отвердевания молочного жира и количество отвердевшего жира, протекают полиморфные превращения, происходит перераспределение глицеридов между группами смешанных кристаллов.

Третий период отвердевания молочного жира соответствует второй зоне массовой кристаллизации глицеридов. В конце второй зоны массовой кристаллизации глицеридов заканчивается процесс кристаллизации триглицеридов в молочном жире и устанавливается равновесное состояние между количеством отвердевшего и жидкого жира, которое не изменяется во время последующей выдержки сливок при температуре физического созревания. Время, необходимое для завершения отвердевания жира, зависит от температуры. Отвердевание жира заканчивается через 2, 3, 4 и 4,5 ч при температуре 3, 6,

9, 12 °С, соответственно, при массовой доле жира в сливках 38 %. Две зоны массовой кристаллизации глицеридов четко наблюдаются при большой скорости охлаждения (2 °С/с) до температуры 6–12 °С.

По данным Г.В. Твердохлеб, при физическом созревании сливок происходит отвердевание жира: при температуре 2–4 °С – 50–60 %, при 8 °С – 33–37 %, при 13 °С – 23 %, при 20 °С – 11 %, при 23 °С – 7 %, соответственно. При каждой температуре охлаждения сливок достигается максимально возможная степень отвердевания жира.

При повышении скорости и снижении конечной температуры охлаждения количество отвердевшего жира увеличивается. При повышении скорости охлаждения зона плавления молочного жира смещается на 3–5 °С в область более низких температур, зона массовой кристаллизации глицеридов смещается в область пониженных температур, кристаллизация глицеридов начинается при более низкой температуре.

С увеличением скорости охлаждения и понижением конечной температуры в охлажденном молочном жире уменьшается содержание твердого жира, плавящегося при температуре 20–32 °С. При уменьшении скорости и повышении конечной температуры охлаждения имеет место обратная зависимость – количество твердого жира, плавящегося при температуре в интервале 20–32 °С, увеличивается в результате образования дополнительных групп смешанных кристаллов во время перекристаллизации жира, что способствует повышению термоустойчивости масла.

Содержание отвердевшего жира в охлажденном молочном жире зависит от температуры предварительного отвердевания при других температурах. С понижением температуры при последующем отвердевании содержание твердого жира увеличивается.

От режимов охлаждения молочного жира зависит жирнокислотный состав отвердевшего жира: с повышением скорости и понижением конечной температуры охлаждения увеличивается количество ненасыщенных жирных кислот (на 7,6 %) и понижается количество насыщенных, особенно пальмитиновой, что приводит к снижению температуры плавления твердого жира.

При быстром охлаждении увеличивается скорость образования центров кристаллизации, что способствует сокращению времени для установления равновесного состояния: твердый – жидкий жир. При



уменьшении центров кристаллизации уменьшаются размеры каждого кристаллического образования. Образование мелких смешанных кристаллов с развитой поверхностью и большой смачиваемостью жидким жиром способствует формированию пластичной консистенции масла.

При медленном охлаждении в условиях недостаточного перемешивания возникает мало центров кристаллизации и образуются крупные кристаллы. Это приводит к получению более низкоплавкого, менее термоустойчивого масла.

#### 1.12.4. Влияние различных факторов на фазовые изменения молочного жира

*Влияние химического состава.* При одном и том же режиме охлаждения количество твердого жира и скорость отвердевания глицеридов уменьшается с повышением йодного числа, когда увеличивается содержание в составе молочного жира триглицеридов полиненасыщенных жирных кислот, в частности олеиновой, что наблюдается в весенне-летний период года, и, наоборот, увеличивается с уменьшением йодного числа в осенне-зимний период года, когда в молочном жире преобладают высокоплавкие глицериды, содержащие полунасыщенную миристиновую кислоту. При повышении йодного числа с 33 до 42 количество твердого жира уменьшается на 15 % при 0 °С. С увеличением в молочном жире свободных жирных кислот скорость кристаллизации глицеридов возрастает.

*Влияние содержания жира.* При охлаждении сливок с более высоким содержанием жира количество в них твердого жира и скорость отвердевания уменьшаются в связи с уменьшением скорости кристаллизации глицеридов, так как сливки с большим содержанием жира охлаждаются медленнее, в жировых шариках образуется меньше центров кристаллизации, особенно заметно при низких температурах вследствие быстрого повышения вязкости сливок. Сливки с большим количеством жира охлаждаются медленнее по сравнению с менее жирными сливками ввиду их меньшей тепло- и температуропроводности.

*Влияние дисперсности жира.* При увеличении степени дисперсности жира количество твердого жира в сливках и скорость отвердевания уменьшаются. С повышением массовой доли жира в сливках

влияние степени дисперсности жира на процесс кристаллизации глицеридов усиливается.

*Влияние перемешивания.* При перемешивании кристаллизация глицеридов в охлажденном молочном жире начинается при меньшей степени переохлаждения, сокращается продолжительность нахождения жира в переохлажденном состоянии, увеличивается количество центров кристаллизации, ускоряются полиморфные превращения в молочном жире, раньше наступает равновесное состояние твердый – жидкий жир, увеличивается количество твердого жира и сокращается продолжительность отвердевания.

Такое же влияние оказывает перемешивание сливок на процессы кристаллизации глицеридов в молочном жире, в жировом шарике – на скорость отвердевания жирового шарика. При перемешивании, благодаря более интенсивному теплообмену между сливками и окружающей средой (хладоносителем), происходит ускорение отвердевания жировых шариков, чему способствует отвод теплоты, выделяемой при кристаллизации глицеридов.

Ускорению образования центров кристаллизации способствуют различные удельные объемы глицеридов, которые перемещаются с различной скоростью при вращательном движении жировых шариков в потоке сливок при перемешивании до момента образования кристаллической структуры внутри жировых шариков.

Чем ниже температура сливок при охлаждении, тем в большей степени перемешивание оказывает влияние на кристаллизацию глицеридов, на количество отвердевшего жира. Особенно эффективное влияние оказывает перемешивание сливок во время массовой кристаллизации глицеридов. При перемешивании более низкоплавкие глицериды могут кристаллизоваться при более высокой температуре благодаря увеличению скорости кристаллизации, что приводит к совмещению зон массовой кристаллизации глицеридов. Установлено совмещение двух зон массовой кристаллизации глицеридов с температурными границами 20–23 °С и 12–14,7 °С в одну зону при удельной мощности порядка 45–50 Вт.

Совмещение зон означает, что при интенсивном механическом воздействии одновременно отвердевают триглицериды различных групп, при этом сохраняется принцип их группового отвердевания. При механическом воздействии наблюдается более значительная дифференциация триглицеридов при образовании смешанных кри-

сталлов. Перемешивание используют для ускорения физического созревания сливок. В. Н. Сирин впервые использовал с этой целью перемешивание охлажденных сливок при создании аппарата для низкотемпературной подготовки сливок, названного им сливоподготовителем.

*Влияние других факторов.* Процесс кристаллизации триглицеридов ускоряется при понижении атмосферного давления, а также в момент соприкосновения жирового шарика, содержащего переохлажденный жир, с пограничной поверхностью воздух – сливки под влиянием молекулярных сил, действующих на пограничной поверхности.

#### 1.12.5. Режимы физического созревания сливок

Различают одноступенчатые и двухступенчатые режимы физического созревания сливок для летнего и зимнего периодов года. При одноступенчатых режимах затрудняется регулирование глицеридного состава отвердевшего жира. Двухступенчатые режимы используются для регулирования структуры и консистенции сливочного масла при различном химическом составе молочного жира. При использовании ступенчатых режимов можно компенсировать неблагоприятное влияние, которое оказывают на свойства твердого жира сезонные изменения глицеридного состава молочного жира, так как при использовании ступенчатых режимов имеется возможность осуществить раздельное отвердевание низко- и высокоплавких глицеридов во время физического созревания сливок.

Одноступенчатые режимы физического созревания сливок можно характеризовать тремя параметрами: скоростью охлаждения, температурой и продолжительностью выдержки при конечной температуре. Каждый из этих параметров оказывает влияние на глицеридный состав отвердевшего жира, а следовательно, на структуру и консистенцию сливочного масла.

Двухступенчатые режимы характеризуются наличием двух ступеней подготовки сливок к сбиванию с различными температурами, что и позволяет обеспечить при термостатировании раздельное выкристаллизовывание из молочного жира низко- и высокоплавких глицеридов.

При выборе режимов физического созревания сливок учитывают следующее: 1) содействие успешному протеканию процесса мас-

лообразования при сбивании сливок; 2) предотвращение высоких потерь жира с пахтой; 3) выработка масла с твердой пластичной термоустойчивой консистенцией, преимущественно с коагуляционно-кристаллизационной структурой, способное к намазыванию. С помощью выбранных режимов должно быть обеспечено достаточное количество отвердевшего жира в сливках до начала сбивания, желаемое соотношение между низко- и высокоплавкими группами смешанных кристаллов в отвердевшем жире.

При использовании двухступенчатого режима регулирование консистенции сливочного масла осуществляется посредством варьирования температур сливок и скорости охлаждения или нагревания на каждой ступени их физического созревания. Изменяя скорость охлаждения или нагревания и температуру сливок, можно обеспечить желаемое соотношение между низко- и высокоплавкими группами смешанных кристаллов и необходимое количество отвердевшего жира.

Путем варьирования температур на отдельных стадиях подготовки сливок к сбиванию можно регулировать выделение молочного жира из жировых шариков при сбивании сливок для завершения агрегации жировых шариков и формирования масляного зерна. Режимы физического созревания сливок выбирают с учетом вида вырабатываемого масла и сезона года.

*Одноступенчатый режим физического созревания сливок для весенне-летнего периода года – летний режим (йодное число – более 39): сливки после пастеризации быстро (2 °С/с) охлаждают до температуры 4–6 °С (температурная зона массовой кристаллизации глицеридов).*

При быстром охлаждении исключается развитие остаточной микрофлоры, сохраняются вкус, приобретенный при пастеризации, и запах. Высокая скорость охлаждения сливок способствует образованию большого количества центров кристаллизации глицеридов в молочном жире, последующему более интенсивному отвердеванию и получению масла с хорошими упругопластическими свойствами, мелкокристаллической структурой, с развитой поверхностью, поэтому масло, выработанное из быстро охлажденных сливок, способно лучше удерживать жидкий жир.

После охлаждения сливки выдерживают не менее 3 ч. Сокращение выдержки охлажденных сливок не допускается. Сокращение вы-

держки сливок до 2 ч приводит к увеличению механической прочности масла и ухудшению его консистенции в результате дополнительной кристаллизации глицеридов в переохлажденном жире в процессе отвердевания. Во время выдержки сливки перемешивают 12–18 мин. В сливках, охлажденных до низких положительных температур, массовая кристаллизация глицеридов в молочном жире наблюдается в течение 1–2 ч, в основном с образованием низкоплавких смешанных кристаллов  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  полиморфных форм. Полиморфные превращения при охлаждении и последующем нагревании сливок до температуры, необходимой для сбивания и в процессе сбивания, протекают в основном в низкоплавкой группе глицеридов.

*Одноступенчатый режим физического созревания сливок для осенне-зимнего периода года – зимний режим* (йодное число менее 39): сливки после пастеризации быстро охлаждают до температуры 5–7 °С в потоке и при этой температуре выдерживают не менее 7 ч. Допускается выдержка сливок до 16–17 ч, при этом во избежание нарастания кислотности сливки пастеризуют при температуре 105–115 °С, и физическое созревание сливок осуществляется при 6–8 °С. Характерной особенностью одноступенчатых режимов является наличие пропорциональной зависимости между продолжительностью выдержки охлажденных сливок и конечной температурой охлажденных сливок: на каждый градус температуры требуется около одного часа времени для выдержки сливок.

В масле, выработанном из сливок, подготовленных по одноступенчатому режиму, увеличивается содержание твердого жира, плавящегося при температуре выше 24 °С, что способствует повышению термоустойчивости масла. Одноступенчатый режим подготовки сливок к сбиванию прост и менее трудоемок по сравнению со ступенчатыми режимами. Однако при одноступенчатом режиме твердый жир при кристаллизации глицеридов в жировых шариках обладает свойствами, неблагоприятными для консистенции масла (узкая зона плавления, минимальное количество жира, не расплавляющегося при 20 °С).

*Двухступенчатый режим физического созревания сливок для весенне-летнего периода года* применяется при повышенном содержании в жире низкоплавких глицеридов (йодное число более 39). Сливки после пастеризации охлаждают в потоке до температуры 13–15 °С

и выдерживают при этой же температуре не менее 3 ч для кристаллизации высокоплавких и среднеплавких глицеридов.

Затем сливки охлаждают в ваннах при перемешивании до температуры 4–6 °С и вторично выдерживают при этой же температуре не менее 6 ч с перемешиванием через каждые 1,5 ч по 3–5 мин. Скорость охлаждения сливок не должна превышать 2–5 °С/мин.

Для повышения термоустойчивости летнего масла можно повысить температуру сливок на первой ступени их созревания до 16–20 °С. Однако при этом появляется опасность порчи масла в результате активизации микробиологических процессов, протекающих в сливках во время физического созревания, количество отвердевшего жира по сравнению с количеством отвердевшего жира при одноступенчатом режиме охлаждения уменьшается до 15 %.

На второй ступени выкристаллизовываются низкоплавкие группы глицеридов в виде смешанных мелких кристаллов. С понижением температуры на первой ступени на второй ступени увеличивается содержание отвердевшего жира и быстрее достигается равновесное состояние твердый – жидкий жир, что является результатом влияния на отвердевание молочного жира предварительного отвердевания при других температурах. После окончания второй выдержки сливки подогревают водой температурой 27 °С до температуры, необходимой для сбивания, и направляют их на сбивание.

Характерными особенностями летнего ступенчатого режима являются пониженная скорость охлаждения сливок после пастеризации, а также двукратная выдержка сливок: первая – при температуре, превышающей температуру сбивания сливок на 3–8 °С, вторая – при температуре ниже температуры сбивания на 3–5 °С.

В результате снижения скорости охлаждения сливок уменьшаются скорость кристаллизации глицеридов и содержание низкоплавких глицеридов в отвердевшем жире, что приводит к увеличению способности масла к удерживанию жидкого жира.

Выдержка сливок при повышенной температуре (13–15 °С) способствует увеличению содержания в твердом жире глицеридов высокоплавких групп, расплавляющихся при температуре 20–32 °С, что приводит к увеличению твердости масла и повышению его термоустойчивости. При снижении количества низкоплавких глицеридов и увеличении количества высокоплавких глицеридов в твердом жире повышается температура его плавления.

*Двухступенчатый режим физического созревания сливок для осенне-зимнего периода года* применяется при повышенном количестве высокоплавких глицеридов в жире (йодное число – менее 39). Сливки после пастеризации охлаждают в потоке до температуры 5–7 °С, выдерживают 2–3 ч. Во время выдержки сливки перемешивают 2–3 раза по 5 мин, затем медленно, в течение 40–60 мин, подогревают до 13–15 °С водой температурой 27 °С и при этой же температуре вторично выдерживают не менее 3 ч с перемешиванием по 3–5 мин через каждые 1,0–1,5 ч. После окончания выдержки сливки охлаждают до температуры, при которой их подвергают сбиванию.

В результате быстрого охлаждения сливок на первой ступени в отвердевшем жире увеличивается содержание глицеридов низкоплавких групп. Это приводит к снижению прочности структуры и твердости масла.

Термоустойчивость масла повышается вследствие выкристаллизовывания глицеридов в виде мелких кристаллов при повышении скорости охлаждения.

Температуру сливок при второй выдержке подбирают с таким расчетом, чтобы она находилась в пределах температурной зоны плавления глицеридов высокоплавких групп. Во время выдержки сливок при температурах в пределах температурной зоны плавления глицеридов высокоплавких групп создаются благоприятные условия для перераспределения глицеридов этой группы, в результате чего уменьшается содержание твердого жира, плавящегося при низких температурах (0–20 °С). Это приводит к снижению твердости масла и формированию его пластичной консистенции. Применение зимнего ступенчатого режима наиболее эффективно при производстве масла методом периодического сбивания сливок. Применяя ступенчатые режимы физического созревания сливок, можно обеспечить низкое содержание жира в пахте и выработать термоустойчивое масло со структурой преимущественно коагуляционного типа как в осенне-зимний, так и в весенне-летний периоды года. К особенностям ступенчатых режимов следует отнести наблюдаемое уменьшение количества твердого жира при длительной выдержке сливок при каждой промежуточной температуре.

### 1.12.6. Ускоренная низкотемпературная подготовка сливок к сбиванию

Применение перемешивания с целью сокращения продолжительности физического созревания сливок впервые предложили советские ученые. В 1936 г. В.И. Сирин создал для этой цели аппарат, названный им сливоподготовителем. Для ускоренной низкотемпературной подготовки сливок в ЛТИХП разработаны аппараты с диском. Ускоренная низкотемпературная подготовка сливок в сливоподготовителе осуществляется посредством их перемешивания мешалкой или диском в течение 2–5 мин со скоростью 2,3–4,5 м/с, в периферии – 3,5 м/с. Чтобы избежать повышенного отхода жира в пахту и получения масла пониженной формо- и термоустойчивости, ЛТИХП рекомендует после сливообработника выдерживать сливки при температуре 3–5 °С в весенне-летнее время 1,2–2 ч; в осенне-зимнее время – 45–50 мин. ВНИИМС рекомендует после сливообработника выдержку до 2,5 ч при 7–8 °С. Затем сливки нагревают в потоке до температуры 8–12 °С, дополнительно выдерживают 20–30 мин, после чего сбивают в маслоизготовителе непрерывного действия.

Во ВНИИМС разработан оригинальный метод ускоренной подготовки сливок к сбиванию в дисперсном состоянии в среде (атмосфере) азота. Сливки после пастеризации охлаждают до температуры 18–20 °С, затем распыляют и охлаждают в атмосфере паров жидкого азота при 2–4 °С. Охлажденные сливки поступают в резервирующую емкость, где их выдерживают в течение 6 мин при перемешивании при удельной затрате мощности 1,6 Вт/кг. Затем сливки подогревают до температуры, предусмотренной для сбивания, выдерживают 20–30 мин, после чего подают в маслоизготовитель. При использовании маслоизготовителя периодического действия выдержка сливок не нужна.

### 1.12.7. Влияние низкотемпературной подготовки на физические свойства сливок

В результате отвердевания жировых шариков сливки из эмульсии превращаются в суспензию. Появление кристаллических агрегатов в жировом шарике существенно влияет на состояние оболочки жирового шарика и физические свойства сливок. Это влияние усиливается выдержкой сливок, т. е. «старением суспензии жира».



На поверхности жирового шарика между плазмой и жиром расположен липопротеиновый слой, гидрофобные цепи которого связаны с прилегающей к оболочке поверхностью жира – глицеридным ядром, а гидрофильные цепи ориентированы к плазме сливок. С появлением твердого жира внутри жировых шариков уменьшается прочность связи оболочки с нижележащим слоем жира, сольватация внутренней поверхности оболочки нарушается компонентами глицеридного ядра (по-видимому, высокоплавкими триглицеридами), что влечет за собой десорбцию (переход) липопротеиновых комплексов в молочную плазму некоторой части веществ оболочки.

По данным А.П. Белоусова, количество белка, связанного с оболочкой жирового шарика, в результате отвердевания глицеридов уменьшается на 15–20 %, что обеспечивает разрушение оболочки при сбивании сливок. Оболочные вещества, как более поверхностно-активные, располагаются на границе воздух–сливки. В результате перераспределения поверхностно-активных веществ (ПАВ) удельная поверхностная энергия на границе жир–плазма повышается, а на границе воздух–сливки – снижается, уменьшаются толщина и механическая прочность оболочки, а также ее стабилизирующая способность. Поэтому снижается устойчивость суспензии жира в сливках (дестабилизация жировой дисперсии), что имеет большое значение для маслообразования при сбивании сливок. При снижении механической прочности оболочки периферийный слой глицеридного ядра сохраняет высокую пластичность.

При отвердевании жировые шарики становятся гидрофобизированными, что приводит к возникновению структурных связей между ними. Степень дестабилизации жировой дисперсии в сливках зависит от температуры охлаждения и последующей выдержки. Она повышается с увеличением времени выдержки и понижением температуры. Наибольшая степень дестабилизации жировой дисперсии наблюдается при ступенчатом режиме физического созревания сливок.

При ускоренной подготовке сливок к сбиванию с применением интенсивного механического воздействия степень дестабилизации жировой дисперсии сливок увеличивается на 12–15 %. В сливках с отвердевшим жиром образуются флокуляты (скопления, кучки жировых шариков). При достаточной их концентрации возможно образование локальных пространственных структур с преобладанием элементов коагуляционной структуры.

Образованию кучек жировых шариков способствует значительное снижение электрического заряда жировых шариков во время физического созревания сливок. Их способность к отталкиванию как одноименно заряженных частиц уменьшается. Образование структурных связей между жировыми шариками и гидратация белков влекут за собой повышение эффективной вязкости сливок.

При увеличении содержания жира в сливках возможно образование агрегатов (жировых частиц), состоящих из слипшихся отвердевших жировых шариков. На агрегацию жировых частиц влияют метод и режимы охлаждения сливок, продолжительность термостатирования. При снижении температуры охлаждения сливок и увеличении продолжительности их выдержки дисперсность частиц снижается, что также снижает устойчивость жировой дисперсии сливок. Продолжительность выдержки сливок оказывает влияние тем больше, чем ниже температура охлаждения. Агрегация жировых частиц также влечет за собой повышение вязкости сливок при их низкотемпературной подготовке. Однозначной зависимости вязкости сливок от степени отвердевания молочного жира не установлено.

### **1.13. Сбивание сливок**

Сбивание сливок представляет собой одну из операций технологического процесса производства масла, при выполнении которой осуществляется одна из стадий процесса маслообразования, включающая в себя объединение частично отвердевших разрозненных жировых шариков в комочки жира. Комочки жира образуются в результате сложных физико-химических и гидродинамических процессов, происходящих в сливках во время сбивания. Образовавшиеся комочки жира выделяют из плазмы сливок в виде масляного зерна. После выделения масляного зерна из плазмы остается обезжиренная часть сливок, именуемая пахтой, содержащая некоторое количество жира. Сбивание сливок сопровождается образованием пены. Пена представляет собой дисперсию воздушных пузырьков. Сливки сбивают в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия. Для сбивания сливок может применяться и другое оборудование.

Сбивание сливок осуществляется в результате их гравитационного перемешивания в маслоизготовителях периодического действия и с помощью мешалки в маслоизготовителях непрерывного действия.

### 1.14. Современные представления о процессе маслообразования при сбивании сливок

Современные представления о сущности и механизме процесса маслообразования при сбивании сливок даны в так называемых теориях сбивания. Авторы этих теорий изложили свои представления о процессе сбивания сливок с учетом сложных физико-химических, микро- и макропроцессов, протекающих в сливках во время сбивания, и гидродинамических условий сбивания. В каждой теории рассматривается некоторая часть физико-химических и гидродинамических процессов. В общем эти теории отражают совокупность реальных процессов маслообразования при сбивании сливок и их роль в агрегации жировых шариков во время сбивания сливок.

*Флотационная теория.* Данную теорию впервые предложили за рубежом В. Ван-Дам, Б. Хольверд, Н. Мульдер. В нашей стране флотационную теорию предложил и развил А.П. Белоусов. Авторы этой теории описывают процесс агрегации жировых шариков при их взаимодействии с воздушными пузырьками и поверхностью раздела воздух – сливки, образующегося при сбивании сливок.

А.П. Белоусов выделяет две стадии процесса агрегации жировых шариков в поверхности раздела сливки–воздух. Во время первой стадии жировые шарики с частично отвердевшим жиром и с частично разрушенной оболочкой во время физического созревания сливок флотируются воздушными пузырьками, количество которых в процессе сбивания увеличивается, происходит их сближение до взаимодействия и последующее соединение друг с другом в результате слипания. При этом образуются первичные поверхностные агрегаты.

Агрегация жировых шариков становится возможной благодаря их сжатию под воздействием поверхностного давления флотированных жировых шариков при деформации воздушных пузырьков во время перемещения в сливках под воздействием градиента скорости. Дальнейший рост агрегатов в большей степени происходит путем агрегации в объеме сливок по принципу ортокинетической коагуляции. Начиная с некоторого предельного размера, агрегаты перестают стабилизировать воздушные пузырьки, что влечет за собой разрушение пены.

Способность флотироваться жировые шарики приобретают в результате потери некоторой части оболочных веществ наиболее гидрофильных липопротеиновых комплексов во время физического созревания сливок. Причиной флотации является различная поверхностная активность липопротеинового комплекса оболочки жирового шарика и белков молока. Липопротеиновый комплекс оболочки жирового шарика более поверхностно-активен как на пограничной поверхности плазма–жир, так и на пограничной поверхности плазма–воздух по сравнению с любым другим веществом плазмы. При соприкосновении жирового шарика с воздушным пузырьком наиболее поверхностно-активные компоненты оболочки жирового шарика перемещаются на пограничную поверхность сливки–воздух, вытесняя из нее белки плазмы в плазму сливок. В результате такого перераспределения оболочного вещества происходит разрыв оболочки жирового шарика в точке его контакта с пограничной поверхностью; жировой шарик вовлекается (флотируется) на пограничную поверхность плазма–воздух.

Часть жидкого жира выделяется из жирового шарика и растекается в виде очень тонкого (мономолекулярного) слоя по внутренней поверхности пузырька, образуя первичный флотационный слой, состоящий из флотированных жировых шариков, слипшихся друг с другом посредством жидкой фракции жира. Растекание жидкого жира обусловлено более низкой удельной поверхностью энергии жира на границе с воздухом –  $34,5 \cdot 10^{-3}$  Н/м (34,5 дин/см) при температуре 20 °С по сравнению с поверхностной энергией жира на границе с плазмой –  $49 \cdot 10^{-3}$  Н/м (49 дин/см). На второй стадии происходит рост агрегатов жировых шариков.

При столкновении воздушных пузырьков с гидрофобизированными жировыми шариками или агрегатами, находящимися в плазме, происходит их прилипание к поверхности флотационного слоя воздушных пузырьков, а также агрегация воздушных пузырьков с флотированными отвердевшими жировыми шариками. В конце второй стадии образуется структурированная агрегатная пена. Агрегатная пена состоит из мелких пузырьков, отделенных друг от друга неподвижными прослойками жидкости (плазмы). Неподвижные связи в прослойках необратимо разрушаются под влиянием механических воздействий. Вторая стадия заканчивается разрушением агрегатной

пены с образованием мелких комочков жира из слипшихся жировых шариков, именуемых маковым зерном.

А.П. Белоусов делит весь процесс сбивания сливок с учетом формирования агрегатной пены на три стадии:

- 1) до начала формирования агрегатной пены;
- 2) формирование агрегатной пены;
- 3) заключительная стадия формирования масляного зерна.

Характеризуя процесс маслообразования при сбивании сливок в маслоизготовителях непрерывного действия, А.П. Белоусов отмечает, что в маслоизготовителе непрерывного действия процесс маслообразования в принципе не отличается от процесса, происходящего в маслоизготовителе периодического действия. Особенностью процесса маслообразования в маслоизготовителях непрерывного действия является то, что он протекает в условиях большей интенсивности механического воздействия на сливки. В этих условиях преобладающей является агрегация жировых шариков в свободной поверхности сливок, увеличивается роль свободной поверхности сливок, граничащей с воздухом. Поверхность раздела воздух – сливки образуется при разрыве потока сливок (кавитации) в результате интенсивного вращения мешалки. Эта свободная поверхность сливок выполняет ту же функцию, что и в маслоизготовителе периодического действия. В свободной поверхности воздушные пузырьки после столкновений с поверхностью коалесцируют (разрушаются).

В маслоизготовителе непрерывного действия возрастают скорость образования новых поверхностей раздела сливки – воздух и скорость перемещения воздушных пузырьков в направлении свободной поверхности, что приводит к ускорению процесса вовлечения жировых шариков на поверхность раздела, а также к ускорению их агрегации. Разрушение воздушной дисперсии начинается, когда число единичных (дискретных) жировых шариков становится недостаточным для стабилизации вновь образующихся воздушных пузырьков.

В маслоизготовителях непрерывного действия вследствие резкого возрастания интенсивности механического воздействия увеличивается роль агрегации жировых шариков при их столкновении с участием жидкого жира в объеме сливок.

*Теория Н. Кинга и Р. Фритца.* Механизм агрегации жировых шариков с участием воздушных пузырьков был рассмотрен Н. Кин-

гом и Р. Фритцем. Авторы теории считают, что слипание жировых шариков происходит при внезапном разрыве оболочки воздушного пузырька; при этом жировые шарики, находящиеся внутри оболочки, сдвигаются и прижимаются друг к другу так, что часть из них слипается. Для агрегации жировых шариков необходимы следующие условия: выделение из жировых шариков свободного жира; близкое расположение жировых шариков внутри оболочки; энергия, сближающая жировые шарики при разрыве оболочки воздушного пузырька, должна превышать сопротивление оболочки жировых шариков разрушению.

*Физико-химическая теория М.М. Казанского.* Автором показана роль физического созревания сливок в процессе маслообразования при сбивании сливок. Согласно теории, объединение жировых шариков происходит вследствие частичного отвердевания жира и одновременного снижения отрицательного электрического заряда адсорбционных оболочек жировых шариков.

При отвердевании жира вследствие перехода части оболочных веществ с поверхности жировых шариков в плазму снижаются стабильность и прочность оболочки; образование пены в сливках во время сбивания способствует переходу оболочного вещества в плазму, а затем во вновь образующуюся поверхность раздела сливки – воздух.

Во время физического созревания происходит деформация жировых шариков, вследствие чего оболочка подвергается действию напряжений, способных вызвать появление трещин на оболочке, через которые просачивается жидкий жир, вызывая фобизацию и комкование жировых шариков. Жировые шарики, на которых оболочка сохранилась, не участвуют в образовании комочков и переходят в пахту.

*Кавитационная теория.* Данная теория была предложена В.Д. Сурковым. При перемешивании сливок при определенных скоростях движения в объеме сливок создаются условия, благоприятные для образования пустот – каверн, в результате разрыва потока при критической скорости в местах пониженного давления. При этом появляются новые поверхности раздела внутри объема сливок.

Различают два цикла агрегации жировых шариков в кавитационной полости. В течение первого цикла жировые шарики выделяются на вновь образующуюся поверхность раздела. Во втором цикле происходит обрушение полости потоками жидкости повышен-

ного давления. При этом конденсируются пары и растворяются газы. Обрушение полости имеет характер гидравлического удара. В течение второго цикла жировые шарики сдавливаются и соединяются оплавленными поверхностями, образуя комочки жира. По мнению А.П. Белоусова, физико-химические процессы на поверхности кавитационных полостей и на поверхности воздушных пузырьков протекают аналогично.

*Гидродинамическая теория.* Согласно гидродинамической теории, жировые шарики могут слипаться в жидкостных вихрях, образующихся в объеме сливок. Процесс вихреобразования в сливках впервые был изучен Г.А. Куком, предложившим гидродинамическую теорию маслообразования, основанную на том, что в процессе сбивания сливок возникают микро- и макровихри. Микровихри, характерные для ламинарного режима, вызывают вращение жировых шариков. Температура поверхности вращающегося жирового шарика заметно повышается в результате затраты работы на трение. Тепло от места его возникновения распространяется в окружающую жидкость и внутрь жирового шарика, вызывая плавление наиболее низкоплавких триглицеридов. Вследствие стремительного вращения жирового шарика его диффузный слой разрушается.

Жировой шарик, подвергнувшийся такой обработке, выбрасывается в турбулентный поток сливок и попадает в сферу действия макро-вихрей, представляющих собой маленькую центрифугу. Сепарирующая способность макровихря достаточна для сближения жировых шариков вплоть до контакта их поверхностей. На оси вихря жировые шарики концентрируются, и благодаря высокому давлению происходит их спрессовывание между собой, которое и приводит к агрегации жировых шариков с образованием первичных комочков жира.

### **1.15. Сбивание сливок в маслоизготовителях периодического действия**

В настоящее время в промышленности используются безвальцовые металлические маслоизготовители с емкостями из нержавеющей стали цилиндрической, конической и других форм. В емкостях размещены лопасти для интенсивного перемешивания сбиваемой массы и сбрасывания пласта масла в период обработки.

Сливки в емкость подаются насосом или засасываются при создании соответствующего разрежения. Масло выгружается через люк.

*Стадии сбивания сливок.* Различают три стадии сбивания сливок:

- образование дисперсии воздушных пузырьков;
- разрушение дисперсии воздушных пузырьков, включая стадии образования и разрушения агрегатной пены;
- заключительная стадия формирования масляного зерна.

На стадии образования дисперсии воздушных пузырьков в период сбивания сливок происходят образование и разрушение пузырьков. Пузырьки образуются в результате диспергирования воздуха в сливках во время их перемешивания, а разрушаются в поверхностном слое сливок, граничащем с воздухом.

Пузырьки воздуха появляются в поверхностном слое сливок и вновь увлекаются потоками жидкости внутрь объема сливок до тех пор, пока не разрушаются в результате коалесценции со свободной поверхностью. Пузырек разрушится в том случае, если продолжительность пребывания пузырька в поверхностном слое сливок достаточна для растягивания оболочки пузырька до критической толщины. Степень заполнения маслоизготовителя сливками должна быть такой, чтобы продолжительность контакта пузырьков с воздухом соответствовала необходимой скорости их разрушения.

Продолжительность пребывания воздушных пузырьков в свободной поверхности сливок при сбивании в маслоизготовителе может быть недостаточной для их разрушения при значительном заполнении емкости маслоизготовителя (55 %) сливками или обильном их вспенивании. В этом случае принимают специальные меры для разрушения пены. В первые 5–10 мин сбивания объем воздуха, заключенного в воздушных пузырьках, достигает 90 % от объема сливок, и поверхность воздушных пузырьков в 1 л смеси составляет 80 м<sup>2</sup>.

На первой стадии сбивания разрушается меньше пузырьков, чем образуется. В результате: увеличиваются общее число пузырьков, объем воздушной дисперсии и поверхность контакта воздух – сливки; образуется структурированная подвижная пена вследствие превращения некоторого количества или всего объема сливок в тонкие прослойки между пузырьками пены. На первой стадии завершается процесс включения новых объемов воздуха в сбиваемые сливки. Первая стадия заканчивается, когда число образующихся воздушных пузырьков равно числу разрушенных.



На второй стадии происходит разрушение дисперсии воздушных пузырьков вследствие уменьшения свободных жировых шариков, стабилизирующих воздушные пузырьки. При этом резко уменьшается скорость образования воздушных пузырьков, что приводит к резкому снижению количества воздушных пузырьков в сбиваемых сливках после достижения максимальной величины. При этом в сливки включается меньше воздуха, чем удаляется, а объем воздушной дисперсии уменьшается.

В конце второй стадии образуется структурированная система, представляющая собой агрегатную пену. Стадией агрегатной пены завершается период сбивания, в течение которого в сливках продолжает существовать воздушная дисперсия. Агрегатная пена представляет собой структурированную дисперсную систему, обладающую механической прочностью. Объем агрегатной пены увеличивается, главным образом, в результате включения в нее не воздуха, а плазмы сливок. Плазма сливок расходуется на создание новой поверхности, образующейся в результате раздробления крупных пузырьков на мелкие. Часть плазмы сливок механически удерживается агрегатной пеной.

Вторая стадия заканчивается разрушением агрегатной пены и образованием мелких комочков жира из слипшихся жировых шариков, именуемых маковым зерном.

На третьей стадии завершается образование масляного зерна путем соединения первичных агрегатов жировых шариков, образовавшихся на предыдущих стадиях сбивания сливок, и в результате распада структуры агрегатной пены.

*Характеристика процесса сбивания сливок.* Основными показателями, характеризующими процесс сбивания сливок, являются: продолжительность сбивания; содержание жира в пахте; изменение температуры сливок; размеры и консистенция масляного зерна, образовавшегося при сбивании сливок; затраты мощности. Эти показатели служат для оценки степени завершенности процесса сбивания сливок в маслоизготовителях как периодического, так и непрерывного действия и влияния условий сбивания на процесс сбивания.

*Продолжительность сбивания сливок.* При выработке масла с массовой долей влаги 16, 20 и 25 % продолжительность сбивания сливок в безвальцовых маслоизготовителях допускается от 45 до 60 мин независимо от формы рабочей емкости маслоизготовителя.

*Содержание жира в пахте.* По действующим нормативам массовая доля жира в пахте не должна превышать 0,4 % при сбивании сливок в маслоизготовителе периодического действия и 0,7 % при сбивании сливок в маслоизготовителях непрерывного действия.

Степень использования жира исходных сливок при их сбивании рассчитывают по формуле

$$C_T = \frac{J_{\text{мс}}(J_{\text{сл}} - J_{\text{пх}})}{J_{\text{сл}}(J_{\text{мс}} - J_{\text{пх}})} (100 - П),$$

где  $J_{\text{мс}}$ ,  $J_{\text{сл}}$ ,  $J_{\text{пх}}$  – массовая доля жира в масле, сливках, пахте, %; П – норма потерь жира, %.

*Изменение температуры сливок.* При сбивании температура сливок постепенно возрастает. Главным источником теплоты является превращение механической энергии в тепловую. Повышение температуры сливок в процессе их сбивания связано также с теплообменом между сливками и окружающим воздухом помещения через стенку маслоизготовителя, с изменением агрегатного состояния молочного жира и поверхностными явлениями при сбивании сливок.

Повышение температуры в результате изменений агрегатного состояния молочного жира имеет место в том случае, когда сбиваются сливки, содержащие молочный жир, который частично отвердевает в процессе сбивания. Количество выделяемой при этом скрытой теплоты плавления возрастает с увеличением содержания жира и более низкой начальной степени отвердевания жира. Скрытая теплота плавления молочного жира составляет 7,0 кДж/кг. Во время сбивания сливок возможно расплавление некоторых наиболее низкоплавких триглицеридов с поглощением теплоты. Влияние этого фактора незначительно. Прирост температуры сливок за весь период сбивания не должен превышать 1,5–2 °С.

*Размеры и консистенция масляного зерна.* Размеры и консистенция масляного зерна оказывают существенное влияние на формирование структуры и консистенции сливочного масла. От размера и консистенции масляного зерна зависят влагоудерживающая способность пласта масла, образующегося при механической обработке масляных зерен, и содержание влаги в готовом продукте.

Масляные зерна образуются при разрушении агрегатной пены. Масляное зерно представляет собой слипшиеся друг с другом частично или полностью отвердевшие жировые шарики, содержит плазму сливок, которая удерживается в капиллярах, состоит из агрегатов кристаллов триглицеридов молочного жира, объединенных в комочки со сложной структурой, характерной для эмульгосуспензий.

Из кристаллов триглицеридов образуется кристаллический каркас, благодаря чему масляное зерно сохраняет форму. Жидкий молочный жир в масляном зерне является основной непрерывной фазой. Основой жесткого каркаса образующихся масляных зерен являются связи между частицами твердого жира кристаллизационного типа. В капиллярах жидкого жира содержатся капли диспергированной плазмы, внутри которых возможно наличие отдельных жировых шариков.

Внутри зерна содержится небольшое количество влаги, смачивающей неразрешенные участки оболочки жировых шариков, включенных в агрегаты. Поверхность масляного зерна в значительной степени покрыта жидким жиром. Масляное зерно должно быть получено определенных размеров с желаемой структурой и консистенцией. Оптимальный размер масляного зерна при сбивании сливок в маслоизготовителе периодического действия находится в пределах 3–5 мм, но возможно отклонение в сторону увеличения в зависимости от конструкции маслоизготовителя, химического состава молочного жира, режима подготовки сливок к сбиванию.

При выработке масла с повышенным содержанием влаги увеличивают размер масляного зерна с целью повышения влагоудерживающей способности. При правильно выбранных условиях и режиме сбивания в маслоизготовителях периодического действия образуется масляное зерно с компактной структурой правильной округлой формы с гладкой поверхностью; в маслоизготовителях непрерывного действия – рыхлое с неровной поверхностью.

При недостаточной степени отвердевания молочного жира образуется мягкое масляное зерно с повышенной способностью к смачиванию и слипанию, что затрудняет механическую обработку масла. При избыточном отвердевании молочного жира получается излишне твердое масляное зерно. С повышением твердости масляного зерна уменьшается его способность к смачиванию.

Масляное зерно отделяется от пахты путем стекания пахты из смеси, при этом формируется масса масляных зерен. Масляные зерна являются средой, через которую фильтруется пахта при стекании. Содержание влаги в масляных зернах иногда именуют влагоемкостью массы масляных зерен, содержание влаги в готовом масле – конечной влагоемкостью масляных зерен после механической обработки.

Основное количество влаги, удерживаемой массой масляных зерен, находится вне зерен в виде влаги, связанной с поверхностью масляных зерен в результате прилипания (адгезии). В массе масляных зерен содержится больше капиллярной влаги, чем влаги, связанной с поверхностью зерен. При образовании капилляров поверхностная влага входит в состав капиллярной влаги.

В соответствии с классификацией форм связи жидкой фазы в пористых телах, предложенной П. Ребиндером, влага смачивания и капиллярная влага относятся к механически связанной влаге. Некоторое количество влаги, удерживаемой массой масляных зерен, находится внутри единичных масляных зерен в виде диспергированной влаги, изолированной в жидком жире. Количество диспергированной влаги увеличивается внутри масляного зерна с увеличением его размера. Содержание влаги в массе масляных зерен колеблется в широких пределах (от 15 до 50 %) и зависит от размера масляного зерна и степени отвердевания молочного жира.

При уменьшении размера зерна увеличивается массовая доля влаги, заполняющей промежутки между масляными зернами, поэтому при мелком масляном зерне в пласт масла вработывается больше поверхностной влаги. С увеличением размера масляных зерен общее содержание влаги уменьшается.

#### 1.15.1. Условия, влияющие на сбивание сливок

Наиболее важными условиями, влияющими на сбивание сливок, являются: начальная температура сливок, степень наполнения емкости маслоизготовителя, число оборотов емкости маслоизготовителя, степень отвердевания жира, содержание жира в сливках, химический состав и свойства молочного жира. Влияние условий на результаты сбивания необходимо учитывать при выборе начальной температуры сливок.

*Температура сливок.* Начальная температура сливок является одним из основных условий получения масляного зерна желаемой консистенции и эффективности процесса маслообразования.

Температура сбиваемых сливок оказывает влияние на продолжительность сбивания и содержание жира в пахте. Путем изменения начальной температуры сливок можно регулировать процесс сбивания.

При повышенной начальной температуре сливок во время сбивания образуется крупнодисперсная пена, малоустойчивая при механическом воздействии; понижается количество отвердевшего жира в результате расплавления некоторых низкоплавких триглицеридов; увеличивается количество жидкой фракции молочного жира.

Под избытком жидкого жира понимается устойчивость образующихся пузырьков пены. Жидкий жир может перейти в плазму, где диспергируется, повышая содержание жира в пахте. Поэтому при повышенной начальной температуре сливок продолжительность сбивания сокращается, содержание жира в пахте увеличивается, масляное зерно получается излишне мягким.

Чем выше температура сбиваемых сливок, тем больше жира переходит в пахту. В случае сбивания сливок при температуре ниже рекомендуемой образуется устойчивая пена, содержащая мелкие воздушные пузырьки, вследствие чего затрудняется ее разрушение и увеличивается продолжительность процесса сбивания.

*Степени наполнения емкости маслоизготовителя.* Рекомендуются следующие степени наполнения емкости маслоизготовителя при сбивании сливок: минимальная – 25 %, максимальная – 50 %. Степень наполнения емкости маслоизготовителя снижают с увеличением содержания жира и повышают с понижением содержания жира. При заполнении емкости маслоизготовителя на 40 % достигается максимальная поверхность воздушных пузырьков, что способствует снижению содержания жира в пахте.

При наполнении емкости маслоизготовителя более чем на 50 % уменьшается высота падения сливок, вследствие чего замедляется образование пены, и процесс сбивания сливок удлиняется.

Если при вспенивании сливки заполняют емкость маслоизготовителя полностью, то сбивания не происходит. В таком случае часть сливок удаляют, и продолжают сбивание.

В случае недостаточного наполнения емкости маслоизготовителя сливками процесс образования масляного зерна протекает ускоренно, в силу чего часть жировых шариков не успевает агрегировать и остается в пахте, понижая степень использования жира.

Однако при минимальном наполнении емкости маслоизготовителя продолжительность сбивания не сокращается, а увеличивается в результате растекания сливок по стенкам и медленного их перемещения по поверхности. Минимальная степень наполнения емкости маслоизготовителя составляет 25 %. При степени наполнения емкости маслоизготовителя менее 25 % центробежная сила прижимает сливки к стенке маслоизготовителя тонким слоем. Прекращается перемешивание сливок, вследствие чего сбивания сливок не происходит. При излишнем и недостаточном наполнении емкости маслоизготовителя затрудняется механическая обработка масла.

*Число оборотов емкости маслоизготовителя.* Число оборотов емкости маслоизготовителя должно быть таким, чтобы обеспечить при сбивании подъем сливок на максимально возможную высоту с последующим их свободным падением или стеканием под действием силы тяжести, что необходимо для возникновения градиента скорости в объеме сливок и диспергирования воздуха в сливках. Необходимые условия для сбивания сливок достигаются, когда центробежное ускорение ( $w^2 \cdot R = a$ ) меньше земного ускорения ( $g$ ), а именно  $a < g$ .

При нормальном наполнении число оборотов емкости маслоизготовителя в минуту определяется по формуле

$$n = b \frac{30}{\sqrt{R}},$$

где  $b = 0,7-0,8$ ;  $R$  – внутренний радиус рабочей емкости маслоизготовителя.

Если число оборотов емкости маслоизготовителя окажется чрезмерно высоким (выше критического), то центробежное ускорение превысит ускорение силы тяжести, сливки прижмутся к стенке емкости маслоизготовителя центробежной силой, падения сливок не произойдет, агрегация жировых шариков прекратится. Скорость движения сливок в рабочей емкости маслоизготовителя – 5–7 м/с.

*Содержание жира в сливках.* Массовая доля жира в сливках оказывает существенное влияние на результаты сбивания. С ее увеличением повышается концентрация жировых шариков в единице объема сливок. При прочих равных условиях в этом случае сокращается одна стадия сбивания и, соответственно, образование масляного зерна. Существенная роль при сбивании сливок с повышенной концентрацией жира принадлежит гидродинамическим факторам вследствие чрезмерного повышения вязкости сливок. Это необходимо учитывать при выборе частоты вращения рабочей емкости маслоизготовителя.

При сбивании сливок с повышенным содержанием жира рекомендуется снижать число оборотов емкости маслоизготовителя, чтобы сливки успели оторваться от ее стенок и процесс сбивания не затянулся, а также получить масляное зерно более крупного размера, что облегчает регулирование состава масла при последующей обработке. При сбивании сливок с повышенным содержанием жира начальную их температуру понижают.

В сливках с массовой долей жира до 37 % продолжительность сбивания сокращается в связи с ускорением агрегации жировых шариков, при этом повышается содержание жира в пахте. С увеличением массовой доли жира в сливках выше 37 % продолжительность сбивания сливок увеличивается в связи с замедлением скорости разрушения воздушных пузырьков и агрегатной пены из-за увеличения вязкости сливок.

Особенно большое увеличение вязкости сливок наблюдается в период образования структурированной агрегатной пены, при этом увеличивается степень прилипания сливок к стенке емкости маслоизготовителя. Сливки, прилипшие к стенкам, вращаются вместе с емкостью маслоизготовителя с одинаковой скоростью. Если перемешивание сливок прекращается, то прекращается и образование масляного зерна. Во избежание подобных явлений рекомендуемое содержание жира в сливках, предназначенных для сбивания в маслоизготовителях периодического действия, составляет 32–37 %.

Увеличение содержания жира в пахте при сбивании сливок с повышенным содержанием жира связано с тем, что более жирные сливки, по сравнению с менее жирными, содержат в единице объема больше мелких жировых шариков, переходящих при сбивании в пахту. Увеличение содержания жира в пахте при сбивании сливок с более

высоким содержанием жира оказывает незначительное влияние на степень использования жира, так как пахты получается меньше.

*Размер жировых шариков.* На сбивание сливок оказывает влияние размер жировых шариков. При сбивании гомогенизированных сливок масляное зерно получить невозможно, так как в этом случае при малых размерах жировых шариков (менее 1 мкм) сила давления одного шарика на другой, возникающая при их столкновении, недостаточна для преодоления энергетического и структурно-механического барьера между ними. При сбивании сливок, содержащих мелкие жировые шарики, что наблюдается при получении сливок из стародойного молока и молока некоторых пород скота, продолжительность сбивания увеличивается, жирность пахты повышается вследствие уменьшения вероятности слипания жировых шариков при столкновении.

*Степень отвердевания жира.* Во время низкотемпературной подготовки сливок достигается устойчивое состояние между содержанием твердого и жидкого жира. В сливках, которые не достигли устойчивого состояния во время низкотемпературной подготовки, часть жира отвердевает во время их сбивания, что неблагоприятно отражается на сбивании и консистенции масла. Процесс сбивания протекает нормально при массовой доле отвердевшего жира в сливках 32–35 %; при этом достигается необходимая степень гидрофобности (несмачиваемость поверхности водой) жировых шариков, что обеспечивает лучшее использование жира.

В сливках с пониженным содержанием отвердевшего жира – ниже 30 % (недозревшие сливки) – повышаются удельная поверхностная энергия и вязкость, что при сбивании приводит к образованию малоустойчивой пены, содержащей крупные воздушные пузырьки, которая быстро разрушается, от чего продолжительность сбивания сокращается. Разрушению пены способствует излишнее количество жидкого жира, адсорбированного на поверхности воздушных пузырьков.

При излишнем количестве жидкого жира образуется неравномерное по размерам мягкое масляное зерно, содержащее в большом количестве диспергированную плазму, которая не удаляется во время промывки и обработки, от чего повышается содержание влаги в масле и возникают пороки масла – крупные капли влаги. Сливки



с недостаточным содержанием отвердевшего жира следует сбивать при пониженных температурах.

В сливках с повышенным содержанием отвердевшего жира – выше 35 % («перезревшие сливки») понижается удельная поверхностная энергия и повышается вязкость, что приводит при их сбивании к образованию прочной устойчивой пены, которая медленно разрушается, вследствие чего продолжительность сбивания увеличивается. Замедлению процесса сбивания способствует также недостаток жидкого жира. Получается грубое твердое масляное зерно.

При механической обработке такого масляного зерна влага плохо вработывается. Чтобы улучшить консистенцию масла и добиться нормальной продолжительности сбивания, сливки с излишним содержанием отвердевшего жира следует сбивать при повышенной температуре.

Степень отвердевания жира (в физически созревших сливках) рекомендуется регулировать с учетом начальной температуры сбиваемых сливок. Если начальная температура сбиваемых сливок выше температуры сливок при физическом созревании, то степень отвердевания жира в сливках повышают до 37–42 %, и, наоборот, если начальная температура сбиваемых сливок ниже температуры при их физическом созревании, то степень отвердевания жира понижают до 32–26 %.

*Пенообразующая способность сливок.* Продолжительность сбивания сливок определяется, главным образом, затратой времени на образование воздушной дисперсии и ее разрушение и тесно связана с пенообразующей способностью сливок. Поэтому факторы, влияющие на пенообразующую способность сливок, влияют на продолжительность их сбивания. Пенообразующую способность сливок можно характеризовать удельной высотой воздушной дисперсии  $H_{уд}$ , образующейся при сбивании сливок,

$$H_{уд} = \frac{h_n}{h_0},$$

где  $h_n$  – высота сливок в момент достижения максимального объема воздушной дисперсии;  $h_0$  – высота исходных сливок перед началом сбивания;  $H_{уд} = 0,5–1,5$ .

Продолжительность сбивания сливок  $\tau_{сб}$  находится в обратной зависимости от пенообразующей способности сливок и в прямой – от скорости разрушения агрегатной пены. Эту зависимость можно выразить уравнением

$$\tau_{сб} = \frac{C}{\sqrt{H_{уд}}},$$

где  $C$  – константа.

Из уравнения следует, что скорость процесса маслообразования должна возрастать с увеличением объема воздушной дисперсии (пены). Для ускорения сбивания сливок следует повысить пенообразующую способность сливок в допустимых пределах, понизить устойчивость образующейся агрегатной пены и создать благоприятные условия для ее разрушения.

*Режимы сбивания сливок.* Условия и режимы сбивания сливок подбирают с таким расчетом, чтобы наряду с желаемой структурой и консистенцией масла обеспечить нормальную продолжительность сбивания сливок, прирост температуры сбиваемых сливок в пределах нормы, оптимальные размеры масляного зерна, а также возможно низкое содержание жира в пахте.

При сбивании сливок в маслоизготовителях как периодического, так и непрерывного действия, также учитывают вид вырабатываемого масла, массовую долю жира в сливках, режимы их физического созревания, конструкцию маслоизготовителя.

При производстве сладкосливочного масла (массовая доля влаги 16 %) в маслоизготовителях периодического действия рекомендуется в весенне-летний период сбивать сливки при температуре 7–12 °С, в осенне-зимний – 8–13 °С. При повышенном содержании жира в сливках и недостаточной степени отвердевания жира температуру сливок при сбивании понижают на 1–2 °С, чтобы избежать образования мягкого масляного зерна с повышенным содержанием влаги, а также повышения содержания жира в пахте.

Начальную температуру сбиваемых сливок при повышенной степени отвердевания жира повышают на 1–2 °С, чтобы расплавить частично отвердевший жир и, таким образом, избежать замедления сбивания сливок и получения излишне твердого масляного зерна.

При сбивании сливок с повышенным содержанием жира начальную их температуру понижают, чтобы избежать излишне быстрого образования масляного зерна и, тем самым, предотвратить увеличение содержания жира в пахте и обеспечить благоприятные условия для формирования масляного зерна во время его образования. Сливки с массовой долей жира менее 32 % сбивают при температуре, которая на 1–2 °С выше рекомендуемой. Следует избегать как снижения, так и завышения температуры сбиваемых сливок.

При снижении температуры сбиваемых сливок увеличивается продолжительность сбивания сливок, что может привести к выработке масла с невработанной влагой и засаленной консистенцией. При завышении начальной температуры сбиваемых сливок увеличивается содержание жира в пахте и получается масло с мягкой, мажущейся консистенцией. Чтобы избежать возможного появления пороков консистенции масла, следует нормализовать низкожирные сливки.

Для достижения минимального содержания жира в пахте следует сбивать сливки при возможно низкой начальной температуре, при которой можно обеспечить в допустимых пределах длительность сбивания сливок в маслоизготовителях периодического действия или производительность маслоизготовителей непрерывного действия.

Наиболее высокой граничной температурой сбиваемых сливок является такая температура, при которой жировые шарики вследствие низкой степени гидрофобизации поверхности утрачивают способность флотироваться воздушными пузырьками; наиболее низкой – температура, при которой количества жидкого молочного жира, выделяющегося из жировых шариков, недостаточно для обеспечения приемлемой скорости агрегации жировых шариков.

Конечная температура сбиваемых сливок должна находиться в области максимальных значений сил слипания молочного жира (аутогезии), чтобы стадия формирования масляного зерна протекала нормально. Соответствующая этой величине температура определяется составом жира и режимом его охлаждения: для зимнего периода при температуре 15–16 °С, для летнего – ниже 15 °С.

При правильно выбранном режиме физического созревания сливок и среднем составе молочного жира (йодное число 32–37) наилучшая консистенция масла и максимальная степень использования жира достигаются при конечной температуре сбиваемых сливок 12–14 °С (по теории М.М. Казанского).

## 1.16. Сбивание сливок в маслоизготовителях непрерывного действия

*Характеристика процесса сбивания сливок.* В маслоизготовителях А1-ОЛЮ, МБ-1 сливки сбиваются в специальном устройстве – сбивателе, представляющем собой цилиндр с вращающейся мешалкой и охлаждающей рубашкой. Для увеличения интенсивности сбивания используется сетчатая вставка. Процесс сбивания сливок в сбивателе осуществляется в условиях интенсивного перемешивания.

В маслоизготовителях ФБФК/1, КМ-1500 и КМ-3000 кроме сбивателя имеется разделительный цилиндр, в котором завершается процесс формирования масляного зерна, осуществляются удаление пахты и промывка зерна.

В маслоизготовителях непрерывного действия сливки сбиваются в течение нескольких секунд (5–7 с), а в маслоизготовителях периодического действия процесс сбивания сливок увеличивается в 700–1000 раз. Большая скорость сбивания сливок достигается благодаря интенсивному перемешиванию сливок с помощью мешалки, вращающейся с большой окружной скоростью (18–22 м/с). В результате большой скорости сбивания сливок обеспечивается высокая производительность маслоизготовителей.

Высокая интенсивность перемешивания сливок сопровождается значительным выделением теплоты и повышением температуры в результате перехода механической энергии в тепловую. Чтобы избежать значительного повышения температуры сливок в процессе сбивания, часть выделившейся теплоты удаляется охлаждающей водой, циркулирующей в рубашке сбивателя.

Повышение температуры сбиваемых сливок не должно превышать 2–3 °С.

Конечная температура и разность между температурами сливок и пахты могут изменяться в зависимости не только от выбранной начальной температуры сливок, но и от условий их охлаждения во время сбивания.

Если избыточная теплота, образующаяся во время сбивания сливок, не отводится потоком охлаждающей воды, поступающей в рубашку сбивателя, то температура сливок может повыситься на 3–4 °С. При недостаточно интенсивном отводе теплоты возможны частичное расплавление ранее отвердевшего жира и последующее

его отвердевание в полученном масле, что приводит к ухудшению консистенции масла.

При нормальных условиях сбивания масляное зерно образуется достаточно упругим, хорошо уплотняется в пласт, пахта легко отделяется от масляного зерна и свободно стекает в текстуратор по внутренней стенке крышки в виде капель и прерывающихся струй.

При выработке сладкосливочного масла, содержащего 16 % влаги, размер зерна допускается в пределах от 1 до 10 мм при эксплуатации маслоизготовителей с разделительным цилиндром (КМ, ФБФЦ/1 и др.) и при выработке масла в маслоизготовителях без него (А1-ОЛО и др.) при переходе в текстуратор – от 1 до 3 мм. Для регулирования размера зерна по периодам года применяется изменение начальной температуры сбивания сливок, скорости вращения мешалки, а также притока сливок в сбиватель.

Содержание жира в пахте должно быть минимальным и, в зависимости от сезона года, может колебаться в пределах 0,3–1,1% (по данным Ф. Вышемирского) при сбивании сливок в маслоизготовителях с разделительным цилиндром (ФБФЦ/1, КМ-1500, КМ-3000) и в маслоизготовителях без него (А1-ОЛО, МБ-1): 0,4–0,9 % в весенне-летний период и соответственно 0,3–0,9 и 0,3–0,6 % – в осенне-зимний. Нормативное содержание жира в пахте допускается 0,7 %.

*Условия сбивания сливок.* Сливки подаются в маслоизготовитель винтовым насосом через уравнильный бак с поплавковым регулятором из резервуара, где они подвергались физическому созреванию.

Предварительно сливки перемешивают в резервуаре в течение 10–12 мин с целью усреднения состава и некоторого снижения вязкости. Это обеспечивает нормальное образование масляного зерна при сбивании сливок, минимальные колебания содержания влаги в готовом продукте и наименьший отход жира в пахту.

При поступлении в сбиватель сливки попадают на вращающийся распределительный конус с направляющими и стекают к лопастям мешалки тангенциально. Сливки постепенно приобретают скорость вращения, равную скорости вращения лопастей мешалки, что предотвращает дробление жировых шариков, способствует уменьшению содержания жира в пахте, интенсифицирует процесс сбивания, а также позволяет при сохранении той же производительности аппарата снижать бесступенчато число оборотов мешалки сбивателя

на 30–40 % (с 2045 до 1363 об/мин). В рубашку сбивательного цилиндра подают холодную воду температурой 3–4 °С. При помощи холодной воды можно регулировать температуру сбиваемых сливок.

Необходимо следить за тем, чтобы температура и давление воды, подаваемой в рубашку сбивателя, были постоянными. В противном случае очень трудно обеспечить стабильное содержание влаги в масле. В зимнее время не следует охлаждать сбиватель.

*Число оборотов мешалки сбивателя.* Число оборотов мешалки сбивателя устанавливают в зависимости от типа маслоизготовителя, его производительности, периода года, содержания жира в сливках, вида вырабатываемого масла. В осенне-зимний период года, когда в молочном жире увеличивается содержание высокоплавких триглицеридов (йодное число выше 39), повышают число оборотов мешалки сбивателя с целью ускорения флотации и агрегации жировых шариков как в поверхности раздела плазма – воздух, так и в объеме сливок. Ускорение флотации и агрегации достигается благодаря ускорению гидрофобизации жировых шариков, увеличению степени дисперсности воздушной фазы и степени деформации воздушных пузырьков.

В результате сокращения продолжительности сбивания сливок увеличивается производительность маслоизготовителя.

При установлении числа оборотов мешалки учитывают зависимость производительности маслоизготовителя от массовой доли жира в сливках. С увеличением содержания жира в сливках число оборотов мешалки снижают, и одновременно увеличивают производительность маслоизготовителя во избежание ускоренного образования масляного зерна. При использовании маслоизготовителя ФБФЦ/1 при сбивании сливок с различным содержанием жира рекомендуются следующее число оборотов мешалки и соответствующая производительность маслоизготовителя (табл. 1.15).

Число оборотов мешалки сбивателя в маслоизготовителе А1-ОЛО при производстве сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 % устанавливают для весенне-летнего периода года в пределах 16,6–25,0 с<sup>-1</sup>, в осенне-зимний – 23,3–30 с<sup>-1</sup>.

При выработке масла с более высоким содержанием влаги число оборотов мешалки увеличивают с целью получения более крупного масляного зерна, обладающего повышенной влагоудерживающей способностью. С этой же целью при выработке масла

в маслоизготовителе с разделительным цилиндром (ФБФЦ и др.) число оборотов мешалки повышают. С повышением скорости вращения мешалки сбивателя содержание жира в пахте несколько снижается, что связано с более полным вовлечением жировых шариков в процесс их агрегации. При высокой интенсивности механического воздействия (при числе оборотов мешалки выше  $25 \text{ с}^{-1}$ ) содержание жира в пахте повышается, что может быть следствием излишнего выделения жидкого жира из агрегатов на стадии формирования масляного зерна.

Таблица 1.15

**Число оборотов мешалки и производительность  
в зависимости от массовой доли жира в сливках**

Массовая доля жира в сливках, %	Число оборотов мешалки, $\text{с}^{-1}$	Производительность, кг/ч
37,5	25,8–26,5	1800
38,5	23,3–25,8	1900
40,0	22,5–25,0	2000
41,0	21,7–24,1	2150

Снижение скорости вращения мешалки сбивателя приводит к снижению содержания жира в пахте даже в том случае, если для ускорения сбивания температуру сливок повышают на  $1\text{--}2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Число оборотов мешалки сбивателя устанавливают не более чем предусмотрено техническим паспортом во избежание преждевременного износа аппарата. Путем изменения числа оборотов мешалки сбивателя регулируют содержание влаги в масле.

*Производительность маслоизготовителя.* От количества подаваемых сливок в маслоизготовитель зависит время их пребывания в сбивателе. Это время должно соответствовать времени, необходимому для образования масляного зерна нормальных размеров и желаемой структуры, обладающего необходимой влагоудерживающей способностью.

При определении количества сливок, подаваемых в сбиватель, учитывают вид вырабатываемого масла, содержание жира в сливках, степень отвердевания жира в сливках, тип маслоизготовителя. Коли-

чество сливок, подаваемых в сбиватель, должно соответствовать паспортной производительности маслоизготовителя. Паспортная производительность маслоизготовителей при выработке сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 % составляет при различных типах маслоизготовителей, кг масла/ч: А1-ОЛО – 1000; МБ-5 – в пределах 800–1000; МБ-7 – 1500–1800; КМ-1500 – 1500; ФБФЦ/1 – до 2000.

При выработке масла с повышенным содержанием влаги производительность маслоизготовителя при выработке масла с массовой долей влаги 20, 25 и 35 % снижают соответственно на 5–10, 10–20 и 20–40 %. Производительность маслоизготовителя должна быть постоянной в течение всего периода работы аппарата.

При поступлении в сбиватель массы сливок выше установленной нормы сокращаются продолжительность пребывания сливок в сбивателе и время, необходимое для образования масляного зерна. В этих условиях образуется рыхлое масляное зерно крупных размеров с большим содержанием плазмы сливок, трудно удаляемой из него при механической обработке. При излишнем поступлении сливок в сбиватель масляное зерно может не образоваться.

При значительном снижении количества сливок, поступающих в сбиватель, образование масляного зерна прекращается в связи с тем, что лопасти мешалки не погружаются в кольцевой слой сливок.

*Массовая доля жира в сливках.* С увеличением массовой доли жира в сливках сокращается продолжительность сбивания, а производительность маслоизготовителя увеличивается. В маслоизготовителе непрерывного действия можно сбивать сливки с более высоким содержанием жира, чем в маслоизготовителях периодического действия, несмотря на то, что с увеличением массовой доли жира в сливках значительно повышается их вязкость. Сливки с повышенной вязкостью могут сбиваться в маслоизготовителе непрерывного действия благодаря интенсивному механическому воздействию. Содержание жира в сливках устанавливается в зависимости от типа применяемого маслоизготовителя. Массовая доля жира в сливках рекомендуется 36–42 %.

При сбивании сливок с повышенным содержанием жира увеличивается массовая доля жира в пахте. Содержание жира в пахте можно понизить, если сбивать сливки с повышенным содержанием жира при пониженном числе оборотов мешалки. Установлено, что между



продолжительностью сбивания и содержанием жира в сливках и пахте существует сложная зависимость, что видно из уравнения

$$\tau = \frac{1}{K_a} \frac{Ж_{сл} - Ж_{пх}}{Ж_{сл} - Ж_{пх}},$$

где  $\tau$  – продолжительность сбивания сливок, с;  $K_a$  – константа скорости агрегации жировых шариков;  $Ж_{сл}$  – массовая доля жира в сливках, %;  $Ж_{пх}$  – массовая доля жира в пахте, %.

*Температура сливок, степень отвердевания жира.* Эти условия оказывают такое же влияние на сбивание сливок, как и при сбивании в маслоизготовителе периодического действия.

*Величина зазора между краем лопасти мешалки и внутренней стенкой цилиндра сбивателя.* От величины зазора зависит эффективность сбивания сливок. Величина зазора определяет интенсивность механического воздействия на сливки, характеризуемую градиентом скоростей. Независимо от размеров цилиндра сбивателя и числа оборотов мешалки средний градиент скоростей находится в пределах 9000–11000 с<sup>-1</sup>. Величина градиента скоростей находится в прямой зависимости от радиуса, скорости вращения мешалки сбивателя и в обратной – от величины зазора между краем лопасти мешалки сбивателя и внутренней стенкой цилиндра.

Сливки следует сбивать при оптимальной величине зазора. Оптимальная величина зазора, необходимая для сбивания сливок, колеблется от 2 до 6 мм в зависимости от состава перерабатываемых сливок и вида вырабатываемого масла. Продолжительность сбивания сливок увеличивается при изменении величины зазора как в сторону увеличения, так и уменьшения, начиная от среднего значения зазора.

Продолжительность сбивания сливок находится в экспоненциальной зависимости от расчетной толщины кольцевого слоя сливок, движущихся под действием мешалки, и в обратной зависимости – от скорости обратного течения сливок в зазоре между кромкой лопасти и стенкой цилиндра.

Продолжительность сбивания сливок сокращается обратно пропорционально скорости обратного течения сливок в зазоре.

Оптимальный зазор также зависит от содержания жира в сливках. С увеличением содержания жира в сливках ширину зазора увеличивают. В осенне-зимний период года при переработке менее жирных

сливок и для интенсификации процесса их сбивания величину зазора следует уменьшать и использовать сетчатую вставку при сбивании сливок.

*Интенсивность механического воздействия.* От интенсивности механического воздействия зависит продолжительность сбивания сливок. Зависимость между продолжительностью сбивания сливок  $\tau_m$  и интенсивностью механического воздействия  $M$  описывается уравнением, предложенным Г.Г. Бержинским,

$$\tau_m = \frac{M}{G},$$

где  $G$  – градиент скоростей,  $G = -\frac{dv}{dx}$ .

Величина  $M$  является мерой механической стабильности жировой дисперсии при постоянных технологических параметрах и константой процесса сбивания сливок. Численное значение константы  $M$  колеблется в пределах 20 500–2850 (по данным Г.Г. Бержинскаса).

*Режимы сбивания.* Начальную температуру сливок при сбивании рекомендуется устанавливать в тех же пределах, которые указаны для сливок, направляемых для сбивания в маслоизготовители периодического действия. При этом учитывают: период года, содержание жира в сливках, условия и режимы физического созревания сливок. Рекомендуется в весенне-летний период сбивать сливки при температуре 7–12 °С. В осенне-зимний период начальную температуру сбиваемых сливок повышают до 8–13 °С, чтобы ускорить сбивание. В этот период года сливки сбиваются медленнее из-за наличия в составе оболочки жировых шариков значительного количества триглицеридов пальмитиновой кислоты. При их кристаллизации увеличивается прочность оболочки жировых шариков.

При наличии перфорированной вставки и повышении числа оборотов мешалки увеличивается интенсивность механического воздействия на сливки. В этих случаях снижают начальную температуру сливок, чтобы избежать получения масляного зерна излишне мягкой консистенции. С этой же целью следует снижать температуру сливок при отсутствии циркуляции охлаждающей воды в рубашке сбивателя.

При выработке масла с повышенным содержанием влаги температуру сбиваемых сливок повышают.

При сбивании сливок с повышенным содержанием жира рекомендуется повышать начальную температуру сливок на 1–2 °С, при этом уменьшать число оборотов мешалки, что обеспечивает нормальное содержание жира в пахте. При массовых долях жира в сливках 36 и 43 % следует их сбивать соответственно при температуре 8–9, 13 °С и устанавливать число оборотов мешалки 30...31,6–18,3...20с<sup>-1</sup>. При повышении начальной температуры сливок снижается их вязкость, что способствует ускорению агрегации жировых шариков. При снижении числа оборотов мешалки уменьшается степень раздробления жировых шариков и переход жира в пахту.

При этих условиях сбивания содержание жира в пахте снижается на 0,05 % при снижении числа оборотов мешалки сбивателя каждые 2,5 с<sup>-1</sup>. При сбивании сливок с повышенным содержанием жира получают более крупное масляное зерно, что облегчает регулирование состава масла при последующей механической обработке.

### **1.17. Промывка масляного зерна**

Промывка является средством создания условий, неблагоприятных для развития микроорганизмов в масле, в результате чего повышается его стойкость при хранении.

Во время промывки часть плазмы удаляется вместе с водой. Тем самым уменьшается содержание питательных веществ, что способствует повышению стойкости масла при хранении.

Плазма внутри масляного зерна находится в диспергированном состоянии и не отмывается. Содержание плазмы, по теоретическим расчетам, составляет до 26 % от общего объема масляного зерна.

При изготовлении сладкосливочного масла из хорошего сырья и строгом соблюдении технологических и санитарных режимов на производстве масляное зерно не промывают. В непромытом масле сохраняются компоненты плазмы, обладающие антиокислительными свойствами: сульфгидрильные группы (-SH), токоферолы (витамин E), β-каротин, фосфатиды. Непромытое масло имеет более выраженные вкус и запах, чем промытое.

В сладкосливочном промытом масле содержится 0,8–1,0 % СОМО, в непромытом – 1,2–1,6 %.

При высокой степени дисперсности плазмы число стерильных капель в 100 раз превышает количество бактериальных клеток в масле. Поэтому исключение промывки неопасно для стойкости масла с высокодиспергированной плазмой.

В случае использования сливок с выраженными кормовыми привкусами и запахами, концентрирующимися в плазме, промывка масляного зерна необходима.

Применяемая промывная вода (количество, температура) оказывает влияние на упруговязкие свойства и слипаемость масляного зерна, а следовательно, на эффективность его последующей механической обработки и консистенцию готового масла.

Вода, применяемая для промывки масляного зерна, должна соответствовать требованиям, предъявляемым государственным стандартом к питьевой воде. Температуру воды регулируют с учетом особенностей масляного зерна. При промывке масляного зерна нормальной консистенции температура воды должна быть на 1–2 °С ниже температуры пахты. При промывке мягкого слипающегося зерна слабой консистенции температуру воды рекомендуется понизить дополнительно на 1–2 °С. Для промывки грубого, крошливого масляного зерна температура воды должна быть на 1–2 °С выше температуры пахты.

Промывка масляного зерна влияет на структурно-механические характеристики масла. Так, по данным Д. Христуаскене, Д. Качераускиса, при полном исключении промывки масляного зерна водой в маслоизготовителе периодического действия повышаются напряжение сдвига масла при температуре 15 °С с 0,81 до 0,94 Н/см<sup>2</sup> и сопротивление разрезанию при той же температуре – с 1,04 до 1,37 г/м.

### **1.18. Механическая обработка сливочного масла**

Механическая обработка сливочного масла состоит из двух последовательно выполняемых технологических операций: механической обработки масляного зерна и механической обработки пласта масла. Несоленое масляное зерно подвергают механической обработке сразу же после самопроизвольного стекания и отделения пахты, а соленое – после посолки или параллельно с ней.

Назначение механической обработки заключается в том, чтобы удалить из масляного зерна пахту и воду, оставшуюся после про-

мывки, сформировать из разрозненных масляных зерен сплошной пласт (монолит) масла с требуемым содержанием влаги и равномерным ее распределением в объеме пласта, с определенной физической структурой и физико-химическими свойствами: пластичностью, твердостью, вязкостью и другими, обеспечивающими высокое качество масла.

Во время механической обработки осуществляются диспергирование и капсулирование капелек плазмы и добавленной влаги, вработка и диспергирование газовых пузырьков, удаление и вработка пахты, формирование структуры и консистенции масла.

### *Способы обработки*

Механическая обработка масляного зерна, а затем пласта масла осуществляется различными способами в зависимости от конструкции маслоизготовителя.

В маслоизготовителях с вальцами обрабатывают масляное зерно и пласт масла с помощью вальцов, в безвальцовых маслоизготовителях – многократными ударами комка масла о стену маслоизготовителя, в маслоизготовителях непрерывного действия применяется экструзионно-шнековая обработка.

При экструзионно-шнековой обработке масляное зерно шнеками транспортируется к камерам обработки. Во время транспортирования отпрессовывается часть плазмы и вместе с пахтой удаляется из текстуратора, формируется пласт масла, который подвергается вакуумированию с целью частичного удаления газовой фазы и далее продавливается через отверстия решетки, отделяющей камеру вакуумирования от блока, где пласт перемешивается лопастными мешалками, расположенными между решетками. Интенсивное диспергирование плазмы и влаги достигается во время перемешивания и срезания слоев масла в момент их выхода из отверстий решетки. Равномерное распределение компонентов осуществляется в объеме пласта при перемешивании лопастными мешалками. Далее масляный пласт поступает в коническую насадку, откуда удаляется из маслоизготовителя. При движении через насадку масло уплотняется.

Во время механической обработки в безвальцовых маслоизготовителях комки масла подвергаются многократным ударам при

падении после отрыва от стены или лопастей, расположенных внутри вращающегося маслоизготовителя. В течение одного оборота маслоизготовителя масло лопастями поднимается вверх, затем скользит по поверхности лопасти, отрывается от нее и свободно падает вниз. При каждом ударе о стенку масло деформируется, спрессовывается, отдельные его слои перемещаются относительно друг друга. Вследствие этого возникает сдвиговая деформация масла. Удары осуществляются периодически, с разными интервалами времени.

### *Стадии механической обработки масла*

В настоящее время процесс механической обработки масла в маслоизготовителях непрерывного и периодического действия условно делят на три стадии.

*Первая стадия* (стадия формирования пласта масла, пластование). На первой стадии механически связанная влага (плазма сливок) удаляется из крупных капилляров, образуемых при сдавливании масляных зерен во время формирования пласта масла. Эта стадия обработки характеризуется резким снижением содержания влаги в масляных зернах. Процесс выделения влаги из массы масляных зерен во время механической обработки представляет собой процесс фильтрации жидкости в деформируемой пористой среде (В.А. Березко).

При сдавливании масляных зерен разрушаются оболочки жировых шариков, и из них выделяется жидкий жир, образуя непрерывную жировую фазу (капилляры, заполненные жидким жиром), частично разрушается кристаллическая структура масляных зерен, увеличивается количество коагуляционных контактов, в результате чего пласт масла становится более мягким.

Капли плазмы сливок капсулируются в жидком жире. Происходит смена фаз. Процесс капсулирования заключается в том, что растянутые тонкие пленки влаги плазмы, расположенные между деформируемыми масляными зернами, при их сдавливании распадаются на мелкие капли и эмульгируются в жидком жире. Капли плазмы сливок капсулируются в жидком жире.

Для процесса капсулирования имеют значение жидкий жир и соответствующее этому соотношение вода/жидкий жир. По мере увеличения количества жидкого жира, выделяющегося из масляного зерна, капсулируются также крупные капли влаги.

Процесс капсулирования влаги имеет место и на других стадиях механической обработки, но особенно интенсивно – на первой. К концу первой стадии формируется пласт масла гомогенной структуры с непрерывными жировой и водной фазами в виде капилляров во всем объеме пласта масла.

Рыхлая, преимущественно коагуляционная структура масляных зерен превращается в компактную структуру смешанного типа – коагуляционно-кристаллизационную. Возрастает прочность коагуляционных контактов между частицами дисперсной фазы.

Во время механической обработки только некоторая часть механически связанной влаги удаляется из масляных зерен, а другая часть удерживается ими внутри вновь образованных капилляров и капелек влаги. Количество отжатой из масляных зерен влаги на этой стадии превышает количество влаги, удержанной ими в результате капиллярного всасывания. По истечении некоторого времени прекращается выпрессовывание влаги из пласта масла, сформировавшегося во время этой стадии. Первая стадия заканчивается после достижения критического момента. Критический момент – момент обработки, соответствующий минимальному содержанию влаги (10,5–14,0 %).

Критический момент во время механической обработки масла в маслоизготовителе непрерывного действия наступает, когда масло находится в конце второй шнековой камеры.

Уровень минимального содержания воды в пласте в критический момент зависит от размеров, плотности, упругости и структуры масляного зерна, а также от физико-химических свойств жира. Содержание влаги в пласте масла в критический момент увеличивается с увеличением содержания влаги в массе масляных зерен и уменьшается при увеличении твердости масляного зерна.

*Вторая стадия.* На второй стадии влаги вработывается больше, чем отжимается через свободную поверхность пласта масла. Необходимым условием механической обработки является наличие свободной влаги (пахты), которая могла бы вработываться в пласт масла после критического момента.

На второй стадии наряду с вработкой влаги осуществляются диспергирование, в первую очередь, крупных капелек влаги на более мелкие и равномерное их распределение в объеме масла.

Капсулирование капиллярной влаги, в результате чего достигается завершение процесса смены фаз, уменьшается степень непре-

рывности водных капилляров, происходят диспергирование и незначительная вработка газовых пузырьков.

На второй стадии частично разрушается кристаллизационная структура, которая сформировалась на предыдущей стадии. Однако для масла на этой стадии не требуется предельного разрушения кристаллизационных контактов между дисперсными частицами и образуемыми ими пространственными структурами. В этом состоит важная особенность механической обработки сливочного масла.

Преобладающим типом контактных взаимодействий на первой и второй стадиях структурообразования остаются коагуляционные связи между частицами. Вторая стадия обработки заканчивается, когда содержание влаги в масле близко к желаемому пределу. К этому моменту свободная влага должна оставаться только на стенках емкости маслоизготовителя. Она вработывается в масло во время третьей стадии обработки.

*Третья стадия.* Третья стадия характеризуется увеличением содержания влаги в масле за счет свободной влаги, находящейся в контакте со свободной поверхностью пласта масла во время обработки, и почти полным прекращением отжатия влаги. В связи с уменьшением твердости масла интенсивность вработки влаги увеличивается к концу обработки (количество влаги вработывается за один оборот маслоизготовителя).

На второй и третьей стадиях увеличивается число коагуляционных контактов в объеме и понижается их прочность, что способствует повышению пластичности масла.

На третьей стадии продолжают диспергирование капелек плазмы и их равномерное распределение в объеме. Продолжительность третьей стадии обработки должна быть строго ограничена. При излишней продолжительности третьей стадии обработки увеличивается содержание воздуха в масле выше нормы и появляется порок – засаленность масла.

В течение третьей стадии достигается высокая дисперсность капелек плазмы, должна быть вработана и диспергирована вся влага, необходимая для стандартизации масла по влаге.

Степень дисперсности капелек плазмы является важным показателем завершенности процесса механической обработки масла. Механическую обработку можно считать завершенной при дисперсности капелек плазмы в масле, выработанном в маслоизготовителе



непрерывного и периодического действия, соответственно 1,37–1,41 и 1,28 м<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>.

В производственных условиях для определения размеров капель и распределения капель используют индикаторные бумажки. Отсутствие отпечатков на индикаторной бумажке считается хорошим распределением влаги. Конец обработки определяют по состоянию поверхности. Поверхность хорошо обработанного масла должна быть сухой на вид. Последняя стадия характеризуется достижением высокой степени диспергирования водной фазы.

*Закономерность диспергирования плазмы в сливочном масле.* Во время механической обработки стремятся к получению масла с высокой дисперсностью капелек плазмы и их равномерным распределением, чтобы воспрепятствовать возникновению порчи микробиологического происхождения и выработать масло хорошей консистенции. На всех стадиях механической обработки протекают два противоположных процесса: слияние капелек с образованием более крупных и дробление (диспергирование), в первую очередь, крупных капелек влаги на более мелкие.

Слияние и дробление капелек подчинено правилу Смолуховского

$$n = \frac{4}{3} \pi R^3 a \frac{dV}{dx},$$

где  $a$  – число капель в 1 мл жидкости;  $R$  – радиус сферы притяжения;  $\frac{dV}{dx}$  – градиент скорости;  $n$  – число соединений дроблений капель в единицу времени.

Дроблению капель предшествует их деформация. Капли деформируются, когда срезающее усилие  $\eta \frac{dV}{dx}$  превышает ту силу, которая стремится сохранить шарообразную форму капель, – лапласовское давление равно  $\frac{2\sigma}{r}$ , т. е. чтобы соблюдалось неравенство

$$\eta = \frac{dV}{dx} > \frac{2\sigma}{r},$$

где  $\eta$  – вязкость среды (жира);  $\sigma$  – межфазное натяжение на границе жир – плазма;  $r$  – радиус капли плазмы.

С увеличением радиуса капли меньше сопротивляются изменению формы, чем мелкие, и становятся менее устойчивыми к разрыву. И наоборот, с уменьшением радиуса капель капиллярное давление  $\frac{2\sigma}{r}$  возрастает, капли становятся жесткими и сопротивляющимися изменению формы. В ходе обработки объем капли экспоненциально уменьшается до предельного значения. При недостаточно высоких значениях  $\frac{dV}{dx}$  и  $\eta$  получается масло с недостаточно высокой степенью дисперсности влаги. Когда длина вытянутой капли превышает ее поперечник в 3–4 раза, она в соответствии с теорией устойчивости капель жидкости распадается на несколько мелких капель. Дробление капель преобладает при высоких величинах градиента скорости, при низких величинах преобладает процесс слияния капель.

Степень дисперсности капель плазмы и их равномерное распределение в объеме масла зависят от продолжительности механической обработки. С увеличением продолжительности механической обработки уменьшается число крупных капель плазмы в масле и возрастает количество мелких. Обеспечивается более равномерное их распределение в объеме. Степень дисперсности повышается при повышении скорости экструзии и при уменьшении диаметра отверстий в решетке вследствие увеличения скорости сдвига на стенках каналов. Чем больше продолжительность механической обработки масла, тем выше степень дисперсности плазмы.

### 1.18.1. Механическая обработка масла в маслоизготовителях периодического действия (безвальцовых)

Механическая обработка сливочного масла в маслоизготовителях периодического действия (безвальцовых) осуществляется посредством многократных ударов. В течение одного оборота емкости маслоизготовителя завершается цикл обработки, который состоит из трех периодов: подъема, падения и удара комка (пласта) масла, находящегося внутри емкости маслоизготовителя.

Комки масла поднимаются вверх лопастями или стенкой на высоту, при которой начинается свободное падение масла (период подь-

ема), затем скользят по поверхности лопасти, отрываются от нее (или от стенки) и свободно падают вниз с различной высоты.

Падение комка (пласта) масла завершается ударом о стенку емкости (период удара). Сила удара зависит от высоты сбрасывания пласта масла и его массы. При каждом ударе о стенку емкости в масле возникают сдвиговые деформации с определенным распределением градиента скорости.

Под воздействием деформации в масле протекают процессы смены фаз, диспергирования плазмы, равномерного распределения капель плазмы в объеме масла. Интенсивность этих процессов находится в зависимости от химического состава жира и свойств масляных зерен, конструкции, частоты вращения и степени загрузки рабочей емкости маслоизготовителя. Несоленое масло обрабатывают сразу же после промывки, а соленое – после посолки или одновременно с ней.

#### *Параметры механической обработки в маслоизготовителях периодического действия*

Параметры механической обработки масляного зерна и пласта масла устанавливаются в зависимости от химического состава жира, режимов созревания и сбивания сливок.

*Частота вращения емкости маслоизготовителя.* От частоты вращения емкости маслоизготовителя зависит высота сбрасывания пласта масла. Частота вращения должна быть такой, чтобы пласт сбрасывался с наибольшей высоты. Частоту вращения, при которой обеспечивается максимальная высота падения, можно вычислить по формуле

$$n = \frac{0,5}{\sqrt{Rc^{-1}}},$$

где  $R$  – радиус рабочей емкости маслоизготовителя.

Высоту свободного падения  $H$  масла определяют по формуле

$$H = -4R \sin \lambda \cos \lambda.$$

Максимальное значение  $H$  будет при  $\lambda = 54^\circ 40'$ . В современном маслоизготовителе периодического действия можно регулировать

частоту вращения рабочей емкости в широких пределах и, тем самым, направленно регулировать процесс механической обработки.

*Продолжительность механической обработки.* Продолжительность механической обработки зависит от частоты вращения рабочей емкости маслоизготовителя. С увеличением частоты вращения рабочей емкости маслоизготовителя продолжительность обработки сокращается до тех пор, пока увеличивается высота падения масла до момента достижения максимальной высоты падения пласта масла.

Продолжительность механической обработки зависит от загрузки емкости маслоизготовителя. С уменьшением загрузки емкости маслоизготовителя сила удара уменьшается, вследствие чего продолжительность обработки увеличивается.

Продолжительность механической обработки зависит от жирнокислотного состава молочного жира. В весенне-летний период, при низкоплавком молочном жире (йодное число 39–45), механическая обработка масла в металлических безвальцовых маслоизготовителях продолжается 15–25 мин, а в осенне-зимний период, при высокоплавком молочном жире (йодное число 29–39), – 25–50 мин.

В осенне-зимний период года необходимо увеличить продолжительность механической обработки масла в связи с тем, что при высокоплавком жире уменьшается интенсивность вработки влаги (количество влаги, вработываемой за один оборот маслоизготовителя). Продолжительность механической обработки зависит от консистенции масла. С повышением твердости масла уменьшаются его способность к смачиванию и интенсивность вработки влаги, в результате чего требуется больше времени на механическую обработку масла.

*Температура обрабатываемого масла.* Рекомендуемая температура должна составлять 11–14 °С. Температуру масла регулируют путем орошения водой поверхности металлического маслоизготовителя. При твердом масляном зерне после достижения критического момента обработки поверхность маслоизготовителя орошают водой температурой 18–20 °С, при мягком – 3–5 °С. Устройство для орошения размещается над емкостью маслоизготовителя. В целях снижения содержания воздуха в масле во время его механической обработки рекомендуется создавать разрежение воздуха внутри маслоизготовителя. Остаточное давление следует поддерживать 0,029 МПа. Для оценки результатов механической обработки масла можно

использовать, по предложению Ф.А. Вышемирского, обобщенный показатель под названием *эффективность механической обработки*, включающий характеристику пластичности обработанного масла и степень дисперсности плазмы.

*Регулирование содержания влаги в масле.* В течение первых 5–8 мин массу масляных зерен подвергают механической обработке при закрытых кранах, а с образованием пласта краны открывают для вытекания свободной влаги.

При достижении критического момента (влага из крана не вытекает) рабочую емкость маслоизготовителя останавливают, открывают люк и отбирают из разных мест среднего пласта пробу для определения массовой доли влаги. По данным анализа рассчитывают количество недостающей влаги и вносят ее в рабочую емкость, закрывают люк и краны, а затем продолжают обработку до полной вработки влаги и необходимой степени дисперсности. Для стандартизации масла по влаге используют пахту, допускается использование воды.

Влага, внесенная в маслоизготовитель, и влага, находящаяся на внутренних стенках емкости маслоизготовителя, должна быть полностью вработана в масло и равномерно диспергирована. Недостающее количество влаги определяют по данным анализа масла, пользуясь уравнением

$$V_{\text{л}} = \frac{(V_{\text{мс}} - V_{\text{пл}})}{100 - V_{\text{мс}}} - H,$$

где  $m_{\text{мс}}$  – масса масла по теоретическому расчету, кг;  $V_{\text{мс}}$  – требуемое содержание влаги в масле, %;  $V_{\text{пл}}$  – содержание влаги в пласте масла;  $H$  – количество влаги на стенках изготовителя в момент отбора пробы, кг (определяют опытным путем).

### 1.18.2. Механическая обработка масла в маслоизготовителях непрерывного действия

Механическая обработка осуществляется в текстураторе. В маслоизготовителе А1-ОЛЮ текстуратор состоит из двух камер с вращающимися шнеками, экструзионного устройства и конической насадки. Масляное зерно поступает вместе с пахтой в первую

шнековую камеру для отделения пахты и промывки, во второй камере отпрессовывается влага и формируется пласт масла, далее шнеками он транспортируется в камеру обработки масла, где под вакуумом уплотняется в пласт масла.

Из вакуум-камеры масло через специальные отверстия продавливается шнеками в каналы экструзионного устройства для интенсивного перемешивания и диспергирования влаги.

Далее масло поступает в коническую насадку, где уплотняется и затем в виде непрерывного пласта выдавливается из текстуратора через выводное отверстие.

Характерной особенностью механической обработки масла в маслоизготовителях непрерывного действия являются различные условия механической обработки на отдельных стадиях процесса обработки и интенсификация физических процессов формирования пласта масла из массы масляных зерен, поступающих на механическую обработку, для завершения процесса обработки в наиболее короткое время и обеспечения непрерывного действия маслоизготовителя.

К особенностям процесса обработки относятся включение в технологическую схему обработки операции по удалению газовой фазы из масла, уплотнение масла при вакуумировании и на выходе из аппарата. Процесс удаления влаги из масляного зерна ускоряется путем быстрого ее отпрессовывания с помощью шнеков. Интенсификация процесса диспергирования влаги (плазмы) достигается с помощью экструзионного устройства.

#### *Параметры механической обработки масла в маслоизготовителях непрерывного действия*

Параметрами механической обработки масла являются: частота вращения шнеков обработника, производительность маслоизготовителя, температура масла на выходе из аппарата, разрежение в вакуум-камере, скорость экструзии, диаметр отверстий в перфорированных пластинах, частота вращения мешалок, расположенных в экструзионном устройстве.

*Частота вращения шнеков.* Частоту вращения шнеков, характеризующую интенсивность механического воздействия, выбирают с учетом конструкции маслоизготовителя и периода года.

Для серийных маслоизготовителей, применяемых в промышленности, частоту вращения шнеков следует поддерживать в весенне-летний период года в пределах 0,41–0,7 с, в весенне-зимний период года – 0,5–1,0 с.

В весенне-летний период года при содержании в жире повышенного количества низкоплавких глицеридов (йодное число 39–45) во избежание выработки мягкого масла частоту вращения шнеков снижают. В осенне-зимний период при содержании в жире повышенного количества высокоплавких глицеридов (йодное число 29–39) во избежание выработки излишне твердого масла частоту вращения шнеков увеличивают.

*Производительность маслоизготовителя.* От производительности маслоизготовителя зависят продолжительность механической обработки, степень заполнения шнековой камеры масляным зерном, а также размеры и свойства масляного зерна. Производительность маслоизготовителя устанавливают с учетом химического состава жира по периодам года. В весенне-летний период при низкоплавком жире (йодное число 39–45) производительность маслоизготовителя увеличивают, что приводит к сокращению продолжительности механической обработки масляного зерна и пласта. Таким способом можно избежать выработки масла с мажущейся консистенцией.

В осенне-зимний период при высокоплавком жире следует уменьшить производительность маслоизготовителя и, тем самым, увеличить продолжительность механической обработки, исключить возможность выработки излишне твердого масла.

С увеличением продолжительности обработки уменьшается доля кристаллизационных контактов, возрастает содержание жидкого жира, достигается его равномерное распределение, понижается твердость масла, повышается степень дисперсности плазмы и газовых пузырьков.

*Температура масла.* При выходе из маслоизготовителя масло должно иметь температуру, при которой аутогезионное давление, характеризующее силы слипания, является максимальным. По данным Литовского филиала ВНИИМС, максимальное аутогезионное давление получается в масле, выработанном в зимний период при температуре 15,5–16 °С, а в летний – 13–14 °С.

Первоначальная производительность маслоизготовителя должна соответствовать данным технического паспорта каждого аппарата.

Для маслоизготовителя А1-ОЛО паспортная производительность – 1000 кг масла/ч при выработке масла с массовой долей влаги 16 %.

При фасовании масла в транспортную тару монолитами по 20 кг температуру масла на выходе из аппарата поддерживают в весенне-летний период года 12–15 °С, а в осенне-зимний период – 13–16 °С. При фасовании в потребительскую тару температуру масла снижают на 1,0–1,5 °С.

При повышенной температуре масла ухудшается работа фасовочных автоматов, повышаются потери готового продукта, ухудшается его консистенция (масло становится засаленным) и снижается формоустойчивость (термоустойчивость масла). Для регулирования температуры масла во время обработки подают охлажденную воду в рубашку разделительного цилиндра и обработника. Допускается охлаждение масляного зерна холодной пахтой (температурой 5–8 °С), подаваемой через коллектор для промывной воды.

*Разрежение в вакуумной камере.* Разрежение в вакуумной камере аппарата должно находиться в пределах 0,04–0,05 МПа. Путем изменения разрежения в вакуум-камере регулируют содержание газовой фазы в сливочном масле. С увеличением степени разрежения содержание газовой фазы в масле уменьшается.

*Скорость экструзии и диаметр отверстий в перфорированных пластинах.* От этих параметров зависят степень дисперсности капель плазмы, пластичность масла, расход мощности на продавливание масла через отверстия в решетках. При изменении скорости экструзии от 1 до 16 см/с и диаметра отверстий решеток от 10 до 2,5 мм степень дисперсности капель плазмы повышается от 3 до 32 % по сравнению со степенью дисперсности плазмы в необработанном масле. Резкое возрастание мощности начинается со скорости экструзии  $8 \cdot 10^{-2}$  м/с. При увеличении скорости экструзии в два раза мощность, затрачиваемая на обработку масла, возрастает почти в три раза. По энергетическим затратам и степени дисперсности плазмы в масле наиболее выгодными являются скорость экструзии от  $1 \cdot 10^{-2}$  до  $8 \cdot 10^{-2}$  м/с и диаметр отверстий от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $2,5 \cdot 10^{-3}$  м.

### 1.18.3. Регулирование содержания влаги в масле

В маслоизготовителях непрерывного действия свободная влага, отжатая из масляного зерна на стадии формирования пласта масла, непрерывно удаляется из маслоизготовителя. В этом случае большое



значение для стандартизации масла по влаге имеет влагоемкость масляного зерна в момент его поступления в текстуратор. Влагоемкость масляного зерна должна быть такой, чтобы можно было обеспечить стандартное содержание влаги в масле, удалить из масляного зерна в текстураторе столько влаги, сколько необходимо для стандартизации сливочного масла по влаге. Практически эта задача решается путем учета влияния различных факторов на влагоемкость масляного зерна при выборе режимов созревания и сбивания сливок, механической обработки масла. Применяют следующие способы регулирования влаги в масле.

*Регулирование содержания влаги насосом-дозатором.* Насос-дозатор используется для вработки в масло небольшого количества недостающей влаги (до 2 %). Применение насоса-дозатора для вработки в масло более 2 % влаги приводит к неудовлетворительному диспергированию капель плазмы и их распределению в монолите масла.

*Регулирование содержания влаги изменением частоты вращения мешалки сбивателя.* От частоты вращения мешалки сбивателя зависит влагоемкость масляного зерна: с повышением частоты вращения мешалки сбивателя влагоемкость масляного зерна повышается благодаря быстрому увеличению размеров масляного зерна, что способствует механическому удержанию влаги в образующихся капиллярах.

По данным ВНИИМС, массовая доля влаги в масле ориентировочно увеличивается на 1 % при увеличении частоты вращения мешалки сбивателя на каждые  $0,9-1,0 \text{ с}^{-1}$  в весенне-летний период,  $0,5-0,66 \text{ с}^{-1}$  – в осенне-зимний период при производства масла на маслоизготовителе А1-ОЛО. При использовании этого показателя необходимо учитывать зависимость частоты вращения мешалки сбивателя от содержания жира в сливках и начальной температуры сбивания сливок.

С уменьшением содержания жира в сливках массовая доля влаги в масляном зерне снижается, и соответственно снижается массовая доля влаги в масле. В этом случае, по данным ВНИИМС, чтобы повысить содержание влаги в масле на 1 % следует уменьшить содержание жира в сливках с 42 до 34 %, частоту вращения мешалки сбивателя увеличить с 0,1 до  $0,025 \text{ с}^{-1}$ .

Со снижением температуры сбиваемых сливок на каждый 1 °С соответственно увеличивают частоту вращения мешалки сбивателя на 0,9–2,5 с<sup>-1</sup>, чтобы повысить содержание влаги на 1 %. Необходимо учитывать ширину зазора между краем лопасти мешалки и стенкой сбивательного цилиндра, так как от ширины зазора зависит интенсивность сбивания сливок.

При увеличении ширины зазора более чем на 1,5–2,0 мм частота вращения мешалки должна быть увеличена в связи с уменьшением скорости агрегации жировых шариков, чтобы избежать снижения влаги в масляном зерне. Для сливок с различным содержанием жира имеется своя оптимальная ширина зазора, при которой достигается максимальная интенсивность сбивания.

*Регулирование содержания влаги изменением температуры сливок при физическом созревании, сбивании и механической обработке.* С повышением температуры сливок при физическом созревании уменьшается количество отвердевшего жира. В результате этого при сбивании сливок, созревающих при повышенной температуре, образуется мягкое, более влагоемкое масляное зерно.

Аналогичное влияние на влагоемкость масляного зерна оказывает повышение температуры сбиваемых сливок. По данным ВНИИМС, при изменении температуры созревающих сливок на 0,8 °С и повышении температуры сбиваемых сливок на 0,4 °С содержание влаги в масле повышается на 1 %.

Содержание твердого жира уменьшается с повышением температуры масляного зерна в первой шнековой камере, в результате чего увеличивается массовая доля влаги в масле.

Степень отвердевания жира в масляном зерне, а следовательно, в готовом продукте регулируют подачей в охлаждающую рубашку первой шнековой камеры прессующего давления шнеков на массу масляных зерен, а также временем его контакта с пахтой.

С увеличением частоты вращения шнеков уменьшается прессующее давление шнеков из-за уменьшения степени заполнения шнековой камеры масляным зерном, сокращается время пребывания масляного зерна в первой шнековой камере обработника, вследствие чего уменьшается количество удаленной пахты из масляного зерна, что, в свою очередь, приводит к увеличению влагоемкости масляного зерна и содержанию влаги.

В случае снижения частоты вращения шнеков увеличивается степень заполнения шнековой камеры, увеличивается время пребывания масляного зерна, увеличивается при этом повышается прес-сующее давление шнеков, ускоряется переадресовывание пахты из масляного зерна, что приводит к снижению влагоемкости масляного зерна и содержания влаги в масле. По данным ВНИИМС, при изменении частоты вращения обработника текстуратора на  $0,3-0,13 \text{ с}^{-1}$  содержание влаги в масле может измениться в пределах  $0,5-1,0 \%$  в сторону увеличения или снижения.

*Регулирование содержания влаги изменением производительности маслоизготовителя.* Регулирование связано с изменением степени заполнения масляным зерном первой шнековой камеры. С повышением производительности увеличиваются степень заполнения масляным зерном первой шнековой камеры и прес-сующее давление шнеков, ускоряется выпрессовывание пахты, в результате чего снижаются влагоемкость масляного зерна и содержание влаги в масле. Содержание влаги в масле увеличивается при уменьшении производительности маслоизготовителя в связи с уменьшением степени заполнения шнековой камеры маслом, в результате чего снижается прес-сующее давление шнеков, замедляется выпрессовывание пахты.

При уменьшении производительности маслоизготовителя на  $10 \%$  содержание влаги в масле ориентировочно повышается на  $1 \%$ . Регулирование содержания влаги в масле с использованием технологических параметров осуществляют в потоке. Непредвиденные отклонения содержания влаги в масле могут быть вызваны прилипанием масла к шнекам, попаданием холодной воды или смешиванием масляного зерна с охлажденной пахтой в шнековой камере текстуратора. Изменением температуры масляного зерна можно снизить содержание влаги в масле от  $7,0$  до  $2,5 \%$  или, наоборот, увеличить.

*Регулирование содержания влаги изменением уровня пахты в первой шнековой камере.* С повышением уровня пахты в первой шнековой камере увеличивается поверхность контакта масляного зерна и пахты, что способствует повышению эффективности капиллярного всасывания пахты маслом, в результате чего массовая доля влаги в масле увеличивается. В процессе обработки шнеки должны быть погружены в пахту на  $1-2$  см. При снижении уровня пахты на  $2$  см можно изменить содержание влаги в масле на  $0,4 \%$ . Уровень пахты

в первой шнековой камере регулируют с помощью сифона – поднятием или опусканием.

*Регулирование содержания влаги изменением частоты вращения шнеков (обработка в текстураторе).* Для регулирования содержания влаги в масле рекомендуется использовать один из перечисленных параметров, чтобы избежать колебания содержания влаги в масле.

### **1.19. Регулирование состава масла по содержанию газовой фазы**

Содержание газовой фазы в масле регулируют вакуумированием масла с помощью вакуум-насоса, а также на стадии его обработки. Масло вакуумируют в вакуум-камере обработника при разрежении 0,02–0,08 МПа. При степени разрежения выше 0,08 МПа наблюдается подсос плазмы и масла в вакуум-провод, что нарушает его работу.

Вакуум-камера должна быть постоянно заполнена маслом приблизительно до половины. Для снижения газовой фазы в масле рекомендуется получать при сбивании масляное зерно размером 1–2 мм, увеличивать степень заполнения обработника маслом, повышать уровень пахты в первой шнековой камере; температура во время обработки и вакуумирования должна быть не выше 15 °С с учетом того, что в мягкое масло лучше вработывается газовая фаза.

Во время механической обработки в маслоизготовителе непрерывного действия содержание воздуха в масле снижается по сравнению с содержанием воздуха в масляном зерне.

По данным Ф.А. Вышемирского, масляное зерно, поступающее из сбивателя в обработник, содержит в 100 г 7,9 мл газовой фазы (при массовой доле влаги в нем 28,8 %), масло после первой шнековой камеры – 6,1 мл; после вакуум-камеры – 4,4 мл; после выхода из аппарата – 3,9 мл.

Масло, выработанное в маслоизготовителях непрерывного действия, содержит больше воздуха по сравнению с маслом, выработанным в маслоизготовителях периодического действия: соответственно 6–10 и 2–6 %. Сладкосливочное масло, выработанное в маслоизготовителе А1-ОЛЮ, содержит 6,2–7,4 мл/100 г воздуха.

На содержание воздуха в масле влияет интенсивность механического воздействия на него во время дополнительной обработки в гомогенизаторе.

Повышение интенсивности механического воздействия в гомогенизаторе способствует уменьшению содержания воздуха в масле.

## **1.20. Формирование структуры и консистенции сливочного масла**

Формирование структуры и консистенции сливочного масла начинается при физическом созревании сливок и заканчивается во время механической обработки.

Под структурой сливочного масла понимают пространственное расположение и взаимосвязь между отдельными компонентами. Структура сливочного масла в основном определяет его консистенцию, которая формируется одновременно со структурой.

Наличие структуры придает маслу механические свойства, используемые для характеристики состояния структуры. Различают общую физическую структуру масла и дисперсную структуру молочного жира масла (по данным А.П. Белоусова).

Основой формирования дисперсной структуры молочного жира масла являются глобулы, представляющие собой глицеридные ядра жировых шариков сливок, а также кристаллические агрегаты неправильной формы. Глобулы жира масла аналогичны глицеридным ядрам жировых шариков сливок, обладают перфорированным кристаллическим слоем различной толщины (до 0,5 мкм).

Кристаллические элементы распределены в жидком жире, являющемся непрерывной средой, и образуют пространственную кристаллическую структуру (сетку, каркас). Процесс структурообразования в молочном жире, содержащем кристаллы глицеридов (жировая дисперсия), заключается в возникновении различных видов связи между контактирующими кристаллическими частицами. При этом образуются два типа структур: коагуляционная и кристаллизационная. От соотношения этих структур в масле зависят вязкость, пластичность, хрупкость, твердость и другие свойства масла.

*Кристаллизационная структура* характеризуется истинными фазовыми контактами между твердыми частицами.

Прочность истинных фазовых контактов превышает 1 мкм. Основными признаками этих структур являются: высокая прочность фазовых контактов и отсутствие тиксотропных свойств; ярко выраженная упругость; весьма малая пластичность и большая хрупкость из-за жесткости контактов; наличие внутренних упругих напряжений, возникающих во время образования фазовых контактов; отсутствие остаточной деформации (ползучести).

Признаками кристаллизационной структуры в масле являются: упругая эластичность, избыточная твердость, хрупкость и ломкость.

Кристаллизационная структура образуется в результате срачивания друг с другом кристаллов глицеридов или их зародышей при непосредственном соприкосновении друг с другом. Такая структура возникает в отсутствии перемешивания и необратимо разрушается при механическом воздействии. Она может быть превращена в коагуляционную структуру. Кристаллизационная структура образуется в жировых шариках при низкотемпературной подготовке сливок к сбиванию, преимущественно из высокоплавких глицеридов.

*Коагуляционная структура* образуется в результате броуновского соударения частиц за счет вандерваальсовских сил сцепления, когда между ними остается весьма тонкая прослойка жидкой дисперсной среды (свободный жидкий жир), толщина которой соответствует минимальному количеству свободной энергии системы.

Коагуляционная структура характеризуется низкой механической прочностью. Она обладает способностью к самопроизвольному восстановлению в покое после механического воздействия. Признаками коагуляционной структуры в масле являются выраженные пластические свойства.

В настоящее время считается, что сливочное масло должно иметь структуру *смешанного* типа – *кристаллизационно-коагуляционную* с преобладанием *коагуляционной*.

Специфическая особенность формирования структуры сливочного масла заключается в том, что во время ее формирования в процессе механической обработки непрерывно изменяется соотношение между твердым и жидким жиром вследствие расплавления ранее отвердевших глицеридов, обладающих высокой чувствительностью к воздействию температурного фактора. А также непосредственно снижается прочность структуры в результате увеличения количества разрушенных кристаллизационных контактов между

смешанными кристаллами глицеридов молочного жира при механическом воздействии.

Структуру масла после механической обработки называют *первичной* в отличие от *вторичной* структуры, которая формируется во время выдержки масла в камере хранения.

На процесс формирования структуры масла и его свойства решающее влияние оказывают продолжительность и интенсивность механической обработки. Продолжительность механической обработки масла должна быть достаточной для формирования структуры преимущественно коагуляционного типа. Такое масло обладает хорошей пластичностью, характеризуется сравнительно невысокой прочностью. При дальнейшем увеличении продолжительности обработки образуется излишнее количество коагуляционных контактов, консистенция масла получается мажущейся. В ломком или крошливом масле формируется преимущественно кристаллизационная структура.

На формирование структуры оказывают влияние *величина и форма кристаллов глицеридов молочного жира*. При уменьшении размера средних кристаллов формируется коагуляционная структура с более развитой поверхностью раздела фаз твердый – жидкий жир; поверхность смачивания – с узкими порами и щелями между кристаллами (тонкие прослойки). Поэтому из масла с мелкокристаллической структурой при повышении температуры выделяется жидкий жир в меньшем количестве, чем из масла с крупнокристаллической структурой.

Характер образующейся структуры зависит от применяемых *режимов* при выполнении технологических процессов, и *метода* производства масла. В масле, выработанном *методом сбивания сливок*, выражена в большей степени коагуляционная структура, по сравнению со структурой масла, выработанного *методом преобразования высокожирных сливок*.

Для оценки состояния структуры масла, образующейся во время механической обработки, и его свойств используют структурно-механические характеристики и условные показатели физико-химических свойств масла.

Прочность и восстанавливаемость структуры оценивают по значениям предельного напряжения сдвига и сопротивления масла разрезанию (твердость масла). Значение предельного напряжения

сдвига зависит от скорости экструзии масла и диаметра отверстий в решетке обработника. При увеличении скорости продавливания продукта с 20 до 30 см/с через отверстие диаметром 2,5 мм предельное напряжение сдвига масла уменьшается с 4,5 до 3,5 г/см<sup>2</sup> при температуре 20 °С.

Максимальное снижение вязкости масла и предельного напряжения сдвига достигается при скорости экструзии 16 см/с и диаметре отверстий 2,5 мм.

На структурно-механические свойства масла во время его механической обработки влияет вакуумирование. При вакуумировании вследствие уменьшения содержания газовой фазы повышается твердость масла.

Для характеристики пластических и эластичных свойств масла используют условный показатель, предложенный М.М. Казанским, а также данные, полученные при снятии полной реологической кривой масла на приборе Веймера–Ребиндера или других приборах.

Степень разрушения жировой дисперсии при механической обработке оценивают по количеству жира, находящегося в масле в состоянии дисперсии. Соотношение между двумя типами структур оценивают по степени тиксотропного восстановления структуры, а также по отношению эластичности и пластичности, по условным показателям: количеству вытекаемого из масла жидкого жира, формоустойчивости (термоустойчивости), которая характеризуется коэффициентом деформации масла  $k_t$  при температуре 30 °С,

$$k_t = \frac{D_0}{D_1},$$

где  $D_0$ ,  $D_1$  – диаметр основания цилиндра масла, соответственно начальный и после термостатирования.

Формоустойчивость оценивают хорошей при  $k_t = 1,0 \pm 0,86$ , удовлетворительной при  $k_t = 0,85 - 0,7$ , неудовлетворительной при  $k_t$  менее 0,7.

Формоустойчивость и количество жидкого жира связаны между собой. Чем больше количество вытекаемого из масла жидкого жира, тем в большей степени ухудшаются показатели формоустойчивости.

Методику определения формоустойчивости разработал А.П. Белоусов.



Для характеристики непрерывности одной фазы масла используют такие показатели, как степень испарения влаги из масла, проникновение радиоактивных веществ ( $\text{Ca}^{45}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) в глубинные слои масла. Методику определения этих показателей разработал А.И. Желтков.

Реологические характеристики сливочного масла являются мерой проявления его структурно-механических свойств; они отражают способность деформироваться под приложением нагрузки и восстанавливаться при снятии последней. Основными реологическими характеристиками сливочного масла являются: предельное напряжение сдвига, вязкость, модуль упругости, время релаксации и ряд условных показателей, по которым оценивают твердость масла, его прочностные характеристики, тип структуры и др.

### *Регулирование консистенции масла*

Консистенция зависит от структуры масла. Консистенцию сливочного масла регулируют путем подбора технологических режимов, необходимых для изменения соотношения между двумя типами структур – коагуляционной и кристаллизационной; изменения количества твердого жира и газовых пузырьков, изменения степени дисперсности кристаллов глицеридов молочного жира, капелек плазмы и газовых пузырьков, изменения степени непрерывности жировой и водной фаз.

### **1.21. Влияние механической обработки на хранимоспособность масла**

Влияние механической обработки на хранимоспособность масла связано с изменениями степени дисперсности плазмы и количества капсулированной влаги, происходящими при механической обработке масла.

С увеличением степени дисперсности плазмы увеличивается общее количество капель, появляется больше изолированных стерильных капель, увеличивается количество мельчайших капель плазмы, внутри которых микроорганизмы прекращают свою жизнедеятельность из-за отсутствия необходимых условий для этого.

По данным Ф.А. Вышемирского, в непромытом масле, выработанном в маслоизготовителе непрерывного действия, количество капель размером до 5 мкм составляет 94,1 %.

В хорошо обработанном масле уменьшается поверхность жира, на которую могут воздействовать ферменты, выделяемые микроорганизмами, в результате чего повышается сохраняемость качества масла. Масло с хорошо вработанной влагой в меньшей степени подвергается плесневению.

Вместе с тем следует иметь в виду, что при значительном увеличении степени дисперсности плазмы образуется большая поверхность ее соприкосновения с жиром, что может способствовать развитию химических процессов порчи жира, протекающих на поверхности раздела фаз.

Опасность развития пороков химического происхождения повышается с увеличением степени дисперсности плазмы при переработке низкокачественного сырья, особенно когда плазма содержит металлы-катализаторы окислительных процессов.

При переработке высококачественных сливок, содержащих естественные антиокислители, увеличение поверхности раздела фаз способствует сохранению жира от порчи.

Отрицательное влияние механической обработки на хранимоспособность масла может быть связано с обогащением масла воздухом, в состав которого входит кислород, ускоряющий окислительные процессы и тем самым способствующий появлению таких пороков, как салостый, олеистый и др. В масле с пониженным содержанием газовой фазы при его механической обработке под вакуумом развитие пороков химического происхождения, а также плесневение замедляются; при этом получается более твердое масло.

## **1.22. Гомогенизация масла**

Гомогенизацию свежесвыработанного масла можно считать продолжением механической обработки. Гомогенизируют масло, выработанное в безвальцовых маслоизготовителях, а также при выпуске в реализацию мелкофасованного масла. Не следует гомогенизировать хорошо обработанное масло, что может быть причиной появления различных пороков консистенции – мягкости, засаленности и др.

Цель гомогенизации состоит в том, чтобы лучше диспергировать плазму в монолите масла, обеспечить в нем превалирование коагуляционной структуры, обладающей выраженными тиксотропными свойствами, и таким образом улучшить консистенцию масла, его структурно-механические свойства: эластичность, пластичность и др.

Гомогенизация способствует ускоренному тиксотропному восстановлению структуры.

На предприятиях молочной промышленности применяют гомогенизатор М6-ОГА, особенность которого заключается в том, что на нем можно фасовать свежее неохлажденное масло.

Гомогенизатор состоит из загрузочного бункера, шнековой камеры и ротора. Масло подается шнеками на ротор. Интенсивность механического воздействия регулируют путем изменения числа ножей в роторе и частотой вращения ротора.

В осенне-зимний период года при получении сравнительно твердого масла его гомогенизируют сразу же после выработки при интенсивном механическом воздействии. Интенсивность механического воздействия регулируют заменой роторов, имеющих различное число ножей – 12, 16, 24.

В весенне-летний период года при получении мягкого масла его перед гомогенизацией предварительно выдерживают в помещении цеха 1–3 ч для отвердевания глицеридов и упрочнения структуры; интенсивность механического воздействия снижают, чтобы избежать появления пороков консистенции масла, связанных с увеличением количества жидкого жира и излишним снижением механической прочности масла. После гомогенизации масло должно быть немедленно расфасовано. Температура 11–13 °С является оптимальной температурой гомогенизации.

Во время гомогенизации температура масла повышается на 1–2 °С. Дополнительная механическая обработка свежеработанного масла в гомогенизаторе М6-ОГА не оказывает влияния на содержание влаги и СОМО.

### **1.23. Фасование масла**

Сливочное масло, выработанное методом сбивания сливок, на выходе из маслоизготовителя представляет собой пластичный про-

дукт. Он легко формируется крупными монолитами (массой по 20 кг) и мелкими брикетами различной формы и массой от 10 до 500 г.

Масло, выработанное в маслоизготовителях периодического действия, перед фасованием через люк выгружают в ванну-тележку, из которой шнеками, расположенными на дне, направляют в бункер фасовочного автомата – мелкими порциями или в машины для упаковки масла – крупными монолитами. Температура масла к моменту фасования составляет 14–16 °С в осенне-зимний период года и 13–15 °С – в весенне-летний.

Масло, выработанное в маслоизготовителях непрерывного действия, фасуют в потоке в процессе выработки. При этом масло из аппарата направляют непосредственно в бункер автомата для мелкого фасования или в машины для формования блоков.

Температура масла к моменту фасования должна составлять 14–16 °С в осенне-зимний и 12–14 °С – в весенне-летний периоды года.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие требования предъявляют к качеству молока, используемого для выработки сливочного масла?
2. Какие основные пороки молока Вы знаете? Каковы меры их устранения?
3. Каковы состав и свойства сливок из коровьего молока?
4. Какие методы применяют для определения состава компонентов и оценки качества сливок?
5. Какие методы исправления пороков качества сливок Вы знаете?
6. Какова роль пастеризации сливок при выработке сливочного масла?
7. В чем заключаются особенности процесса дезодорации сливок? Каково его влияние на состав и свойства сливок?
8. Какие существующие методы производства сливочного масла Вы знаете? Назовите их преимущества и недостатки.
9. В чем заключаются особенности технологии сливочного масла методом сбивания сливок?
10. Какова роль низкотемпературной подготовки (физического созревания) сливок?

11. Каковы особенности кристаллизации глицеридов в жировых шариках?

12. Какие теории о процессе маслообразования при сбивании сливок Вы знаете?

13. В чем заключается сущность сбивания сливок? Какие факторы влияют на данный процесс?

14. Каковы отличительные особенности сбивания сливок в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия?

15. Как осуществляют промывку масляного зерна?

16. Как осуществляют посолку масла и регулирование влаги в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия ?

17. Изобразите графически стадии механической обработки масла.

18. Какую структуру должно иметь сливочное масло? Какие факторы оказывают влияние на формирование структуры?

19. В каком случае применяют гомогенизацию сливочного масла?

## **2. ПРОИЗВОДСТВО СЛИВОЧНОГО МАСЛА МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОЖИРНЫХ СЛИВОК**

*Сущность метода заключается в концентрировании жировой фазы молока (сливок) сепарированием, в горячем состоянии, до содержания ее в готовом масле с последующим преобразованием ВЖС в масло посредством термомеханического воздействия.*

Производство сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок заключается в том, что желаемое содержание жира в сливочном масле достигается путем одно- или двукратного сепарирования молока. В результате сепарирования получают высокожирные сливки, которые подвергаются термомеханическому воздействию в специальных аппаратах непрерывного действия с последующим термостатированием свежеработанного масла в покое.

Технологическая схема получения масла методом преобразования высокожирных сливок представлена в разд. 1. Там же рассмотрены технологические операции, начиная с приемки молока и включая пастеризацию, которые являются одинаковыми как для получения сливочного масла методом сбивания сливок, так и для данного метода – до получения и нормализации высокожирных сливок.

### **2.1. Получение и нормализация высокожирных сливок**

Высокожирные сливки можно получить одно или двукратным сепарированием молока. Процесс получения высокожирных сливок из молока отличается от получения обычных сливок тем, что при получении высокожирных сливок на стадии концентрирования жира внутри барабана сепаратора происходит вытеснение веществ оболочки жировых шариков в результате взаимного трения их во время контакта. При получении обычных сливок вытеснение веществ оболочки жировых шариков отсутствует.

В производственных условиях обычно применяют двукратное сепарирование: сначала получают из молока сливки с массовой долей жира 32–37 % кислотностью плазмы не выше 25 °Т, которые затем пастеризуют и горячими в потоке сепарируют в специальных сепараторах периодического действия, получая высокожирные сливки.

Для обеспечения непрерывности получения высокожирных сливок используют три сепаратора, которые работают поочередно. Для обеспечения устойчивого режима работы сепаратора необходимо направлять на сепарирование сливки однородные по содержанию жира, сохранять постоянными частоту вращения барабана, приток сливок в барабан сепаратора и своевременно освобождать барабан сепаратора от осадка.

Процесс получения высокожирных сливок представляет собой концентрирование жира в молочной плазме под действием центробежной силы.

Данный процесс состоит из двух стадий: на первой стадии происходит сближение жировых шариков, в результате которого образуются сливки. На второй стадии в результате дальнейшего концентрирования жировой фазы имеют место уплотнение и деформация жировых шариков.

Заканчивается вторая стадия образованием высокожирных сливок при достижении содержания жира в них более 60 %.

Показателем, характеризующим процесс сепарирования, является скорость движения жирового шарика. Выражение, полученное на основании уравнения Стокса для определения скорости движения жирового шарика в центробежном поле сепаратора ( $V$ ), приведено ниже:

$$V = 8/9 \pi^2 r^2 n^2 R (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}}) / \mu,$$

где  $r$  – радиус жирового шарика, мкм;  $n$  – частота вращения барабана сепаратора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $R$  – средний диаметр рабочей части тарелки сепаратора, м;  $\rho_{\text{п}}$  и  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность соответственно плазмы и жира,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\mu$  – вязкость, Па·с.

Из формулы следует, что скорость выделения жировых шариков находится в прямой зависимости от частоты вращения барабана и радиуса тарелки сепаратора, размера жировых шариков, разности показателей плотности плазмы и жира и обратно пропорциональна вязкости сливок.

Содержание жира в сливках 62–64 % является предельным, выше которого происходит вытеснение в плазму веществ оболочки жировых шариков (фосфолипидов и других) в результате трения жировых шариков при контакте и деформации. Вещества оболочки удаляются вместе с пахтой из барабана сепаратора. Поэтому высоко-

жирные сливки содержат меньше оболочечного вещества, чем сливки с массовой долей жира менее 62 %.

В результате частичного удаления веществ оболочки с поверхности жирового шарика изменяются электрический заряд жировых шариков и их подвижность в электрическом поле, уменьшаются толщина и устойчивость оболочки жировых шариков.

Например, при выработке бутербродного масла (массовая доля жира в масле 61,5 %) жировые шарики еще не подвергаются деформации, поэтому устойчивость их оболочки не была дестабилизирована механическим воздействием. В этом случае высокожирные сливки как дисперсная система обладают высокой устойчивостью и для смены фаз при термомеханической обработке в маслообразователе потребуются значительные затраты механической энергии.

На второй стадии при повышении массовой доли жира в сливках с 62–64 % до 93–95 % изменяется механизм процесса концентрирования жира: под действием центробежной силы плазма вытесняется из капиллярных пор, образующихся между жировыми шариками при деформировании. Этот процесс можно рассматривать как фильтрацию плазмы через пористый слой, которому можно уподобить высокожирные сливки.

Во время второй стадии образуется слой высокожирных сливок с плотной упаковкой жировых шариков в объеме сливок. По мере сближения жировых шариков между ними образуется очень тонкая прослойка плазмы, но жировая эмульсия (высокожирные сливки) остается неразрушенной в результате того, что во время сепарирования при некотором отношении объемов плазмы к жиру вся свободная влага переходит в связанное состояние; поверхность жирового шарика находится в состоянии предельной гидратированности. Этому способствует расплавленное состояние молочного жира (температура сливок выше точки отвердевания молочного жира).

По данным А.П. Белоусова, разрушение жировой эмульсии при сепарировании наступает при критической толщине оболочки жировых шариков, равной около 40 мкм. Критическая толщина оболочки достигается в результате уплотнения и деформации жировых шариков при увеличении содержания жира в сепарируемых сливках до 93–95 %.

При разрушении жировой эмульсии из рожка сепаратора вытекает молочный жир, барабан сепаратора быстро заполняется



осадком, резко снижается производительность сепаратора и повышается содержание жира в пахте.

Стадии концентрирования жира различаются между собой по затратам механической энергии, потребной для концентрирования жира. На первой стадии энергия расходуется на преодоление сопротивления среды движению жирового шарика, а на второй – на деформацию и спрессовывание жировых шариков, вытеснение плазмы из капилляров, при этом увеличивается поверхность раздела фаз плазма – жир. С повышением содержания жира в получаемых высокожирных сливках повышаются затраты энергии на концентрирование жира в связи с увеличением сопротивления движению плазмы по узким капиллярам и увеличением поверхности раздела плазма – жир в результате дополнительной деформации жировых шариков.

Стадии различаются между собой скоростью процесса концентрирования жира. На первой стадии процесс концентрирования жира протекает быстрее, чем на второй. Замедление процесса концентрирования жира на второй стадии связано с тем, что скорость процесса фильтрации плазмы через мелкие поры сливочного слоя меньше, чем скорость движения жировых шариков в плазме сливок.

По мере увеличения содержания жира и уменьшения содержания влаги в получаемых высокожирных сливках скорость процесса концентрирования жира на второй стадии снижается, что приводит к снижению производительности сепаратора. По данным Ф.А. Вышемирского, при массовой доле влаги в высокожирных сливках 24,3; 19,3 и 15,3 % производительность сепаратора (марки Г9-ОСК) уменьшается соответственно до 1700, 1200 и 700 кг/час.

При сепарировании сливок получают высокожирные сливки и обезжиренную часть сливок, именуемую пахтой по аналогии с пахтой, получаемой при сбивании сливок. Молочная плазма входит в состав высокожирных сливок и обезжиренной части сливок. Пользуясь термином «пахта», следует иметь в виду, что обезжиренная часть сливок (пахта), полученная при сепарировании сливок, значительно отличается по составу и физико-химическим свойствам от пахты, полученной при сбивании сливок в маслоизготовителях. Поэтому термин «пахта», принятый для наименования обезжиренной части сливок, полученной при сепарировании сливок, является условным.

### 2.1.1. Факторы, влияющие на процесс сепарирования сливок при получении высокожирных сливок

На процесс получения высокожирных сливок оказывают влияние следующие факторы: массовая доля жира, степень дисперсности жировых шариков, степень дестабилизации в сепарируемых сливках и их кислотность, а также массовая доля жира в получаемых высокожирных сливках, температура сливок при сепарировании, производительность сепаратора, продолжительность непрерывной работы сепаратора.

При снижении массовой доли жира в сепарируемых сливках, при равнозначных условиях работы сепаратора, снижается массовая доля жира в получаемых высокожирных сливках, а содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) в них повышается.

По данным Ф.А. Вышемирского, при повышении массовой доли жира в сепарируемых сливках с 30 до 40 % производительность сепаратора увеличивается в 1,5 раза. При этом содержание СОМО в получаемых высокожирных сливках снижается с 1,92 до 1,66 %, а степень дестабилизации жировой дисперсии повышается на 6,5 %. При повышении массовой доли жира в получаемых высокожирных сливках с 61,5 до 72,5 % и с 80 до 82,5 % содержание СОМО в них снижается с 3,5 до 2,5%; с 2 до 1,6 % соответственно. Производительность сепаратора по высокожирным сливкам снижается с 2075 до 700 кг/ч.

При увеличении содержания крупных жировых шариков в сепарируемых сливках производительность сепаратора повышается, потери жира при сепарировании уменьшаются.

Степень дестабилизации сливок характеризует состояние жировой дисперсии. Степень дестабилизации жировой дисперсии повышается при повышении кислотности сливок, снижении в них устойчивости белковой фазы, повышении массовой доли жира и температуры сливок при сепарировании, а также массовой доли жира в получаемых высокожирных сливках.

По данным Г.В. Твердохлеб, с повышением массовой доли жира в сепарируемых сливках с 30 до 41 % степень дестабилизации увеличивается на 6,5 %, СОМО уменьшается с 1,92 до 1,66 %. Содержание СОМО в высокожирных сливках увеличивается с 1,87 до 2,4 % при

сепарировании сливок, выдержанных в течение суток при температуре 0–2 °С. Повышение степени дестабилизации сепарируемых сливок способствует увеличению производительности сепаратора и снижению жирности пахты.

Повышение кислотности плазмы в сепарируемых сливках обуславливает переход в плазму липопротеиновых мицелл с поверхности оболочки жирового шарика, уменьшение толщины оболочки жирового шарика, вследствие чего степень дестабилизации высокожирных сливок повышается, увеличивается вязкость, ускоряется накопление осадка в барабане сепаратора, сокращается продолжительность работы сепаратора, повышается массовая доля жира в пахте.

По данным Ф.А. Вышемирского, при увеличении кислотности плазмы сепарируемых сливок с 18,4 до 23,8 °Т степень дестабилизации увеличивается на 37,5 %, а массовая доля жира в пахте – в 1,5 раза.

Для предупреждения увеличения массовой доли жира в пахте при сепарировании сливок с кислотностью плазмы более 25 °Т уменьшают производительность сепаратора.

Температура сливок при сепарировании может колебаться от 60 до 85 °С (предпочтительно 65–70 °С). При сепарировании сливок при температуре 65–70 °С увеличивается долговечность и продолжительность непрерывной работы сепаратора, а также уменьшается испарение влаги. В результате понижения температуры сепарируемых сливок появляется возможность получать высокожирные сливки с относительно низкой температурой (60–65 °С); направлять их в маслообразователь, что позволяет увеличить производительность маслообразователя, а качество масла при этом не ухудшается.

При снижении температуры сепарируемых сливок (ниже 65 °С) независимо от содержания влаги в получаемых высокожирных сливках повышается содержание газовой фазы и жира в пахте вследствие повышения вязкости сепарируемых и высокожирных сливок, снижается количество СОМО.

С повышением температуры сливок при сепарировании с 80 до 90–95 °С содержание СОМО увеличивается на 0,1–0,15 % и степень дестабилизации – на 12–17 % преимущественно в результате глубоких изменений сывороточных белков в плазме и переходом их на поверхность оболочек жировых шариков, что стабилизирует устойчивость жировой эмульсии и снижает отход белков в пахту. При температуре 85 °С степень денатурации сывороточных белков

составляет 22–30 %, а при температуре 90 °С сывороточные белки коагулируют полностью.

Производительность сепаратора регулируют изменением притока сливок в барабан. При выработке сливочного масла традиционного состава (с содержанием влаги 16 %) производительность сепаратора Г9-ОСК регулируют по высокожирным сливкам в пределах 700–800 кг/час.

Производительность сепаратора независимо от вида вырабатываемого масла регулируют так, чтобы массовая доля жира в пахте не превышала 0,4 %. При регулировании производительности сепаратора по высокожирным сливкам учитывают массовую долю жира в сепарируемых и высокожирных сливках. С увеличением массовой доли жира в сепарируемых сливках повышается производительность сепаратора и увеличивается массовая доля жира в пахте. Однако суммарный отход жира в пахту не увеличивается в связи с одновременным уменьшением ее количества. При уменьшении массовой доли жира в сливках наоборот снижаются производительность и массовая доля жира в пахте. При повышении массовой доли жира в высокожирных сливках снижаются указанные показатели, при снижении массовой доли жира производительность сепаратора соответственно увеличивается, а массовая доля жира в пахте снижается.

Продолжительность непрерывной работы сепаратора зависит от качества сепарируемых сливок. При получении высокожирных сливок из высококачественных сливок и технически исправном сепараторе продолжительность его безостановочной работы составляет 1,5–3,0 часов. При увеличении количества осадка в барабане сепаратора сокращается рабочий цикл сепаратора. Скорость накопления осадка в шламовом пространстве и между тарелками в барабане сепаратора зависит от кислотности, механической загрязненности, кратности тепловой обработки, продолжительности выдержки в горячем состоянии сепарируемых сливок и др.

### 2.1.2. Нормализация высокожирных сливок

Во время сепарирования следует получать высокожирные сливки с заданным содержанием влаги, что позволит исключить последующую нормализацию их и тем самым обеспечить высокую степень дисперсности влаги в готовом продукте без дополнительной затраты энергии на диспергирование добавленной влаги во время нормализа-

ции. Нормализация приводит к понижению производительности маслообразователя. По данным Ф.А. Вышемирского, при использовании высокожирных сливок без нормализации производительность маслообразователя на 10–25 % выше, чем в случае нормализации их пахтой или сливками. При исключении нормализации повышается качество масла, включая его консистенцию, вкус и запах.

Получать высокожирные сливки с требуемым содержанием влаги представляется возможным в процессе сепарирования исходных сливок посредством регулирования работы сепаратора (производительностью).

Однако в практике нередко получают высокожирные сливки, в которых содержание компонентов отличается от требуемого, возникает необходимость нормализации высокожирных сливок по влаге, СОМО.

При нормализации высокожирных сливок необходимо знать их объем, массовую долю влаги и содержание СОМО. Объем высокожирных сливок определяют, пользуясь мерной линейкой, поставляемой в комплекте с нормализационными ваннами. Градуируют линейку путем внесения в ванну заданного объема воды при температуре 20 °С. Объем ( $V$ ) высокожирных сливок в литрах пересчитывают на массу  $M_{в.с}$ , кг, пользуясь формулой

$$M_{в.с} = V \cdot 0,904,$$

где 0,904 – плотность высокожирных сливок при массовой доле жира 83 % и температуре 65 °С, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность высокожирных сливок при массовой доле жира 78,0; 72,5 и 61,5 % составляет соответственно 0,913; 0,920 и 0,933 кг/м<sup>3</sup>.

Массовую долю влаги и СОМО определяют аналитически.

Во время анализа на содержание влаги из высокожирных сливок испаряется не вся влага, остается влага, прочно связанная с белком, так называемая связанная влага. Количество связанной влаги не является постоянной величиной и зависит от состава и качества сепарируемых сливок, массовой доли жира и СОМО в высокожирных сливках, периода года, а также от температуры высокожирных сливок. При снижении температуры высокожирных сливок от 70–75 °С до 30–35 °С содержание связанной влаги уменьшается в среднем на 0,5 %. Поэтому во избежание ошибок (что может быть причиной неправильного учета выхода масла) следует не допускать до начала

анализа охлаждение пробы высокожирных сливок. Количество связанной влаги колеблется в пределах от 0,4 до 1,2 %. В расчетах по нормализации массовую долю связанной влаги принимают равной 0,6 %. Фактическое содержание связанной влаги в высокожирных сливках следует периодически уточнять путем сопоставления содержания влаги в неохлажденных высокожирных сливках после нормализации и в полученном из них масле.

Требуемое количество нормализующих молочных добавок (пахты, молока, сливок, молочного жира, сухого, сгущенного обезжиренного молока и др.), используемых для нормализации высокожирных сливок, рассчитывают по формулам. В формулах при расчетах, связанных с определением недостающего количества влаги, массовую долю влаги в нормализованных высокожирных сливках принимают ниже, чем требуется по стандарту, чтобы выработать масло с массовой долей влаги в пределах, допустимых стандартом. Эта массовая доля влаги именуется нормативной массовой долей влаги. Соответственно составляет для сладкосливочного, любительского, крестьянского и бутербродного масла 15,8; 19,7; 24,7; 34,3 %. Превышение массовой доли влаги в масле на 0,2 % против установленного стандартом не допускается.

*Нормализация высокожирных сливок по массовой доле влаги.* При получении высокожирных сливок обычно завывают массовую долю жира в них, а затем нормализуют по содержанию влаги путем добавления в высокожирные сливки пахты или пастеризованного молока или сливок. При выработке вологодского масла высокожирные сливки нормализуют высококачественными пастеризованными сливками. Не рекомендуется использовать для нормализации воду и обезжиренное молоко. При внесении их в высокожирные сливки ухудшается вкус и запах масла, а в случае нормализации водой снижается массовая доля СОМО в масле.

Требуемое количество пахты ( $M_{п}$ ) для нормализации высокожирных сливок до заданной массовой доли влаги рассчитывают, пользуясь формулой

$$M_{п} = \frac{M_{в.с} K H_{в}}{100},$$

где  $M_{в.с}$  – масса нормализуемых высокожирных сливок, кг;  $K$  – коэффициент нормализации, определяющий массу пахты, которую тре-

буется добавить на каждые 100 кг высокожирных сливок для повышения в них массовой доли влаги на 1 %.

Численное значение коэффициента нормализации пахтой ( $K_{п}$ ) рассчитывают по формуле

$$K_{п} = \frac{100}{(V_{пх} - V_{мс})},$$

где  $V_{пх}$  – массовая доля влаги в пахте, используемой для нормализации;  $V_{мс}$  – нормативная массовая доля влаги в масле, %.

При нормализации высокожирных сливок пахтой величина коэффициента нормализации изменяется в зависимости от массовой доли сухих веществ в пахте: увеличивается с 1,3 до 1,34 при увеличении массовой доли сухих веществ в пахте с 7 до 9,5 % в пахте, используемой для нормализации высокожирных сливок при массовой доле влаги в масле 15,8 %.

Недостающее содержание влаги в нормализуемых высокожирных сливках  $H_{в}$ , %, определяют, пользуясь уравнением

$$H_{в} = V_{м.с} - V_{в.с} - C_{в},$$

где  $V_{мс}$  – нормативное содержание влаги в масле, %;  $V_{в.с}$  – фактическая массовая доля влаги в неохлажденных высокожирных сливках до нормализации, %;  $C_{в}$  – массовая доля связанной влаги, до нормализации в неохлажденных высокожирных сливках, не испарившейся во время лабораторного анализа, %.

Требуемое количество молока и сливок для нормализации высокожирных сливок по содержанию массовой доли влаги рассчитывают, пользуясь уравнением, приведенным выше для нормализации пахтой. Численное значение коэффициента нормализации ( $K$ ) при нормализации сливками ( $K_{сл}$ ) и молоком ( $K_{м}$ ) определяют по формулам

$$K_{сл} = \frac{100}{V_{сл} - V_{мс}}; \quad K_{м} = \frac{100}{V_{м} - V_{мс}},$$

где  $V_{сл}$  и  $V_{м}$  – массовая доля влаги в сливках и молоке, используемых для нормализации.

*Нормализация высокожирных сливок молочным жиром.* Если массовая доля влаги в высокожирных сливках завышена, их нормализуют доброкачественным молочным жиром, топленым маслом или высокожирными сливками с более низкой массовой долей влаги.

Требуемое для нормализации высокожирных сливок количество молочного жира ( $M_{ж}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{ж} = \frac{M_{в.с} (V_{в.с} - V_{мс})}{100} \frac{100}{V_{мс} - V_{ж}},$$

где  $M_{в.с}$  – масса нормализуемых высокожирных сливок, кг;  $V_{в.с}$  – массовая доля влаги в нормализуемых высокожирных сливках до нормализации;  $V_{мс}$  – нормативная массовая доля влаги в масле, %;  $V_{ж}$  – массовая доля влаги в молочном жире, используемом для нормализации, %.

*Нормализация высокожирных сливок по СОМО.* Массовая доля СОМО в сливочном масле составляет 1 % по отношению к массовой доле влаги в нем, соответственно в сладкосливочном, любительском, крестьянском и бутербродном 1,5; 2,0; 2,5; 3,5 %. В случаях, если массовая доля СОМО в масле меньше нормативной, рекомендуется нормализовать высокожирные сливки по влаге пахтой, содержащей повышенное количество сухих веществ (в результате использования сухого или обезжиренного молока или пахты, которые предварительно восстанавливают в натуральной пахте). Требуемое для нормализации количество сухого или сгущенного обезжиренного молока или пахты ( $M_{сом}$ ), рассчитывают по сухому веществу, используя формулу

$$M_{сом} = \frac{M_{в.с} (C_{мсн} - V_{мсф})}{C_{сом} - C_{мсн}},$$

где  $M_{в.с}$  – количество нормализуемых высокожирных сливок, кг;  $C_{мсн}$  – нормативная массовая доля СОМО в масле, %;  $C_{мсф}$  – фактическая массовая доля СОМО в масле, %;  $C_{сом}$  – массовая доля СОМО в сухом или сгущенном обезжиренном молоке, %.

Затем по формуле, приведенной выше, или по таблице находят количество пахты, требуемое для нормализации по влаге высокожирных сливок. Сухое или сгущенное обезжиренное молоко раство-



ряют в небольшом количестве пахты при температуре 30–35 °С, процеживают, смешивают с оставшимся количеством горячей пахты и вносят в нормализационную ванну.

*Порядок нормализации высокожирных сливок.* Высокожирные сливки нормализуют в нормализационных ваннах. Линию для получения масла методом преобразования высокожирных сливок комплектуют обычно тремя ваннами для нормализации. Пока одна ванна наполняется, во второй осуществляется нормализация, а из третьей нормализованные высокожирные сливки подаются винтовым насосом в маслообразователь.

Требуемое количество нормализующих добавок вносят в горячие высокожирные сливки при работающей мешалке. Перемешивают высокожирные сливки мешалками в течение 1–2 минут через каждые 10–15 минут, чтобы обеспечить равномерное распределение составных частей в объеме высокожирных сливок и избежать выделение свободного жира в поверхностном слое. Ванны заполняют поочередно и в том же порядке их освобождают. Ванны закрывают крышками, чтобы избежать испарения влаги, что влечет за собой различную массовую доли влаги в отдельных блоках (ящиках). Пахту, используемую для нормализации, отбирают непосредственно на выходе из сепаратора.

Нормализованные высокожирные сливки, содержащиеся в одной ванне, должны быть подвергнуты термомеханической обработке в маслообразователе в течение 30–40 минут. Задержка влечет за собой ухудшение вкуса и консистенции масла.

От способа нормализации зависят содержание СОМО в нормализованных высокожирных сливках, их вязкость, а также твердость масла. В нормализованных высокожирных сливках пахтой вязкость ниже, а массовая доля СОМО выше, чем в высокожирных сливках без нормализации.

По данным Ф.А. Вышемирского, вязкость высокожирных сливок при массовой доле влаги 24,2 %, СОМО 2,56; 2,55; 2,60, температуре 60 °С составляет соответственно при нормализации сливками  $258,4 \pm 34,7$ , пахтой –  $240,5 \pm 38,7$ , без нормализации –  $292,1 \pm 33,2 \cdot 10^3$  Па·с.

Твердость масла, выработанного из высокожирных сливок, нормализованных пахтой, сравнительно выше, а восстанавливае-

мость структуры ниже, чем у масла, выработанного из высокожирных сливок без нормализации.

Зависимость между способами нормализации и прочностными характеристиками масла связана с тем, что с пахтой при нормализации вносят вещества, которые оказывают влияние на процесс структурообразования в масле (ди- и моноглицериды и др.).

При производстве бутербродного масла нормализация высокожирных сливок пахтой или сливками не оказывает существенного влияния на свойства масла.

## **2.2. Термомеханическая обработка высокожирных сливок**

Назначение термомеханической обработки высокожирных сливок в специальных аппаратах-маслообразователях заключается в том, чтобы преобразовать структуру высокожирных сливок в структуру сливочного масла, для чего обеспечить обращение фаз путем охлаждения и перемешивания высокожирных сливок. Во время термомеханической обработки происходят интенсивное образование центров кристаллизации, выделение из расплава твердого жира в достаточном количестве для образования первичной структуры масла, диспергирования кристаллизующихся агрегатов твердого жира до желаемых размеров.

Во время термомеханической обработки осуществляется регулирование структуры и консистенции сливочного масла.

Термомеханическую обработку высокожирных сливок можно рассматривать как вторую стадию превращения сливок в масло. Первой стадией является получение высокожирных сливок, поскольку этот процесс связан с деформацией и концентрацией жировых шариков. Во время третьей стадии после выхода из маслообразователя масло твердеет.

В промышленности используют две модели маслообразователей – теплообменные аппараты цилиндрического и пластинчатого типов, предусматривающие охлаждение продукта через теплопередающую стенку.

### 2.2.1. Физико-химические основы преобразования высокожирных сливок в масло

Исследованию физико-химических процессов, происходящих при выработке масла методом преобразования высокожирных сливок, посвящены работы отечественных ученых: П. А. Ребиндера совместно с А.И. Титовым и И.Н. Влодавцем, М.М. Казанского, Г.В. Твердохлеб, А.Д. Грищенко, Ф.А. Вышемирского, С.С. Гуляева-Зайцева, Г.А. Ересько, В.М. Вергилесова, П.В. Никуличева и других.

При термомеханической обработке высокожирных сливок осуществляются следующие физико-химические процессы: кристаллизация глицеридов в молочном жире, образование кристаллоагрегатов и их частичное разрушение, обращение фаз, первичное структурообразование. Механическая энергия, затрачиваемая на обработку, расходуется на преодоление вязкого трения среды; деформацию жировых шариков и разрушение их оболочки, на частичное разрушение кристаллоагрегатов.

### 2.2.2. Кристаллизация глицеридов в молочном жире и обращение фаз

Данные процессы тесно связаны между собой. Обращение фаз невозможно без кристаллизации глицеридов. Процессы кристаллизации глицеридов и обращения фаз лежат в основе преобразования высокожирных сливок в масло. Кристаллизация глицеридов в жировых шариках является причиной разрушения оболочки жировых шариков и обращения фаз. С момента обращения фаз начинается формирование структуры масла.

Условия, необходимые для кристаллизации глицеридов и обращения фаз, создаются в маслообразователе одновременным воздействием на высокожирные сливки низких положительных температур и перемешивания с помощью мешалки.

Кристаллизация глицеридов начинается при достижении начальной температуры кристаллизации глицеридов, которая в условиях перемешивания продукта в аппарате повышается и достигает 22–23 °С.

Кристаллизация глицеридов в жировых шариках начинается с возникновения зародышей кристаллов глицеридов, расположенных

в поверхностных слоях жирового шарика на границе с оболочкой, структурно связанных с веществами (фосфатидами) оболочки жировых шариков. С их появлением мгновенно формируется периферийный хрупкий жесткий каркас из высокоплавких глицеридов и связанных с ними оболочечных веществ. При этом внутри жирового шарика жир остается жидким. При наличии каркаса снижается устойчивость (эластичность) оболочки против разрыва в результате изменения ее молекулярного строения, нарушение равновесия молекулярных сил в адсорбционно-гидратной оболочке.

При механическом воздействии оболочка разрушается, что приводит к обращению фаз в высокожирных сливках. По данным Ф.А. Вышемирского, обращение фаз возможно при содержании плазмы в сливках менее 38–39 %.

Сущность обращения фаз заключается в том, что жидкий жир, выделившийся из жировых шариков после разрушения оболочки во время термомеханической обработки продукта, образует непрерывную фазу. Плазма частично превращается в маленькие капли, которые могут содержать отдельные жировые шарики с не разрушенной оболочкой.

Капли плазмы распределяются в непрерывной жировой фазе (представляют собой капсулированную влагу) наряду с отдельными кристаллами глицеридов. Степень обращения фаз определяется по количеству деэмульгированного жира (выделенного из отобранной пробы) и может быть различной в зависимости от температуры, длительности интенсивности механической обработки продукта, степени дисперсности жировых шариков, а также от величины структурно-механического и энергетического барьеров, характеризующих устойчивость оболочки против разрушения. К концу механической обработки в маслообразователе количество деэмульгированного жира достигает 96 %.

Процесс обращения фаз осуществляется при условии преодоления энергетического барьера, зависящего от отталкивания жировых шариков друг от друга, и структурно-механического барьера, зависящего от толщины адсорбционно-гидратной прослойки между жировыми шариками и упругого сопротивления оболочки.

В расплаве свободного жидкого жира, выделившегося при разрушении оболочки жировых шариков, создаются благоприятные условия для образования крупных агрегатов смешанных кристаллов

глицеридов, появление которых может быть причиной пороков консистенции масла при недостаточной продолжительности механического воздействия на продукт в маслообразователе.

В расплаве жира происходит кристаллизация глицеридов в течение всего периода перемешивания продукта в зоне кристаллизации. При кристаллизации глицеридов в расплаве молочного жира требуется меньшая степень переохлаждения молочного жира, чем при образовании кристаллических зародышей в эмульгированном жире. Образование кристаллических зародышей в расплаве молочного жира происходит при более высокой температуре.

Как следует из теории А.П. Белоусова и В.М. Вергилесова о раздельно-групповой кристаллизации глицеридов в молочном жире, при быстром охлаждении продукта в маслообразователе в расплаве жира образуется две группы смешанных кристаллов: низкоплавкая с температурами плавления 15–25 °С и высокоплавкая с температурами плавления 27–36 °С.

В трехцилиндровом маслообразователе обращение фаз и кристаллизация глицеридов в молочном жире и глицеридов, входящих в состав оболочки жировых шариков, начинается в тонком пристенном слое высокожирных сливок при соприкосновении с холодной стенкой маслообразователя, который затем соскребается специальными ножами и перемешивается с теплыми слоями высокожирных сливок и нагревается. При этом после их перемешивания в объеме теплых сливок отвердевший жир частично расплавляется и снова кристаллизуется после того, как высокожирные сливки, находящиеся в потоке, переместятся к холодной стенке маслообразователя.

Последовательное многократное охлаждение и нагревание высокожирных сливок до температуры выше точки отвердевания молочного жира приводит к тому, что в течение некоторого времени происходят параллельно смена фаз, а также эмульгирование жидкого молочного жира, выделившегося из жировых шариков во время обращения фаз.

В цилиндрических маслообразователях степень дестабилизации высокожирных сливок постепенно увеличивается при движении продукта к выходу из аппарата. По данным Ф.А. Вышемирского, в цилиндрическом маслообразователе через 50–60 с после охлаждения высокожирных сливок до 22–23 °С степень дестабилизации составляет 80–94 %.

По данным С.С. Гуляева-Зайцева, обращение фаз происходит при температуре 22 °С и удельной мощности около 60 Вт/кг, в высокожирных сливках содержится 1,5–2,0 % твердого жира. Чтобы достигнуть степени дестабилизации высокожирных сливок 70–80 %, при перемешивании требуются десятки секунд. При увеличении удельных затрат мощности на механическую обработку высокожирных сливок обращение фаз происходит при температуре 19,5 °С.

### 2.2.3. Температурные зоны преобразования высокожирных сливок в масло

В маслообразователе любой конструкции выделяют две температурные зоны: зону охлаждения и зону кристаллизации.

*Зона охлаждения* представляет собой рабочий объем аппарата, где высокожирные сливки охлаждаются до начальной температуры кристаллизации глицеридов в молочном жире, которая в условиях перемешивания высокожирных сливок в маслообразователе повышается и достигает 22–23 °С. Зону охлаждения можно разделить на две зоны: первая температурная зона охлаждения, где высокожирные сливки охлаждаются до температуры плавления молочного жира 28–33 °С. Вторая температурная зона охлаждения – зона устойчивого переохлаждения, где высокожирные сливки охлаждаются в интервале температур плавления и начальной температуры кристаллизации глицеридов молочного жира. В этой зоне жидкий молочный жир в жировых шариках находится в состоянии устойчивого переохлаждения.

*Зона кристаллизации* представляет собой рабочий объем аппарата, где происходит кристаллизация глицеридов в жировых шариках и в расплаве молочного жира, и температура продукта ниже начальной температуры кристаллизации глицеридов, достигнутой в условиях перемешивания продукта (22–23 °С). Зона кристаллизации заканчивается при выходе масла из аппарата. Температура масла, вытесняемого из аппарата, может колебаться в пределах 11–17,5 °С в зависимости от химического состава молочного жира, вида вырабатываемого масла, от удельных затрат мощности на механическую обработку продукта, периода года, конструкции маслообразователя.

Зона кристаллизации – это зона неустойчивого переохлаждения молочного жира. Кристаллизация глицеридов сопровождается обра-

щением фаз. С момента обращения фаз начинается превращение высокожирных сливок в масло, именуемое продуктом, полученным во время первичного структурообразования. В зоне кристаллизации образующиеся кристаллические агрегаты отвердевших глицеридов частично разрушаются в результате механического воздействия.

Температурная граница между зоной охлаждения и зоной кристаллизации является подвижной и может перемещаться по длине аппарата ближе ко входу высокожирных сливок в аппарат или выходу масла из аппарата в зависимости от условий охлаждения, удельных затрат мощности на механическую обработку продукта и химического состава молочного жира. При расширении зоны кристаллизации сужается зона охлаждения.

В зоне кристаллизации выделяют температурную зону первичного структурообразования. Температурной границей зоны первичного структурообразования является температура продукта, при которой начинается образование структуры масла. Эта температура названа С.С. Гуляевым-Зайцевым критической температурой структурообразования.

Критическая температура структурообразования зависит от удельных затрат мощности на механическую обработку продукта и скорости охлаждения высокожирных сливок.

По данным С.С. Гуляева-Зайцева, критическая температура структурообразования колеблется в пределах 14–20 °С при повышении затраты мощности на механическую обработку продукта в пределах от 9 до 56 Вт/кг.

В трехцилиндровом маслообразователе зона охлаждения расположена в первом (нижнем) цилиндре, зона кристаллизации и первичного структурообразования – во втором и третьем цилиндрах.

В пластинчатом маслообразователе зона охлаждения расположена в передних 15 продуктовых пластинах охладителя, зона кристаллизации – в следующих продуктовых пластинах охладителя (16–24) и продолжается в обработнике. Зона первичного структурообразования расположена в последних продуктовых пластинах охладителя (22–24) и продолжается в обработнике.

#### 2.2.4. Термомеханическая обработка высокожирных сливок в трехцилиндровом маслообразователе

Для термомеханической обработки высокожирных сливок используют трехцилиндровые маслообразователи Т1-ОМ-2Т и Я7-ОМ-3Т, которые представляют собой трехцилиндровые аппараты, состоящие из трех последовательно соединенных универсальных цилиндрических секций с рубашками, в которые подводится хладоноситель (рассол). Цилиндры одинаковой конструкции, перемешивание осуществляется вращающимися вытеснительными барабанами. На барабане закреплены два ножа, оснащенные пластинками из пластмассы. При вращении барабана ножи отбрасываются и прижимаются лезвием к внутренней поверхности цилиндра, снимают охлажденный слой высокожирных сливок и перемешивают его с остальной массой продукта.

Высокожирные сливки подаются в аппарат под давлением, создаваемым насосом, продвигаются тонким слоем, поступают сначала в нижний, затем в средний и верхний цилиндры. Масло вытесняется из аппарата через патрубок в тару в жидком состоянии, где твердеет.

Параметры термомеханической обработки устанавливают с учетом вида вырабатываемого масла, периода года и состава жира. Температура высокожирных сливок на входе в маслообразователь составляет 60–70 °С, масла на выходе из аппарата – 13–15 и 16–17 °С соответственно в осенне-зимний и весенне-летний периоды года. Продолжительность обработки при производительности 500–550 кг/ч (паспортной) 140–160 и 180–200 с соответственно для весенне-летнего и осенне-зимнего периодов года. Температура рассола на входе в аппарат: в весенне-летний период года – от минус 2 до минус 5 °С; в осенне-зимний – от минус 2 до минус 3 °С, на выходе – не выше 0 °С.

В первом цилиндре трехцилиндрового маслообразователя одновременно протекают два процесса: охлаждение высокожирных сливок до начальной температуры кристаллизации глицеридов в молочном жире (23–22 °С) и частичная дестабилизация высокожирных сливок, охлажденных в пристенном слое.

В пристенном слое жидкий жир, выделившийся из дестабилизированных жировых шариков и полученный при частичном расплавлении отвердевшего жира, эмульгируется в теплых слоях



высокожирных сливок. В результате смешивания теплых и охлажденных слоев температура высокожирных сливок, движущихся к выходу из аппарата в кольцевом зазоре между вращающимся вытеснительным барабаном и стенкой цилиндра, снижается, а степень дестабилизации увеличивается.

Во втором цилиндре происходит кристаллизация глициридов и обращение фаз во всем объеме движущегося продукта и в пристенном слое, увеличивается количество отвердевшего жира и дестабилизированных жировых шариков.

Скорость кристаллизации глициридов и обращение фаз находятся в зависимости от интенсивности перемешивания охлажденных пристенных слоев продукта с теплыми слоями и температуры рассола. В действующих трехцилиндровых маслообразователях скорость перемешивания продукта не регулируется.

При охлаждении продукта во втором цилиндре выделяется значительное количество теплоты. Поэтому необходимо особенно интенсивно охлаждать второй цилиндр, тщательно контролировать температуру и количество подаваемого рассола в рубашку цилиндра.

В третьем (верхнем) цилиндре во время первичного структурообразования значительно увеличивается вязкость продукта и в связи с этим увеличиваются затраты механической энергии на перемешивание продукта с выделением теплоты и, если не обеспечить своевременный ее отвод, температура продукта повышается на 3–4 °С.

При чрезмерном снижении температуры рассола, поступающего в средний и верхний цилиндр маслообразователя возможно образование затвердевшего замерзшего слоя продукта, что снижает теплопередачу и может быть причиной ухудшения консистенции масла.

Параметры термомеханической обработки высокожирных сливок в маслообразователе подбирают с таким расчетом, чтобы достигнуть завершенности процесса первичного структурообразования в масле до выхода масла из маслообразователя при различном составе молочного жира. Для достижения этой цели продукт подвергают механической обработке в зоне кристаллизации с различной продолжительностью в разные периоды года.

По данным А.Д. Грищенко, продолжительность механической обработки продукта в зоне кристаллизации в трехцилиндровом маслообразователе Т1-ОМ-2Т при выработке масла с массовой долей влаги 16 % колеблется в осенне-летний период года в пределах 140–160 с,

в осенне-зимний период года – 180–200 с при постоянной частоте вращения вытеснительного барабана  $2,5 \text{ с}^{-1}$ , что соответствует производительности маслообразователя 600–750 кг/ч в весенне-летний период года и 500–550 кг/ч – в осенне-зимний период года при температуре масла на выходе из маслообразователя в весенне-летний период года в пределах 16–17 °С и в осенне-зимний период года в пределах 13–15 °С. Температура рассола минус 2 – минус 5 °С в весенне-летний и минус 2 – минус 3 °С в осенне-зимний периоды года.

С использованием маслообразователя Я7-0М-3Т желаемые результаты достигаются при следующих режимах термомеханической обработки высокожирных сливок при выработке масла с массовой долей влаги 16 %: в весенне-летний период года производительность – 800–850 кг/ч, температура масла на выходе из аппарата – 14–16 °С; в осенне-зимний период года – соответственно 750–800 кг/ч, 14–15 °С. Температура рассола от минус 2 до минус 7 °С.

При оптимальных технологических режимах охлаждения и механической обработки высокожирных сливок в маслообразователе достигается необходимая степень отвердевания молочного жира в аппарате и достаточная степень разрушения образующихся кристаллоагрегатов глицеридов, что позволяет обеспечить достаточное количество кристаллизационных контактов между отвердевшими глицеридами, чтобы выработать пластичное масло с оптимальными физико-механическими показателями.

Для регулирования структуры и консистенции сливочного масла, вырабатываемого в трехцилиндровых маслообразователях, используют метод, предложенный А.Д. Грищенко – путем изменения (сокращения или увеличения) продолжительности термомеханической обработки продукта в зоне кристаллизации для обеспечения образования коагуляционной структуры в масле во время перемешивания в количестве, достаточном для получения пластичного масла. При недостаточной продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации образуется недостаточное количество коагуляционной структуры в масле во время перемешивания и получается излишне твердое масло. В готовом продукте между низкоплавкими и высокоплавкими группами смешанных кристаллов глицеридов оптимальное соотношение 2:1.

Для увеличения продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации расширяют зону кристаллизации.

С этой целью увеличивают количество рассола, подаваемого в рубашку аппарата, или понижают его температуру при постоянной производительности, температура масла на выходе из аппарата при этом снизится на 1–2 °С. Адекватных результатов можно достигнуть, когда уменьшают производительность аппарата при постоянном объеме рассола и его температуры.

Лучшим способом регулирования структуры и консистенции масла является снижение температуры высокожирных сливок поступающих в маслообразователь, так как при этом не только расширяется зона кристаллизации, ускоряется процесс кристаллизации глицеридов, увеличивается степень дисперсности кристаллоагрегатов, образующихся при перемешивании продукта, повышается производительность.

Для сокращения продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации сужают зону кристаллизации. С этой целью уменьшают количество рассола, подаваемого в рубашку аппарата, или повышают его температуру, что приводит к повышению температуры продукта на выходе из аппарата, или увеличивают производительность аппарата при постоянном объеме рассола и его температуры.

Если при выработке масла получается излишне мягкое масло уменьшают продолжительность механической обработки продукта в зоне кристаллизации путем увеличения производительности маслообразователя.

При сокращении продолжительности механической обработке продукта в зоне кристаллизации преследуется цель выделить меньше кристаллического жира. В этом случае увеличивается количество молочного жира в масле, отвердевшем после выхода из маслообразователя, что способствует развитию кристаллизационной структуры, а следовательно, его твердости.

Во время вторичного структурообразования образуется смешанная коагуляционно-кристаллизационная структура с преобладанием пластических свойств коагуляционной структуры. Однако при излишнем увеличении структуры кристаллизационного типа, что может быть при излишнем уменьшении продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации, могут возникнуть пороки консистенции: крошливое масло, недостаточная связанность

структуры, неудовлетворительная термоустойчивость (формоустойчивость).

Если при выработке масла получается излишне твердое крошливое масло, увеличивают продолжительность механической обработки продукта в зоне кристаллизации путем снижения производительности маслообразователя.

В результате увеличения продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации лучше распределяется жидкий жир и больше образуется центров кристаллизации, увеличивается число дисперсных частиц продукта в зоне кристаллизации маслообразователя, увеличивается количество коагуляционной структуры, образующейся в масле во время перемешивания. Масло становится более мягким.

При излишнем увеличении продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации масло становится излишне мягким, увеличивается вытекание жидкого жира из масла, масло получается с низкой термоустойчивостью (формоустойчивостью). Чтобы избежать появления пороков консистенции масла, ограничивают продолжительность механического воздействия на продукт в зоне кристаллизации с учетом химического состава молочного жира.

#### 2.2.5. Термомеханическая обработка высокожирных сливок в пластинчатом маслообразователе

Для термомеханической обработки высокожирных сливок используют пластинчатый маслообразователь РЗ-ОУА-1000 состоит из теплообменного аппарата (охладителя), включающего охлаждающие и продуктовые пластины, и камеру для кристаллизации глицеридов в молочном жире и механической обработки продукта (обработника) с отражателем. Камера имеет форму цилиндра, где продукт перемешивается с помощью вращающейся лопастной мешалки.

В теплообменном аппарате охлаждение достигается при минимальном механическом воздействии, а в обработнике затраты механической энергии достигают значительной величины.

В пластинчатом маслообразователе предельная продолжительность механической обработки продукта на второй стадии процесса маслообразования  $\tau_{п}$  зависит от удельной затраты мощности

на механическую обработку  $N$ . По данным С.С. Гуляева-Зайцева, эта зависимость может быть описана уравнением

$$\tau_{\text{п}} = 202,6 - 2,94N.$$

Из уравнения следует, что при увеличении удельной затраты мощности уменьшается предельная продолжительность механической обработки. Чем короче предельная продолжительность механической обработки, тем выше производительность маслообразователя. Продолжительность механической обработки продукта (предельная) в пластинчатом маслообразователе колеблется по данным С.С. Гуляева-Зайцева в пределах от 30 до 180 с при увеличении удельной мощности механической обработки от 10 до 60 Вт/кг.

При выработке масла на пластинчатом маслообразователе при подборе режимов обработки учитывают влияние удельных затрат мощности на скорость процесса кристаллизации глицеридов, которая увеличивается с повышением удельных затрат мощности.

При выработке масла на пластинчатом маслообразователе применяют двухступенчатые режимы термомеханической обработки высокожирных сливок, в этом состоит особенность термомеханической обработки высокожирных сливок в пластинчатом маслообразователе.

Режимы дифференцируют в зависимости от периода года. Режимы подбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить одинаковую производительность маслообразователя (1000 кг/ч) в весенне-летний и осенне-зимний периоды года, не допуская при этом снижения пластичности масла и ухудшения термоустойчивости продукта.

По данным ВНИИМС, температуру масла, выходящего из маслообразователя, подбирают для весенне-летнего периода года в пределах 13,5–14,5 °С, для осенне-зимнего периода года – 13,0–14,5 °С. Температуру высокожирных сливок, поступающих в аппарат, – в пределах 40–70 °С в течение всего года, температуру рассола – в пределах от минус 2 до минус 10 °С, давление высокожирных сливок на входе в аппарат – от 2 до 2,5 кг/см<sup>2</sup>.

В осенне-зимний период года удельную мощность механической обработки продукта в зоне кристаллизации повышают посредством увеличения числа оборотов вала охладителя по сравнению с весенне-летним периодом года в пределах от 1,15 до 1,5 с<sup>-1</sup> (от 70

до 80 об/мин) и вала обработника в пределах от 4,66 до 5,33–6,0 с<sup>-1</sup> (от 200 об/мин до 320–400 об/мин). Это необходимо для того, чтобы при более высокой степени отвердевания молочного жира иметь возможность в осенне-зимний период года во время механической обработки продукта в аппарате разрушить образующиеся в избыточном количестве кристаллизационные агрегаты для достижения оптимального соотношения между коагуляционной и кристаллизационной структурами при последующем образовании структуры продукта после выхода из аппарата, обеспечить пластичность масла и хорошую термоустойчивость.

В пластинчатом маслообразователе большое количество кристаллических структур разрушается при продавливании продукта через решетку, расположенную между камерой кристаллизации и конусной насадкой.

Увеличение потребляемой мощности связано с увеличением вязкости продукта, в жире которого в осенне-зимний период года содержится больше, чем в весенне-летний период года, высокоплавких глицеридов с длинной углеводородной цепью.

Для регулирования структуры и консистенции сливочного масла при термомеханической обработке высокожирных сливок на пластинчатом маслообразователе используют метод, предложенный С.С. Гуляевым-Зайцевым. Данный метод заключается в изменении скорости кристаллизации глицеридов в молочном жире с помощью регулирования режима охлаждения продукта в охладителе и удельных затрат мощности на механическую обработку продукта.

Чтобы уменьшить скорость кристаллизации глицеридов, повышают температуру продукта и уменьшают удельные затраты мощности на механическую обработку кристаллизующихся глицеридов.

Чтобы увеличить скорость кристаллизации глицеридов в молочном жире, снижают температуру продукта при охлаждении и увеличивают число оборотов приводного вала мешалки в обработнике с целью увеличения удельных затрат мощности на механическую обработку продукта в маслообразователе.

Интенсивность механической обработки продукта увеличивают преимущественно в осенне-зимний период года. Скорость кристаллизации глицеридов повышают с таким расчетом, чтобы увеличить степень отвердевания жира в пределах, необходимых для завершения

процесса первичного структурообразования в масле своевременно до выхода масла из маслообразователя.

Если при выработке в пластинчатом маслообразователе получается масло излишне мягкое с низкой термоустойчивостью замедляют процесс кристаллизации глицеридов во время термомеханической обработки продукта, чтобы уменьшить степень отвердевания молочного жира в аппарате.

Для этого в весенне-летний период года повышают температуру продукта на выходе из охладителя и температуру масла на выходе из маслообразователя в пределах 16,5–18 °С, сохраняя число оборотов приводного вала постоянным в охладителе 70 об/мин и обработника 280 об/мин. При этом режиме обработки повышается степень отвердевания жира в масле в таре, после его выхода из аппарата. При вторичном структурообразовании увеличивается количество кристаллизационных контактов между отвердевшими глицеридами, и масло становится более твердым.

Если в пластинчатом маслообразователе при выработке получается излишне твердое масло с недостаточно связанной структурой, ускоряют процесс кристаллизации глицеридов во время термомеханической обработки продукта, чтобы иметь достаточное количество отвердевшего жира в аппарате для завершения первичного структурообразования до выхода масла из аппарата. Для ускорения кристаллизации снижают температуру продукта во время механической обработки в охладителе и, кроме того, повышают в осенне-зимний период года число оборотов приводного вала обработника.

При увеличении степени отвердевания молочного жира в аппарате появляется возможность до выхода продукта из маслообразователя разрушить часть кристаллических агрегатов, избыточных для образования структуры масла после выхода его из аппарата и таким образом понизить твердость масла.

Высокая скорость охлаждения является предпочтительной. При высокой скорости охлаждения увеличивается степень дисперсности кристаллов глицеридов в молочном жире и сокращается продолжительность процесса охлаждения. Технологические режимы термомеханической обработки высокожирных сливок должны уточняться на предприятии с учетом состава перерабатываемого сырья.

## **2.3. Модифицированные методы преобразования высокожирных сливок в масло**

При выработке сливочного масла модифицированными методами горячие высокожирные сливки охлаждают с получением масляного зерна в вакуум-маслообразователе или в среде газов, инертных к продукту (азота или  $\text{CO}_2$ ), или в жидкой среде (охлажденной пахте) с последующей механической обработкой в текстураторе, или охлаждают сначала в маслообразователе, а затем подвергают механической обработке с применением специального оборудования, обеспечивающего поточную фасовку масла в брикеты.

### **2.3.1. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с применением вакуум-маслообразователя**

Данный метод был осуществлен с применением оригинальной конструкции маслообразователя, созданного В.В. Страховым. На его основе был создан (ВНИИЭКИпродмаш, Москва) комплект технологического оборудования для выработки сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок с применением вакуум-маслообразователя производительностью 1000 кг/ч, который успешно эксплуатировался на Белебеевском молочном заводе в Башкирии в 1960–1965 годах.

Разработке технологии производства сливочного масла с охлаждением высокожирных сливок в вакууме были посвящены исследования Ф.А. Вышемирского (ВНИИМС, 1972 г.).

При охлаждении в вакуум-маслообразователе высокожирные сливки превращаются в твердые комочки, именуемые масляным зерном. Процесс получения масляного зерна при вакуум-охлаждении основан на распылении высокожирных сливок в виде мелких частиц и мгновенном их охлаждении за счет интенсивного испарения влаги.

Технологический процесс производства масла с использованием вакуум-маслообразователя состоит из следующих операций: получение и нормализация высокожирных сливок, распыление, охлаждение распыленных высокожирных сливок в вакуум-маслообразователе, механическая обработка масла в текстураторе.



*Нормализация высокожирных сливок.* Высокожирные сливки, поступающие в вакуум-маслообразователь, должны содержать влаги (21,0–21,5 %) больше, чем в готовом продукте (16,0 %), чтобы можно было обеспечить необходимую температуру высокожирных сливок в конце охлаждения. Поэтому их нормализуют. Горячие ( $75 \pm 2$  °С) нормализованные высокожирные сливки попадают в вакуум-маслообразователь за счет созданного в нем разрежения (666–532 Па), где распыляются на мелкие частички с помощью форсунки, установленной внутри вакуум-маслообразователя.

*Охлаждение высокожирных сливок.* Частицы горячих высокожирных сливок, попадая в камеру вакуум-маслообразователя, вскипают и почти мгновенно охлаждаются до 14–10 °С, отвердевают в результате интенсивного испарения влаги. Количество испаренной влаги колеблется в пределах 6–8 %.

Скорость и степень охлаждения высокожирных сливок регулируют величиной разрежения в камере. При изменении скорости и степени охлаждения изменяются характер обращения фаз и степень отвердевания жира, что оказывает влияние на формирование структуры масла. Достигаются равномерное, почти мгновенное охлаждение частиц и кристаллизация глицеридов в отдельных жировых шариках подобно кристаллизации глицеридов во время низкотемпературной подготовки (физическое созревание) сливок перед сбиванием. Это способствует созданию условий, благоприятных для формирования коагуляционно-кристаллизационной структуры масла, близкой к структуре масла, вырабатываемого методом сбивания сливок, и обеспечивает желаемое соотношение (2:1) между коагуляционной и кристаллизационной структурами.

В условиях вакуума сохраняются закономерности, присущие раздельно-групповой кристаллизации глицеридов в молочном жире.

При кристаллизации глицеридов внутри жировых шариков поверхностный слой жирового шарика может действовать как каталитическая примесь. Увеличивая площадь поверхностного слоя путем деформации жирового шарика, можно ускорить образование центров кристаллизации. Скорость образования центров кристаллизации пропорциональна не величине поверхностного слоя, а объему жирового шарика и зависит от величины молекулярных сил.

Внутри объема каждой частицы высокожирных сливок происходит обращение фаз. Образующиеся при отвердевании частицы

должны иметь определенный размер (около 0,21 мм). При больших размерах в нужной степени не достигается охлаждение и отверждение частиц высокожирных сливок во взвешенном состоянии.

В результате испарения влаги и кристаллизации глицеридов увеличивается степень деформации жировых шариков, уменьшается толщина оболочки, снижается ее устойчивость против разрыва. Все это способствует частичному разрушению оболочки жирового шарика и образованию на месте разрыва оболочки структурных связей (коагуляционных и кристаллизационных) между глицеридами, содержащимися в зоне контакта в поверхностном слое жировых шариков и соприкасающихся между собой и между молекулами веществ, входящих в состав оболочки.

При наличии достаточного количества отвердевших глицеридов происходит слипание (аутоадгезия) распыленных частиц высокожирных сливок во взвешенном состоянии при 15 °С и ниже при падении на дно камеры вакуум-маслообразователя.

При понижении температуры ниже 15 °С способность комков масла к слипанию заметно снижается (почти на 20 % при 9 °С).

Во время падения на дно камеры отвердевшие мелкие частицы высокожирных сливок сталкиваются между собой и объединяются в упругие твердые комочки, напоминающие масляное зерно, получаемое при сбивании сливок, но более сухое по внешнему виду (сухое масляное зерно).

Несмотря на скоротечность процесса охлаждения высокожирных сливок, кристаллизация глицеридов в молочном жире в основном завершается во всем объеме высокожирных сливок за время полета до дна башни.

Интенсивное формирование структуры внутри частицы высокожирных сливок приводит к тому, что при охлаждении высокожирных сливок в условиях разрежения получаемое масляное зерно содержит больше твердого жира по сравнению с его содержанием в масляном зерне, полученном при сбивании сливок в маслоизготовителе непрерывного действия. По данным Ф.А. Вышемирского, соответственно 38–39 % против 34,8 %.

Масляное зерно получается с замкнутой поверхностью и состоит из агломерированных (слипшихся) частиц сферической формы. Это указывает на доминирующее значение в формировании структуры масляного зерна при охлаждении в вакуум-маслообразователе пери-

ферийного кристаллического каркаса, образующегося в жировых шариках из высокоплавких глицеридов, входящих в состав оболочки жирового шарика.

В вакуум-маслообразователе наряду с высокоплавкими глицеридами кристаллизуется значительная часть легкоплавких глицеридов, что позволяет получить после выхода из аппарата сливочное масло с нужной коагуляционно-кристаллизационной структурой и консистенцией.

Образовавшееся масляное зерно оседает на поверхность приемника вибровстряхивателя. При встряхивании масляное зерно непрерывно сбрасывается в приемный бункер текстуратора вакуум-маслообразователя, где подвергается механической обработке. Посредством механического воздействия в текстураторе масляное зерно уплотняется в монолит. При этом происходит преимущественно формирование тиксотропной коагуляционной структуры.

Параметры механической обработки следующие: частота вращения шнеков текстуратора – 0,5–0,66 и 0,83–1,0 с<sup>-1</sup>, диаметр отверстий в решетке для экструзии масла – 12 и 8 мм, температура масла, выходящего из аппарата, соответственно 8–10 и 10–12 °С в весенне-летний и осенне-зимний периоды, производительность вакуум-маслообразователя – 830–1000 кг/ч независимо от периода года.

Температура воды, подаваемой в полые шнеки текстуратора и его рубашку, не выше 25 °С. Температура масла, выходящего из аппарата, регулируется путем изменения количества высокожирных сливок, подаваемых в вакуум-маслообразователь, и их температуры. Получаемое масло по характеру структуры и свойствам близко к маслу, получаемому сбиванием сливок.

В вакуум-маслообразователе происходит дезодорация сливок, при этом устраняются пороки вкуса сливок, что способствует повышению качества масла. Потери ароматических и вкусовых веществ не оказывают заметного влияния на вкус и запах масла.

Масло, выработанное с применением вакуум-маслообразователя, содержит очень мало воздуха (0,25 %), окрашено в ярко-желтый цвет, отличается высокой термоустойчивостью; влага в нем распределена равномерно с высокой степенью дисперсности. Масло содержит повышенное количество СОМО (2,5 %), вследствие чего отличается приятным сладковатым привкусом.

### 2.3.2. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с применением нейтральных к продукту газов (азота и CO<sub>2</sub>)

Процесс охлаждения высокожирных сливок в среде газов азота и CO<sub>2</sub> по аппаратурному оформлению принципиально не отличается от процесса их охлаждения с использованием разрежения в вакуум-маслообразователе. При этом охлаждение частиц высокожирных сливок осуществляется вследствие их контакта с холодным потоком паров применяемого газа. Высокожирные сливки подаются в камеру под давлением.

Ф.А. Вышемирский, Р.А. Мурашов, М.М. Жага предложили распылять высокожирные сливки с помощью форсунки. В связи с повышенным давлением (до 0,049 МПа) в камере используют форсунки пневматического действия. Горячие высокожирные сливки, распыленные на частицы, мгновенно охлаждаются до температуры, при которой выкристаллизовывается 30–40 % глицеридов. Охлаждение происходит равномерно по всей емкости. Перенос влаги практически отсутствует, что исключает потери ароматических веществ масла.

Величина частиц и содержание в них жидкого жира зависят от степени распыления и температуры охлаждения.

При достижении определенной степени отвердевания жира оболочка жировых шариков разрушается вследствие разности коэффициентов расширения и сжатия веществ оболочки и соприкасающихся с нею слоев жира. Это способствует слипанию жировых шариков (агломерации) – образованию агломератов различного строения и внутренней структуры.

Частицы распыленных высокожирных сливок при полете сталкиваются между собой. При столкновении образуются вторичные конгломераты (масляное зерно).

Полученное масляное зерно состоит из агломератов сферической формы с плотной структурой и замкнутой поверхностью.

Масляное зерно образуется при условии охлаждения высокожирных сливок от 50–60 до 15 °С и ниже. При снижении температуры ниже 4–5 °С отвердевает около 50 % жира и более, что затрудняет последующую механическую обработку масляного зерна. В случае охлаждения высокожирных сливок выше 15 °С масляное

зерно не образуется вследствие недостаточного содержания в молочном жире отвердевших глицеридов для образования структурного каркаса. Масляное зерно, полученное путем охлаждения высокожирных сливок в среде жидкого азота, содержит:  $5,0\text{--}8,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$  газовой фазы; 40 % отвердевшего жира; 1,84 % жира в плазме; 99,6–99,8 % деэмульгированного жира.

При механической обработке масляные зерна уплотняются в монолит посредством механического воздействия в обработниках, аналогичных обработникам, применяемым в серийных маслоизготовителях непрерывного действия.

### 2.3.3. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с получением масляного зерна в жидкой среде

Данный метод был предложен А.А. Виноградовым. В качестве жидкой среды применяют пахту, охлажденную до 3–4 °С.

Процесс образования масляного зерна разделен на две стадии. На первой стадии пахту смешивают в струйном смесителе в потоке с высокожирными сливками, охлажденными до 11–12 °С в пластинчатом скребковом теплообменнике. При смешивании получается масляное зерно размером от 0,2 до 1,0 мкм.

Смесь пахты с масляным зерном подается в выдерживатель, где охлаждается до 5–6 °С, чтобы обеспечить необходимую степень отвердевания жира и непрерывно перемешивается лопастями. При перемешивании масляное зерно укрупняется в результате агрегации. Получаемое масляное зерно обладает достаточной упругостью.

На первой стадии при охлаждении в жидкой среде получается смесь масляного зерна с охлаждаемой жидкостью.

На второй стадии масляное зерно отделяется от пахты, спрессовывается, подвергается механической обработке. Пахта, используемая в качестве хладоносителя, циркулирует по замкнутому циклу.

Структура масла, получаемая с образованием масляного зерна в жидкой среде, близка структуре масла, получаемого методом сбивания сливок в маслоизготовителях непрерывного действия. Полученное масло можно фасовать сразу в потоке как в потребительскую, так и в транспортную тару.

Метод удобен для регулирования содержания влаги в масле и сухого обезжиренного молочного остатка.

#### **2.3.4. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с поточной фасовкой в брикеты**

Указанный метод был разработан УкрНИИмясомолпромом на основе пластинчатых маслообразователей. Масло, получаемое по этому методу, можно фасовать сразу после выхода из структурообразователя в потребительскую тару.

Процесс маслообразования осуществляется в две стадии. На первой стадии высокожирные сливки охлаждаются на пластинчатом маслообразователе. На второй стадии, охлажденные высокожирные сливки подвергаются дестабилизации в дестабилизаторе, затем механической обработке в структурообразователе, где происходит первичное структурообразование в масле.

При этом методе значительно повышаются энергетические затраты на производство масла.

#### **2.4. Образование структуры и консистенции сливочного масла**

Данные процессы тесно связаны между собой. Структура масла определяет его консистенцию.

В соответствии с современными представлениями о структуре пищевых масс под структурой готового продукта понимают пространственную структуру, образованную дисперсными частицами (твердыми, мицеллами, макромолекулами) в результате сцепления между частицами. По характеру связей между твердыми частицами, мицеллами и макромолекулами все структуры подразделяются на коагуляционные, конденсационно-кристаллизационные и смешанные – коагуляционно-кристаллизационные.

Коагуляционные структуры характеризуются сравнительно слабыми по силе взаимодействия контактами между частицами. Прочность контактов определяется вандервальсовыми молекулярными силами сцепления через тончайшие прослойки дисперсионной среды.

Коагуляционные структуры отличаются наличием упругих вязких свойств, зоны ползучести с практически постоянной вязкостью, а главное полной тиксотропной обратимостью свойств после снятия напряжения (тиксотропная коагуляционная структура).

Тиксотропия коагуляционной структуры заключается в восстановлении связей между частицами после механического разрушения в результате благоприятного соударения частиц, находящихся в броуновском движении.

Коагуляционные структуры характеризуются большой пластичностью, но пониженной прочностью.

Под кристаллизационной дисперсной структурой сливочного масла в соответствии с предложением А.П. Белоусова следует понимать дисперсную структуру жирового компонента масла, образованную твердыми частицами жира, объединенных в пространственную трехмерную сетку в результате сращивания (слипания) кристаллов глицеридов. Пространственная сетка пронизывает весь объем продукта.

Твердые частицы жира являются *элементами пространственной структурной сетки* в масле и представляют собой дисперсную фазу, а жидкий жир – дисперсионную среду.

Дисперсная фаза и дисперсионная среда активно участвуют в образовании структуры.

В сливочном масле образуется смешанная коагуляционно-кристаллизационная структура с преобладанием свойств коагуляционной структуры – пластичностью и др. Пластичность является основным показателем хорошей консистенции сливочного масла. При наличии структуры масло приобретает механические свойства (упругость, пластичность, вязкость).

Образование структуры масла начинается с кристаллизации глицеридов в молочном жире в жировых шариках при охлаждении сливок до температуры ниже температуры отвердевания молочного жира.

Дисперсная структура сливочного масла образуется из отдельных твердых частиц жира. В масле, выработанном методом сбивания сливок, дисперсная структура образуется из отвердевших во время физического созревания сливок структурированных жировых шариков с неразрушенной структурой (глобул) и «обломков» разрушенных структурированных жировых шариков и кристаллов глицеридов различной величины и формы, расположенных между глобулами.

При выработке масла методом преобразования высокожирных сливок дисперсная структура образуется из смешанных кристаллов глицеридов и их агрегатов.

В образовании дисперсной структуры участвует плазма масла как составная часть прослоек дисперсионной среды в виде капель и капилляров, наличие которых в жидком молочном жире оказывает влияние на физико-химические свойства прослоек – вязкость и др., на взаимодействие молекулярных сил между твердыми частицами жира, на структурообразование.

Структурообразование прослоек мешает коагуляционному взаимодействию между частицами и в то же время является сильным стабилизирующим фактором. От количества плазмы зависит толщина прослоек между твердыми частицами жира.

Образование смешанной структуры сливочного масла связано с разрушением оболочки жирового шарика. При выработке масла методом сбивания сливок оболочка жирового шарика разрушается при сбивании сливок. При этом при соприкосновении жировых шариков с разрушенной оболочкой между собой отвердевшие глицериды контактируются, сцепляются, образуют дисперсную структуру (кристаллическую сетку) масляного зерна.

При выработке масла методом преобразования высокожирных сливок оболочка жирового шарика разрушается во время обращения фаз на начальной стадии кристаллизации глицеридов при перемешивании продукта в маслообразователе. Прочность структуры масла понижается при увеличении интенсивности перемешивания. При повышенной подвижности твердых частиц затрудняется кристаллизационное сцепление между частицами.

#### 2.4.1. Образование структуры масла при выработке методом преобразования высокожирных сливок

По данным С.С. Гуляева-Зайцева, структура масла начинает формироваться при критической концентрации твердого жира 4,0–7,0 % и степени дестабилизации высокожирных сливок 60–85 %.

Критическая концентрация твердого жира связана с критической температурой структурообразования, которая зависит от удельных затрат мощности на механическую обработку и скорости охлаждения высокожирных сливок.

По данным С.С. Гуляева-Зайцева, критическая температура структурообразования колеблется в пределах от 17 до 20 °С при увеличении удельной мощности на механическую обработку от 20 до 60 Вт/кг



и при скорости охлаждения высокожирных сливок до 10 °С/мин. При скорости охлаждения выше 10 °С/мин критическая температура структурообразования колеблется от 15 до 18 °С при увеличении удельной мощности в тех же пределах.

Важная особенность процесса образования структуры масла при выработке методом преобразования высокожирных сливок заключается в том, что процесс структурообразования под влиянием более интенсивной механической обработки высокожирных сливок смещается в область повышенных температур.

При выработке масла методом преобразования высокожирных сливок различают два периода структурообразования: первичное и вторичное.

В зоне первичного структурообразования формируется структура масла коагуляционного типа. Коагуляционные контакты одновременно разрушаются и восстанавливаются, кристаллизационные контакты при механическом воздействии разрушаются необратимо, формируются кристаллизационные агрегаты различной степени дисперсности. Интенсивное перемешивание продукта способствует первичному структурообразованию. Интенсивность и продолжительность перемешивания продукта должна быть такой, чтобы не допустить образование излишне мелких или излишне крупных кристаллических агрегатов, чтобы количество кристаллических агрегатов было достаточным для формирования пластичной структуры масла в монолите в состоянии покоя.

Размеры образующихся кристаллических агрегатов зависят от скорости их образования и разрушения, которая изменяется при различной интенсивности перемешивания продукта в маслообразователе, различной температуре и скорости охлаждения. С увеличением скорости охлаждения и понижения температуры размеры кристаллов уменьшаются.

Дисперсность твердых частиц жира зависит от интенсивности механического воздействия на продукт в зоне кристаллизации.

Мерой интенсивности механического воздействия являются удельные затраты механической энергии на перемешивание продукта в зоне кристаллизации. Механическая энергия расходуется на преодоление сопротивления продукта деформации сдвига.

Сопротивление продукта деформации сдвига при механическом воздействии возникает вследствие взаимодействия элементов структуры друг с другом и молекулами дисперсионной среды.

Механическое воздействие на продукт в зоне кристаллизации способствует ускорению процесса кристаллизации глицеридов в молочном жире и диспергированию твердых частиц жира, образующихся в маслообразователе в зоне кристаллизации во время перемешивания продукта.

Показателями, характеризующими степень завершенности первичного структурообразования, являются: количество отвердевшего жира, степень дисперсности и прочность кристаллизационных структур (кристаллизационных агрегатов). Степень дисперсности и количество отвердевшего жира (кристаллизационных структур) должны быть достаточными для завершения первичного структурообразования до выхода продукта из маслообразователя и получения масла с оптимальными физико-механическими показателями при вторичном структурообразовании.

После вытеснения продукта из аппарата процесс кристаллизации глицеридов продолжается в молочном жире, который находится в переохлажденном состоянии. Коагуляционные контакты между отвердевшими глицеридами, разрушенные при механическом воздействии на продукт, в аппарате восстанавливаются, возникают новые кристаллизационные контакты вследствие чего продукт, попадая в тару, очень быстро (30–90 с) принимает твердообразное состояние.

Степень завершенности первичного структурообразования может быть определена по методу Ф.А. Вышемирского и П.В. Никуличева, предложенного ими для оценки и прогнозирования консистенции масла: по скорости отвердевания масла, вытесняемого из маслообразователя, и приросту его температуры в монолите в течение 10 минут после выхода из маслообразователя.

Процесс первичного структурообразования является завершенным, если отвердевание масла, вытекаемого из маслообразователя, продолжается в летний период года в течение 30–70 секунд и в зимний период – 40–100 секунд, температура масла в монолите повышается на 1,5–2,0 и 1,5–2,5 °С соответственно.

Во время вторичного структурообразования образуется смешанная коагуляционно-кристаллизационная структура в состоянии покоя в монолите масла, упакованного в тару после выхода из мас-

лообразователя. В образовании коагуляционно-кристаллизационной структуры в масле участвуют глицериды молочного жира, отвердевшие после выхода масла из маслообразователя, и кристаллические агрегаты глицеридов, образовавшиеся из отвердевших глицеридов во время перемешивания продукта в маслообразователе.

Во время вторичного структурообразования образуются смешанные кристаллы глицеридов различных размеров в зависимости от скорости кристаллизации глицеридов, которая определяется температурой продукта. При более низкой температуре образуются мелкие частицы жира и в большем количестве. Чем выше температура продукта, тем более крупные частицы жира образуются в маслообразователе.

При дополнительном отвердевании молочного жира в монолите масла вследствие отсутствия механического воздействия образуются более крупные твердые частицы жира, чему способствует отсутствие ограничений для роста кристаллов после разрушения оболочки жировых шариков. Образование крупных кристаллов нежелательно, так как они могут быть причиной появления порока консистенции масла – мучнистости.

По данным ВНИИМС, при излишнем механическом воздействии уменьшается скорость и увеличивается продолжительность отвердевания масла, выработанного в трехцилиндровом маслообразователе, через 10 минут после выхода из маслообразователя до 100 с и приrost температуры масла при отвердевании уменьшается и достигает 1,5 °С, что свидетельствует о недостаточном количестве отвердевшего жира в монолите масла в состоянии покоя при вторичном структурообразовании.

По данным ВНИИМС, при недостаточном механическом воздействии на продукт через 10 минут после выхода из маслообразователя увеличивается скорость и уменьшается продолжительность отвердевания масла, выработанного в трехцилиндровом маслообразователе, до 30 с и приrost температуры масла при отвердевании увеличивается и достигает 3,0 ÷ 5,0 °С, что свидетельствует об излишнем количестве отвердевшего жира в монолите масла в состоянии покоя при вторичном структурообразовании.

Для увеличения количества отвердевшего жира в маслообразователе уменьшают его производительность.

При выработке масла методом сбивания сливок прочность кристаллической сетки, соответственно консистенцию продукта регулируют при выполнении технологических операций, связанных с фазовыми изменениями молочного жира: при физическом созревании сливок, при сбивании сливок, при механической обработке масляного зерна путем подбора рекомендуемых параметров технологического процесса с учетом химического состава (сезона года).

Во избежание появления пороков консистенции сливочного масла, вызванных изменением прочности дисперсной структуры сливочного масла, следует строго соблюдать рекомендуемые режимы выработки масла методом сбивания сливок и методом преобразования высокожирных сливок.

При регулировании прочности структуры рекомендуется использовать дифференцированные режимы физического созревания сливок. Эти режимы удобны для регулирования дисперсности твердых частиц жира и их жирнокислотного состава. Чем ниже температура и выше скорость охлаждения сливок, тем выше дисперсность твердых частиц жира.

#### 2.4.2. Образование термоустойчивой структуры сливочного масла

Для характеристики термоустойчивости структуры сливочного масла используют такой показатель, как термоустойчивость (формоустойчивость) масла (способность сохранять форму при температурах плавления молочного жира). Показатель термоустойчивости (формоустойчивости)  $K_T$ , характеризующий степень деформируемости образца масла при температуре  $29 \div 31$  °С, определяют, пользуясь выражением

$$K_T = D_0/D_1,$$

где  $D_0$  – начальный диаметр основания цилиндра;  $D_1$  – диаметр основания цилиндра после термостатирования в течение 2 часов.

При хорошей, удовлетворительной и неудовлетворительной термоустойчивости масла величина  $K_T$  соответственно составляет  $1,0 \div 0,6$ ;  $0,65 \div 0,7$ ; менее  $0,7$ .

Термоустойчивость структурной сетки в масле зависит от жирнокислотного состава смешанных кристаллов глицеридов, участвующих в образовании кристаллизационных фазовых контактов при формировании кристаллической сетки и определяющих их термостабильность. Более термостабильные контакты образуются, если в формировании кристаллической сетки участвуют группы смешанных кристаллов глицеридов, в составе которых преобладают насыщенные жирные кислоты с повышенной температурой плавления ( $27 \div 30$  °С).

Образованию термостабильных контактов способствуют уменьшение скорости охлаждения и увеличение конечной температуры сливок при охлаждении до  $18 \div 20$  °С вследствие уменьшения скорости кристаллизации глицеридов. При выработке масла методом преобразования высокожирных сливок скорость кристаллизации глицеридов зависит от интенсивности механического воздействия на продукт в зоне кристаллизации маслообразователя. С увеличением интенсивности механического воздействия на продукт увеличивается скорость образования смешанных кристаллов глицеридов, участвующих в образовании кристаллической сетки, и в их состав вовлекаются в большом количестве низкоплавкие группы смешанных кристаллов глицеридов и метастабильные полиморфные формы кристаллов глицеридов, вследствие чего в масле уменьшается число термостабильных фазовых кристаллизационных контактов и масло становится менее термоустойчивым.

Аналогичное влияние на образование термоустойчивых фазовых кристаллизационных контактов в структурной сетке оказывает увеличение продолжительности механического воздействия на продукт в зоне кристаллизации.

При повышении температуры масла менее термостабильные кристаллизационные контакты разрушаются (распадаются), увеличивается число коагуляционных контактов в единице объема, прочность структуры снижается и масло становится менее термоустойчивым.

Нетермоустойчивое масло получается при заниженной производительности маслообразователя вследствие увеличения продолжительности механической обработки продукта в зоне кристаллизации. Повышение термоустойчивости масла достигается путем уменьшения числа оборотов и повышения конечной температуры продукта при охлаждении. Конечную температуру масла, выходящего из маслооб-

разователя, регулируют в пределах, рекомендуемых технологической инструкцией.

При выработке масла методом сбивания сливок нетермостабильные контакты появляются при излишне быстром охлаждении жира до более низких температур во время физического созревания сливок. При более медленном охлаждении меньше расплавляется жира при дальнейшем нагревании.

### 2.4.3. Изменение структуры масла при охлаждении в состоянии покоя

*Отвердевание масла.* Отвердевание масла связано с изменением прочности структуры масла с момента его выработки как методом сбивания сливок, так и методом преобразования высокожирных сливок.

Отвердевание масла является характерным процессом для масла, вырабатываемого методом преобразования высокожирных сливок. Масло начинает отвердевать сразу после выхода из маслообразователя. Отвердевание продолжается до окончания процесса вторичного структурообразования и кристаллизации глицеридов в переохлажденном жире, не закристаллизовавшихся в маслоизготовителе. Отвердевание масла связано с образованием кристаллической сетки.

Масло после выхода из маслообразователя отвердевает в результате физико-химических процессов, протекающих во времени: тиксотропного восстановления коагуляционных контактов, разрушенных в маслообразователе под влиянием механического воздействия на продукт во время образования коагуляционной структуры, и дополнительной кристаллизации глицеридов, участвующих в образовании кристаллической сетки. Кинетика тиксотропного восстановления структуры зависит от дисперсности твердых частиц жира. При высокой дисперсности твердых частиц жира отвердевание масла замедляется из-за уменьшения интенсивности броуновского движения мелких частиц отвердевшего жира. На кинетику тиксотропного восстановления коагуляционных контактов оказывает влияние механическое воздействие на продукт.

С увеличением интенсивности механического воздействия на продукт увеличивается дисперсность твердых частиц жира и соот-

ветственно уменьшается скорость восстановления коагуляционных контактов.

Процесс отвердевания масла завершается после истечения некоторого времени, необходимого для дополнительной кристаллизации глицеридов, для вторичного структурообразования масла (образования кристаллической сетки).

Отвердевание масла длится около 1,5–2,0 часов после выхода из маслообразователя. При отвердевании масла повышается его температура за счет скрытой теплоты кристаллизации глицеридов.

С увеличением количества коагуляционных контактов скорость отвердевания масла замедляется. Этот показатель используют для оценки завершенности процесса первичного структурообразования в масле.

#### 2.4.4. Регулирование структуры и консистенции сливочного масла

Общие принципы регулирования структуры и консистенции сливочного масла сформулированы академиком П.А. Ребиндером и его учениками. В соответствии с этими принципами «структуру и консистенцию сливочного масла регулируют путем подбора соответствующей температуры кристаллизации молочного жира и изменением удельных затрат энергии на механическую обработку в процессе твердения продукта. Чем выше температура, при которой происходит кристаллизация, тем меньше количество образовавшейся твердой фазы и тем выше пластичность масла; чем больше выкристаллизовывается жира в условиях механического перемешивания, тем меньше возможность образования хрупких и прочных кристаллических структур, тем лучше пластичность масла».

Чтобы летнее масло сделать более твердым, менее склонным к вытеканию жидкого жира, необходимо обеспечить переход в твердую фазу максимального количества низкоплавких глицеридов и дать возможность развиться прочным кристаллизационным структурам.

Чтобы зимнее масло сделать более пластичным, понизить его твердость, устранить ломкость, необходимо обеспечить сохранение возможно большего количества жира в жидкой фазе, а также воспрепятствовать образованию прочных кристаллизационных структур. Эти цели могут быть достигнуты путем изменения условий проведения технологического процесса.

При регулировании структуры и консистенции сливочного масла ставится цель – обеспечить желаемое соотношение между коагуляционной и кристаллизационной структурами, между содержанием твердого и жидкого жира, между содержанием высокоплавких и низкоплавких групп смешанных кристаллов глицеридов.

Цель регулирования структуры и консистенции сливочного масла заключается в том, чтобы предотвратить появление пороков консистенции.

Регулирование структуры и консистенции масла осуществляется путем подбора рекомендуемых параметров при выполнении технологических операций, связанных с фазовыми изменениями молочного жира.

## **2.5. Посолка, подкрашивание и витаминизация сливочного масла**

### **2.5.1. Посолка масла**

Посолку применяют при выработке сладко- и кисломасляного масла с массовой долей жира 82,5 %, любительского сладко- и кисломасляного масла, а также крестьянского сладко- и кисломасляного масла. Крестьянское кисломасляное масло не солят ввиду отрицательного влияния соли на его стойкость.

Консервирующее действие соли проявляется при 15 %-й концентрации ее в плазме, а полное прекращение развития микрофлоры – при 27 %, что соответствует содержанию соли в масле (с массовой долей жира 82,5 %) 4 %. При внесении в масло 4 % соли появляется излишне соленый вкус.

Приемлемая доза соли в масле (с массовой долей жира 82,5 %) не более 1,5 %. При внесении в масло более 1,5 % соли образуется много крупных капель влаги, которые труднее диспергировать, часть влаги остается свободной, не вработанной в масло, при хранении влага стекает, увлажняет тару, ухудшается внешний вид.

Цель посолки – придать маслу умеренно соленый вкус. Качество соленого сладко- и кисломасляного масла при хранении в условиях плюсовых температур (включая комнатные 18–20 °С) сохраняется гораздо лучше, чем несоленого. Особенно это характерно для сладко-масляного масла.



В несоленом масле при плюсовых температурах быстрее возникают привкусы – старый и лежалый, которые переходят в сырный, плесневелый, прогорклый и др. В соленом масле при равнозначных условиях хранения пороки бактериального происхождения заторможены.

При минусовых температурах длительного хранения, наоборот, хранимоспособность сладкосливочного масла несоленого выше, в соленом масле развиваются пороки, возникновению которых способствует соль. Особенно это характерно для кисломасляного масла, где консервирующее действие поваренной соли снижается, и возрастает ее негативное влияние как агента, катализирующего химические процессы порчи масла. Растворенный в рассоле лецитин при взаимодействии с молочной кислотой образует продукты распада, обладающие неприятным запахом.

Экономически вырабатывать соленое сливочное масло заводам выгодно, так как добавляемые сухие вещества соли позволяют экономить молочный жир, снизить удельный расход молока и увеличить соответственно объем производства.

Однако объем производства соленого масла в целом регламентируется покупательским спросом. Поэтому вырабатывать соленое сливочное масло необходимо по согласованию с заказчиком.

Для посолки применяют соль, которая должна удовлетворять требованиям действующего ГОСТа на соль поваренную «Экстра», с кристаллами размером до 0,5–0,8 мм. Цвет соли должен быть белым, а вкус 5 %-го раствора соли – чистым, без горечи.

Соль должна содержать не менее 99 % NaCl, влаги – не более 0,5 %; примесей – 0,5 %, в том числе нерастворимых – 0,05 %, железа – не более 0,005 %. Нежелательны примеси солей магния, вызывающие привкус горечи и солей кальция, которые нерастворимы в воде и могут вызывать пороки посолки, снижающие хранимоспособность масла. Соли железа являются катализаторами окислительных процессов порчи жира.

Перед употреблением сухую соль предварительно просеивают и прокалывают при 120–130 °С в течение 3 мин.

Способы внесения соли в масло выбирают в соответствии с принятым методом производства масла.

Существует два метода посолки сливочного масла: сухой солью и рассолом. При выработке масла методом сбивания сливок в масло-

изготовителе периодического действия и преобразованием высокожирных сливок применяется посолка сухой солью. Посолка рассолом 25 %-й концентрации применяется при выработке масла методом сбивания сливок в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия.

Соль вносят в соответствии с существующей нормативной документацией в количестве до 1 % независимо от вида и состава масла.

Потребное для посолки масла количество соли ( $M_c$ ) при выработке масла методом сбивания сливок (с учетом потерь) определяют по формуле

$$M_c = \frac{M_{mo} C_n K}{100},$$

где  $M_{mo}$  – ожидаемое количество соленого масла, кг;  $C_n$  – требуемое количество соли в соленом масле, %;  $K$  – поправочный коэффициент, учитывающий потери соли вследствие отжима избыточной соленой плазмы масла при его обработке,

$$K = \frac{V_{пл}}{V_{мс}},$$

здесь  $V_{пл}$ ,  $V_{мс}$  – массовая доля влаги соответственно в пласте масла и готовом масле. Если массовая доля влаги в пласте масла ( $V_{пл}$ ) меньше или равна содержанию влаги масла ( $V_{мс}$ ), то потерь соли в результате отжима влаги из масляного зерна не будет. Поправочный коэффициент ( $K$ ) в этом случае равен единице.

При производстве соленого масла методом преобразования высокожирных сливок требуемое количество соли рассчитывают аналогично с той лишь разницей, что из расчетной формулы исключен поправочный коэффициент ( $K$ ), так как потери соли исключены.

Посолку осуществляют рассеиванием потребного количества сухой соли на поверхности горячих (60–70 °С) высокожирных сливок в ванне до их нормализации по влаге. После этого высокожирные сливки перемешивают до однородного состояния и отбирают пробы для определения в них массовой доли влаги.

При выработке масла в маслоизготовителях периодического действия посолку осуществляют внесением сухой соли или рассолом непосредственно в пласт после отделения пахты или промывной воды в случае ее использования. Соль вносят в пласт при содержании влаги в нем ниже предусмотренного значения. Такой способ внесения соли в пласт масла имеет преимущество по сравнению с посолкой в зерне: повышается степень использования соли (до 97 %) и уменьшаются погрешности при определении потребного количества соли в результате более точного определения влаги в пласте, чем в масляном зерне, исключается необходимость определения количества избыточной влаги, подлежащей удалению. Соль равномерно рассеивают по поверхности пласта масла. После внесения соли кран и люк рабочей емкости маслоизготовителя закрывают и емкость вращают с малой скоростью (1–2 оборота) для перемешивания пласта масла с солью. Режим обработки пласта масла выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить равномерное распределение соли в монолите масла и высокую степень дисперсности плазмы с учетом конструкции маслоизготовителя периодического действия и состава сырья.

При выработке масла методом сбивания сливок с использованием маслоизготовителя непрерывного действия посолку осуществляют рассолом с помощью специальных дозирующих устройств. При отсутствии дозирующих устройств выработку соленого масла в маслоизготовителях непрерывного действия не производят

Рассол приготавливают из соли, используемой для посолки, из расчета 10–12 л рассола на каждые 100 кг масла; 1 кг соли растворяют в 2,8 л воды. После растворения соли рассол пастеризуют, выдерживают в течение 1 ч для отстаивания взвесей, фильтруют и охлаждают. Температура рассола перед посолкой должна быть на 1–2 °С выше температуры масляного зерна.

### 2.5.2. Подкрашивание и витаминизация сливочного масла

Подкрашивание и витаминизация сливочного масла в нашей стране разрешены действующим ГОСТ 37–91. Для этой цели используют: витамин А и его масляные растворы; ретинол-ацетат и ретинол-пальмитат разной концентрации; β-каротин микробиологи-

ческий и его масляные растворы;  $\beta$ -каротин кристаллический; ликопин – кристаллический и в масляном растворе.

Дозы вносимых препаратов дифференцированы с учетом их нативного содержания в молоке, т. е. периода года и массовой доли жира в масле. В первую очередь целесообразно витаминизировать крестьянское и бутербродное масло вне зависимости от метода производства. Объясняется это пониженным содержанием жира в масле и соответственно жирорастворимых витаминов.

При выработке масла методом преобразования высокожирных сливок дозы вносимых препаратов составляют: витамина А – 0,007 и 0,009 кг на 1 т крестьянского масла; 0,008 и 0,10 кг на 1 т бутербродного масла, соответственно для весенне-летнего (с апреля по октябрь) и осенне-зимнего (с ноября по апрель) периодов года;  $\beta$ -каротина 0,0016 и 0,002 кг на 1 т соответственно для различных периодов года независимо от вида масла; его назначение главным образом – подкрашивание масла. Массовую долю вносимых препаратов (витамина А и  $\beta$ -каротина) определяют по фактической закладке. Вносят в виде масляных растворов непосредственно в высокожирные сливки после их нормализации в ванны.

При выработке масла методом сбивания сливок дозы вносимых препаратов составляют: витамина А – 0,0008 и 0,001 кг на 1 т крестьянского масла; 0,001 и 0,0012 кг на 1 т бутербродного масла соответственно для весенне-летнего и осенне-зимнего периодов года;  $\beta$ -каротина – как и при выработке масла методом преобразования высокожирных сливок. Дозы такие же, как и витамина А.

Рассчитанное количество масляных растворов препаратов витамина А и  $\beta$ -каротина при температуре  $50 \pm 3$  °С смешивают с пахтой, цельным или обезжиренным молоком из расчета получения смеси с массовой долей жира  $30 \pm 5$  %. Смесь эмульгируют. Полученную эмульсию вносят в сливки (в резервуары) перед сбиванием и перемешивают до однородного состояния, не допуская воздействия света. Допускается потребное количество используемых масляных препаратов растворять в 3–5-кратном объеме сливок при  $50 \pm 3$  °С в течение 10 минут и вносить в созревшие сливки перед сбиванием с последующим перемешиванием.

## 2.6. Термостатирование сливочного масла

Свежевыработанное масло после выхода из маслообразователя, упакованное в тару, выдерживают (термостатируют) некоторое время при температуре масла, вытесняемого из аппарата с целью вторичного структурообразования.

Во время термостатирования завершается формирование структуры и консистенции масла, продолжаются раздельно-групповая кристаллизация глицеридов в расплаве молочного жира и полиморфные превращения, при этом упрочняется структура масла. В результате упрочнения структуры масло твердеет.

Во время термостатирования образуются кристаллизационные связи и восстанавливаются коагуляционные после разрушения (тиссотропное упрочнение). Образующиеся кристаллизационные связи не разрушаются во время термостатирования из-за отсутствия механического воздействия на продукт. Изменяется соотношение между кристаллизационной и коагуляционной структурами. При завершении структурообразования отношение между коагуляционной и кристаллизационной структурами должно быть 2:1.

На структурообразование при термостатировании масла оказывают влияние конечная температура охлажденного молочного жира и скорость его охлаждения.

При повышенной скорости охлаждения процесс вторичного структурообразования протекает более интенсивно вследствие увеличения содержания в продукте отвердевшего жира, не расплавляющегося при температуре ниже 20 °С.

По данным Л.С. Ивановской и В.М. Вергилесова, при охлаждении молочного жира со скоростью 0,06 °/мин до 20 °С по сравнению со скоростью 3–4 °/мин содержание твердого жира, не расплавляющегося при температуре ниже 20 °С, увеличивается на 1,5–2,0 %.

При повышении конечной температуры охлажденного продукта содержание твердого жира уменьшается пропорционально повышению конечной температуры продукта.

Процесс вторичного структурообразования характеризуют с помощью кинетических кривых упрочнения структуры масла по изменению предельного напряжения сдвига во время выдержки свежеработанного масла при 20 °С.

При 14 °С процесс упрочнения структуры масла завершается в основном за 3–4 часа. При этом кривые упрочнения структуры, полученные путем измерения предельного напряжения сдвига, имеют плавный характер. Плавное упрочнение структуры обеспечивается дополнительным отвердеванием низкоплавких глицеридов и характеризует высокую степень завершенности процесса вторичного структурообразования.

По данным С.С. Гуляева-Зайцева, при вторичном структурообразовании во время термостатирования при температуре 14 °С отвердевает около 28,5 % молочного жира.

При 17 °С происходит быстрое упрочнение структуры масла в первые 10–20 минут, затем скорость процесса замедляется, и упрочнение структуры масла завершается через 5–6 часов. Фазовые превращения заканчиваются в течение 2–3 часов, дальнейшее упрочнение структуры связано с восстановлением коагуляционной структуры после разрушения (тиксотропное упрочнение).

Чем длительнее механическая обработка продукта в аппарате, тем ниже скорость упрочнения структуры масла при последующем термостатировании и значение предельного напряжения сдвига к концу структурообразования.

При температуре 17 °С в масле содержится около 21 % отвердевшего молочного жира, который участвует в формировании прочностных свойств масла при вторичном структурообразовании во время термостатирования.

Характер структурообразования в масле во время термостатирования зависит от продолжительности механического воздействия на продукт в маслообразователе в зоне первичного структурообразования. С увеличением продолжительности механической обработки продукта в маслообразователе соотношение в масле структур кристаллизационного и коагуляционного типа последовательно изменяется в сторону преобладания последней.

Для оценки степени завершенности вторичного структурообразования в масле можно применить метод, используемый для оценки кристаллизационно-коагуляционной структуры масла: по степени разрушения структуры, которая определяется как отношение прочности не разрушенной и разрушенной структуры.

По данным С.С. Гуляева-Зайцева, степень разрушения структуры у пластичного масла с хорошей термоустойчивостью, выработан-

ного методом преобразования высокожирных сливок, равна 70–75 % при температуре 12–18 °С и 60–65 % при 20 °С. Предельное напряжение сдвига масла с хорошей консистенцией и термоустойчивостью составляет 1000–2000 Па в весенне-летний период года и возрастает до 2000–4000 Па в осенне-зимний период. Твердость масла колеблется от 1,6 до 2 Н/см зимой и от 0,65 до 0,95 Н/см летом.

Состояние структуры можно характеризовать по количеству выделившегося жидкого жира из масла. Из масла с хорошей консистенцией выделяется около 38–49 % жидкой фракции жира при температуре 25 °С. Количество выделившейся жидкой фракции жира увеличивается, если в продукте при 25 °С содержится менее 15 % твердого жира.

Количество выделившейся жидкой фракции жира увеличивается при снижении содержания твердого жира вследствие уменьшения количества кристаллов глицеридов и поверхности смачивания.

Режим термостатирования свежеработанного масла выбирают при температуре 17 °С в течение 3 часов, поскольку при этом еще не заканчивается процесс упрочнения структуры масла, но завершается процесс фазовых превращений в молочном жире.

В результате выделения скрытой теплоты при кристаллизации глицеридов в молочном жире и полиморфных превращениях во время термостатирования повышается температура масла.

По данным ВНИИМС, температура масла в процессе термостатирования в течение 2 часов при температуре 16–18 °С повышается на 3–4 °С.

## **2.7. Фасование и упаковывание сливочного масла, маркировка тары и хранение масла**

От вида и качества упаковки и упаковочных материалов зависят стойкость масла при хранении, его устойчивость к влиянию внешних условий и степень усушки.

Сливочное масло, предназначенное для дальних перевозок и длительного хранения, фасуют исключительно в транспортную тару монолитами (20 кг), а подлежащее быстрой реализации фасуют как монолитами (20 кг), так и в потребительскую тару брикетами в алюминиевую кашированную фольгу массой 15, 20, 30 г, в алюминиевую кашированную фольгу, пергамент марки А и другие

разрешенные упаковочные материалы массой 100, 200 и 250 г, в стаканчики и коробочки из разрешенных упаковочных полимерных материалов массой 100, 200, 250 г, в бочата массой 1000 г.

Топленое масло фасуют в деревянные бочки (44 и 88 кг) и банки (стеклянные и жестяные); для местной реализации разрешается фасовать топленое масло в алюминиевые фляги.

Фасованное масло по физико-химическим и органолептическим показателям должно соответствовать действующей нормативно-технической документации на данный вид масла.

Для упаковывания сливочного масла используют алюминиевую кашированную фольгу; пергамент марок А, В, М; жировлагостойкую бумагу и другие.

### 2.7.1. Фасование и упаковывание сливочного масла в транспортную тару

На заводе-изготовителе в качестве транспортной тары для сливочного масла используют ящики: картонные вместимостью 20 кг и дощатые вместимостью 24 кг; для краткосрочного хранения сливочного масла (масса 20 кг) допускается использование ящиков из картона, бывшего в употреблении.

При упаковывании сливочного масла в транспортную тару внутренняя поверхность ящика должна быть выстлана упаковочным материалом.

В качестве упаковочного материала при фасовании сливочного масла монолитами по 20 кг (в транспортной таре) используют: пергамент марок А, М, пакеты-вкладыши из полимерных пленок и других материалов, разрешенных Госкомсанэпиднадзором РФ для сливочного масла. Упаковочный материал должен со всех сторон покрывать монолит масла и плотно прилегать к поверхности монолита, который не должен иметь вмятин и раковин.

Пакеты-вкладыши из полимерных пленок рекомендуется использовать для упаковывания масла, предназначенного для длительного хранения при низких минусовых температурах (ниже минус 12 °С).

Полимерные пленки предохраняют масло от усушки, препятствуют развитию окислительных процессов, а также сохраняют ароматические вещества.



При выработке масла методом сбивания сливок с использованием маслоизготовителей периодического действия масло фасуют в транспортную тару с помощью специальных машин или вручную.

При машинном фасовании масло непосредственно из рабочей емкости маслоизготовителя периодического действия подают в бункер фасовочной машины или специальную тележку, из которой оно подается в фасовочную машину.

При выработке масла с использованием маслоизготовителей непрерывного действия масло из аппарата по направляющему лотку (желобу) подают в бункер фасовочного автомата без задержки.

Температуру масла, выработанного с использованием маслоизготовителей периодического действия, при фасовании в ящики поддерживают в пределах 10–14 °С.

При выработке масла методом преобразования высокожирных сливок масло фасуют в транспортную тару наливом непосредственно из маслообразователя в заранее подготовленный ящик. При этом продукт разравнивают специальной линейкой и аккуратно закрывают упаковочным материалом после окончания заполнения ящика маслом и взвешивания.

### 2.7.2. Фасование сливочного масла в потребительскую тару

**Фасование брикетами.** Устойчивый процесс фасования возможен при использовании масла, в котором завершено формирование структуры. Масло должно обладать твердостью, равномерной по всему монолиту.

Для фасования брикетами используют сливочное масло, выработанное методом сбивания сливок и преобразования высокожирных сливок, соответствующее по органолептическим и физико-химическим показателям требованиям действующих стандартов и технических условий.

Сливочное масло, предназначенное для фасования, должно быть пластичным; термоустойчивость масла должна быть не менее 0,7; консистенция хорошая, однородная.

Допускается фасование масла слегка крошливого, слегка слоистого, колющегося и мучнистого. Эти пороки в процессе фасования

вследствие дополнительной механической обработки в шнековой камере автомата частично или полностью устраняются.

*Подготовка масла к фасованию брикетами. А. Масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок.* При фасовании масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок, в потребительскую тару после хранения оно подвергается дополнительной обработке шнеками автомата.

Под влиянием механического воздействия шнеками автомата меняются структура и консистенция масла: пластичность масла улучшается при одновременном ухудшении термоустойчивости, повышается количество свободного жидкого жира, увеличивается содержание воздуха и снижается массовая доля влаги вследствие ее выпрессовывания, ухудшается однородность, снижается хранимоспособность.

Во избежание недостатков, возникающих при фасовании масла, необходимо фасовать масло на заводе. В процессе производства масла следует уменьшать интенсивность его механической обработки, что достигается увеличением производительности маслообразователя. При этом меньше отвердевает жира в масле во время термо-механической обработки в маслообразователе и больше – в мелко фасованном масле.

Масло предварительно выдерживают в маслокамере при температуре не выше 5 °С в течение 24 ч (в ящиках или специальных ваннах-тележках) для отвердевания монолита и стабилизации структуры, не допуская увеличения продолжительности выдержки.

При увеличении продолжительности выдержки до фасования ухудшаются качество и хранимоспособность мелко фасованного масла. Причиной ухудшения качества масла является излишнее количество отвердевшего жира в масле в состоянии покоя. При этом формируется пространственная кристаллическая сетка, содержащая повышенное количество крупных кристаллов глицеридов, образованию которых способствовало отсутствие механического воздействия. В этих условиях дисперсная структура масла становится менее прочной, а масло – менее пластичным.

Кроме того, увеличение продолжительности выдержки приводит к увеличению бактериальной обсемененности масла.

С увеличением в масле плазмы уменьшается число прочных кристаллизационных контактов в единице объема продукта, вследствие чего кристаллическая (дисперсная) структура масла разрушается

быстрее, что при определенных условиях может затруднить получение стандартного по влаге крестьянского, особенно бутербродного масла, в связи с увеличением количества влаги, выпрессованной из масла во время фасования.

Перспективным является фасование масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок, наливом в жесткую тару, при использовании которого исключается необходимость применять выдержку масла после выработки до фасования.

При фасовании на базах промышленности температура поступающего масла не должна превышать 10 °С.

Масло с массовой долей влаги 16 и 20 % высшего сорта допускается хранить при минусовых температурах до фасования в течение 60 суток; с массовой долей влаги 25 % (крестьянское) при температуре не ниже минус 5 °С – не более 30 суток; с массовой долей влаги 35 % (бутербродное) при температуре 5 °С – не более 16–20 часов.

Отепление масла до температуры фасования рекомендуется проводить в помещении с температурой не выше 16 °С.

Температура масла при фасовании по периодам года приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

### Температура масла при фасовании

Вид масла	Массовая доля влаги, %	Температура масла при фасовании по периодам года, °С	
		Весенне-летний	Осенне-зимний
Сладкосливочное: несоленое, соленое	16,0	11–12	12–14
Вологодское	16,0	11–12	12–14
Любительское	20,0	11–12	12–14
Кулинарное	18,5	11–12	12–14
Крестьянское	25,0	12–14	13–15
Российское	25,0	11–12	13–15
Бутербродное	35,0	11–12	12–14
С наполнителями	28,0–30,0	13–14	15–16

Разница температуры масла в отдельных слоях монолита не должна превышать 2 °С. Температуру масла при фасовании в осенне-зимний период года повышают, чтобы устранить возможность образования излишнего количества крупных кристаллов глицеридов, вероятность образования которых возрастет в этот период года при повышенном содержании высокоплавких глицеридов в молочном жире, и тем самым способствовать образованию коагуляционной структуры для обеспечения пластических свойств сливочного масла, лучшему диспергированию влаги во время фасования и меньшему выпрессовыванию влаги при этом.

*Б. Масло, выработанное методом сбивания сливок в маслоизготовителях периодического действия.* При выработке масла, предназначенного для фасования в потребительскую тару, обработку его в маслоизготовителях заканчивают по достижении распределения влаги, оцениваемой с помощью индикаторных бумажек, фиксирующих капельки плазмы в сливочном масле.

При выработке сливочного масла с массовой долей влаги 16 % по I–II классам дисперсности, для масла с массовой долей влаги 20 и 25 % по I–III классам дисперсности из маслоизготовителя масло подается в бункер фасовочного автомата либо в ванну-тележку или другие емкости, из которых направляется на фасование. При наличии компрессора применяют пневматическую разгрузку маслоизготовителя. При этом маслоизготовитель орошают водой температурой 35–40 °С; масло нагревается до 20–22 °С и становится текучим. Для удаления масла в маслоизготовитель подают из компрессора сжатый воздух под давлением 12–13 Па.

При фасовании на заводе во избежание выпрессовывания влаги масло с массовой долей влаги 16 и 20 % перед фасованием желательно, а с массовой долей влаги 25 % и более обязательно подвергать гомогенизации. Гомогенизируют и фасуют масло сразу после его выработки. По мере увеличения длительности выдержки перед гомогенизацией увеличивается укрупнение капелек влаги (водной фазы) при хранении.

Масло гомогенизируют с целью диспергирования влаги. При использовании гомогенизатора масло становится слегка текучим в результате частичного разрушения дисперсной структуры.

Для масла с массовой долей влаги 16 % допускается выдержка его до фасования 1–3 ч при температуре 12–15 °С. Температура мас-

ла, выработанного в маслоизготовителе периодического действия, при фасовании брикетами поддерживают в весенне-летний период года 13–15 °С, в осенне-зимний период года – 14–16 °С.

*Масло, выработанное методом сбивания сливок в маслоизготовителях непрерывного действия.* Масло, вырабатываемое в маслоизготовителях непрерывного действия, в потоке направляют в бункер фасовочного автомата, чтобы избежать выдержки, так как даже непродолжительная выдержка, особенно масла с массовой долей влаги более 20 %, приводит к выпрессовыванию влаги при фасовании.

Температуру масла при фасовании подбирают с таким расчетом, чтобы она соответствовала максимальному значению аутогезионного давления (слипаемости), при котором силы сцепления между твердыми частицами жира являются максимальными, когда достигнута максимально возможная прочность структуры масла.

По данным А.М. Маслова и В.А. Березко, в масле, выработанном методом сбивания сливок в маслоизготовителях непрерывного действия, имеются два максимальных значения аутогезионного давления при температуре 12 и 15 °С. Аутогезионное давление определяет прочность структуры сливочного масла.

Температуру масла, выработанного в этих аппаратах при фасовании, поддерживают в осенне-зимний период года 14–16 °С, в весенне-летний период года – 12–14 °С. При фасовании масла с массовой долей влаги более 20 % его температуру поддерживают на 1–2 °С выше указанных значений.

Для фасования масла брикетами используют автоматы АРМ и др.

Во избежание получения неравномерной (мраморной) окраски масло в брикетах фасуют строго по партиям. При необходимости поверхность масла зачищают.

Перед началом работы фасовочного автомата внутреннюю поверхность бункера, шнеки, стенки приемника, выталкиватель и другие части, соприкасающиеся с маслом, обрабатывают специальными противоприлипающими и дезинфицирующими растворами (температура 80 °С).

В качестве противоприлипающего и дезинфицирующего раствора одновременно может быть использована следующая смесь. Рецепт на 100 кг: кальцинированная сода – 0,4 кг; тринатрий-

фосфат – 0,4 кг; жидкое стекло – 1,2 кг; 10 %-й раствор хлорной извести – 0,5 кг; вода – до 100 кг.

Фасуют масло на фасовочных автоматах в соответствии с инструкцией по его эксплуатации.

В процессе фасования масла периодически контролируют массу брикетов на контрольных весах, при необходимости регулируют работу дозирующего устройства.

Для укладки брикетов масла в картонные ящики используют отечественный полуавтомат М6-АУБ; для крупноблочной упаковки – автомат типа М6-ОРГ; для обандероливания картонных ящиков наиболее приемлем автомат типа А-655 фирмы «Любек» (Германия).

**Фасование батончиками.** Для фасования масла батончиками используют фасовочно-укупорочный автомат марки М1-ОФБ, пленку «Повиден» и др.

*Характеристика масла, используемого для фасования.* Масло, используемое для фасования, должно соответствовать тем же требованиям, что и для фасования брикетами.

*Подготовка масла и его фасование.* Фасование масла осуществляют в потоке. Для этого из маслообразователя или маслоизготовителя масло направляют в бункер фасовочного автомата.

Необходимо обеспечить поступление продукта в бункер фасовочного автомата в соответствии с его производительностью. При этом на шнеках бункера должен образовываться вращающийся вал продукта.

Температуру масла, поступающего на фасование, устанавливают согласно действующей технологической инструкции на данный вид масла или в соответствии с данными, представленными в табл. 2.1.

Температура в помещении, в котором проводят фасование масла, должна быть не выше 16 °С.

Обработку внутренней поверхности бункера автомата М1-ОФБ осуществляют так же, как и внутреннюю поверхность автомата для фасования масла брикетами.

**Фасование масла в жесткую тару.** Для фасования масла в жесткую тару используют автоматы М6-АРИ, М6-ОРД и другие, предназначенные для этой цели.

На автомате М6-АРИ масло фасуют в стаканчики из комбинированных или полимерных материалов массой нетто 100 и 250 г.

Автомат М6-ОРД с модернизированным бункером используют для фасования масла в стаканчики (коробочки) массой нетто 250 г.

*Характеристика фасуемого масла.* Для фасования в жесткую тару используют сливочное масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок.

Масло, используемое для фасования, должно соответствовать характеристике масла, используемого для фасования брикетами.

Масло к фасованию подготавливают так же, как и при фасовании батончиками.

**Фасование масла в жестяные банки.** Масло фасуют в жестяные банки на автоматах или вручную.

*Характеристика фасуемого масла.* В жестяные банки фасуют сладкосливочное масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок. Масло, используемое для фасования, должно отвечать требованиям высшего сорта.

Масло фасуют в банки № 9 и № 14 массой нетто соответственно 350 г и 2700 г.

Жестяные банки перед использованием моют в банкомоечных машинах или вручную, вначале – горячей водой, затем пропаривают острым паром и высушивают горячим воздухом. Крышки к банкам моют, пропаривают и высушивают так же, как и банки.

В мокрые банки фасование масла не допускается.

Жестяные банки, предназначенные для фасования масла, предварительно испытывают на герметичность.

Банки, наполненные маслом, немедленно укупоривают на закаточной машине. Банки должны быть укупорены герметично.

Закатанные банки обмывают и обсушивают или обтирают сначала влажной чистой, а затем сухой тканью.

### 2.7.3. Маркировка транспортной тары на заводе-изготовителе

Данная технологическая операция предусматривает нанесение манипуляционного знака «Бойтесь нагрева» – по ГОСТ 14192 – с указанием следующих дополнительных данных:

*на транспортной таре* – ящиках, бочках и флягах с продуктом – товарного знака или номера предприятия-изготовителя, отгружающего масло; дата выработки; порядковый номер партии с начала

каждого месяца с нарастающим итогом; порядковый номер ящика или бочки с начала каждого дня с нарастающим итогом; массы нетто упаковочной единицы, дополнительно на банках – массы брутто и тары; вид и сорт масла; срока годности; обозначение стандарта (ГОСТ, ТУ).

#### 2.7.4. Маркировка масла в потребительской таре

На каждой единице фасованного продукта должна быть нанесена информация в соответствии с требованиями действующих стандартов и технических условий, она включает в себя: адрес предприятия; товарный знак или номер, или наименование предприятия, фасовавшего масло; масса нетто; вид и сорт масла; информационные данные о пищевой и энергетической ценности 100 г продукта; дата фасования; срок реализации, обозначение стандарта.

Дату фасования и номер предприятия допускается наносить компостером или штампом.

Масло фасованное оценивают и оформляют документы в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями.

При укладке в ящики масла в жестяных банках каждый горизонтальный ряд банок в ящике должен быть переложено картонными или плотными бумажными прокладками. Для прочности ящики должны быть обтянуты по торцам металлической лентой или проволокой.

Тара, бывшая в употреблении, должна быть неповрежденной, чистой. В ящик или тару-оборудование должны помещать масло одной партии и массы нетто.

После укладки картонные ящики закрывают и заклеивают бумажной или полиэтиленовой лентой с липким слоем. Деревянные ящики забивают, для иногородних перевозок скрепляют стальной лентой или проволокой.

На одной из торцевых сторон ящика с маслом несмываемой краской с помощью штампов или на наклеенной этикетке наносят маркировку, где указывают: адрес предприятия, товарный знак (для предприятий, его имеющих) или наименование, или номер предприятия, фасовавшего масло; массу нетто и количество упаковочных единиц; массу нетто упаковочной единицы; вид и сорт масла; дату фасования и срок реализации; порядковый номер партии с начала



каждого месяца с нарастающим итогом; порядковый номер ящика с начала каждого дня с нарастающим итогом; обозначение стандарта (ГОСТ или ТУ).

### 2.7.5. Хранение сливочного масла на заводах-изготовителях

Масло хранят на заводе в специальных сухих, чистых помещениях (холодильных камерах) с хорошей вентиляцией при относительной влажности воздуха не выше 80 % во избежание плесневения продукта.

Полы в маслохранилище должны быть влагонепроницаемыми, стены хорошо изолированы. Перед входом в маслохранилище предусматривают тамбур.

Тару с маслом укладывают штабелями в несколько ярусов в шахматном порядке. Между ярусами прокладывают рейки с таким расчетом, чтобы способствовать быстрому охлаждению масла. На одном квадратном метре пола маслохранилища размещают 16–20 ящиков масла.

Продолжительность хранения масла зависит от условий хранения, вида масла и вида упаковки. Масло сливочное традиционного состава, любительское, крестьянское допускается хранить в монолитах при температуре 0 – минус 6; минус 6 – минус 12; минус 12 – минус 18 °С соответственно 5, 10, 15 суток; масло бутербродное в монолитах – 2, 5, 6 суток; масло, фасованное при температуре минус 6 – минус 18 °С, – 3 суток.

Продолжительность хранения масла бутербродного, упакованного монолитами, – не более 5 дней при температуре не выше 5 °С, масла с наполнителями (с кофе, какао, фруктово-ягодными добавками), чайного, ярославского – не более 3 дней при температуре не выше 5 °С.

На заводе допускается хранить масло более продолжительное время при наличии специальных камер с температурой воздуха в камере минус 12 °С и ниже с принудительной циркуляцией воздуха (0,8–2 м/с) и относительной влажности воздуха не менее 80 %. Продолжительность хранения сливочного масла в этих условиях составляет половину продолжительности его хранения на холодильниках.

Мелкофасованное крестьянское масло следует хранить в камере при минусовой температуре не ниже минус 5 °С во избежание появления порока крошливости и укрупнения капелек влаги.

При минусовых температурах хранения масла с наполнителями (шоколадного, медового, фруктового) нельзя допускать снижения температуры масла ниже минус 5 °С во избежание изменения интенсивности окраски масла.

Мелкофасованное масло диетическое, чайное хранят на заводе-изготовителе не более 3 суток при температуре не выше 5 °С.

Температура сливочного масла при отгрузке с завода-изготовителя должна быть:

- при отгрузке в магазин (или реализации частным лицам или предпринимателям) – не выше 5 °С;
- при отгрузке на холодильники не выше 10 °С – для фасованного монолитами; не выше 5 °С – для фасованного в потребительскую тару;
- отгружаемого в другие регионы страны – минус 6 °С;
- предназначенного для длительного хранения – не выше минус 6 °С.

## **2.8. Изменения, происходящие в масле во время хранения**

### **2.8.1. Упрочнение структуры сливочного масла, выработанного методом сбивания сливок**

Структура сливочного масла упрочняется в результате различных физико-химических процессов, протекающих в молочном жире с течением времени. К этим процессам относятся: 1) дополнительная кристаллизация глицеридов при наличии в свежеработанном масле жира в переохлажденном состоянии; 2) восстановление разрушенных тиксотропных (коагуляционных) связей между глицеридами, отвердевшими во время выработки при формировании коагуляционной структуры. Упрочнение структуры за счет тиксотропных связей между кристаллами глицеридов называется тиксотропным упрочнением структуры или восстановлением структуры.

Упрочнение структуры происходит в результате постепенного увеличения числа контактов между твердыми частицами. В результате упрочнения структуры масло отвердевает без повышения температуры (изотермический процесс). Во время отвердевания при допол-

нительной кристаллизации глицеридов в масле должен присутствовать переохлажденный жир, способный кристаллизоваться.

Белоусов А.П. считает, что твердение масла происходит в результате рекристаллизации – в росте кристаллов наиболее устойчивых форм за счет распада менее устойчивых.

Во время кристаллизации глицеридов в молочном жире в состоянии покоя образуются крупные кристаллы молочного жира, что препятствует их свободной ориентации при структурообразовании.

Тиксотропное упрочнение структуры масла тормозится, если содержание жидкого жира увеличивается, например, после двукратной гомогенизации масла, что вызывает утолщение прослоек между частицами, участвующими в образовании структурных связей.

Важную роль в тиксотропном упрочнении структуры масла играют главным образом высокоплавкие глицериды.

Изменение прочности структуры масла определяют по изменению предельного напряжения сдвига и реологических показателей, характеризующих твердость масла.

Предельное напряжение сдвига сладкосливочного масла, выработанного методом сбивания сливок, обычно колеблется в пределах от 2,0 до 3,2 кПа, а выработанного методом преобразования высокожирных сливок, – от 3,0 до 10 кПа.

Реологические показатели твердости масла, характеризующие способность структуры масла оказывать сопротивление внедрению в толщину масла инденторов различной формы, измеряют разными методами: вдавливанием в масло диска с поперечным сечением 4 см<sup>2</sup> со скоростью 0,33 мм/с (метод Хардера); путем погружения конуса определенной массы в течение 5 с (пенетрационный метод); путем измерения усилия, необходимого для продавливания (цилиндрического) образца масла через отверстие 0,33 мм/с (экструзионный метод); путем измерения усилия, прилагаемого при резании прямоугольного образца масла проволокой диаметром 0,3 мм (метод Осминина). Твердость масла, измеренная методом резания, колеблется при температуре 12 °С в пределах от 52 до 107 г/см.

Твердость масла определяют после истечения различных сроков хранения. Твердость масла отражает суммарное влияние на упрочнение структуры масла фазовых превращений молочного жира и новых связей, возникающих между твердыми частицами.

Твердение масла ускоряется, если в свежеработанном масле часть жидкого жира находится в переохлажденном состоянии и происходящая во время выдержки масла дополнительная кристаллизация накладывается на основной процесс – рекристаллизацию (увеличение тиксотропных связей) и следствием этого будет более высокая прочность кристаллической структуры масла.

Во время хранения масла при различных температурах упрочнение структуры происходит однотипно.

Твердение масла может завершаться в разные периоды времени с различной скоростью в зависимости от условий охлаждения масла во время вторичного структурообразования в монолите масла в состоянии покоя, температуры, сезона года и других условий. Чем больше содержится в масле после охлаждения жира в переохлажденном состоянии, тем выше скорость упрочнения структуры в начальный период хранения масла и выше значение предельного напряжения сдвига.

В летний период процесс твердения масла завершается в течение месяца, в зимний период продолжается свыше двух месяцев. При этом масло в зимний период характеризуется более высокой твердостью.

Значительное влияние на процесс твердения масла после его выработки оказывает изменение его температуры. Процесс твердения ускоряется при повышении температуры в результате облегчения установления контактов между частицами вследствие усиления броуновского движения. При повышении температуры повышается подвижность кристаллов.

При температуре 15 °С в зимний период и 13 °С в летний структура масла упрочняется быстрее. Это явление можно объяснить тем, что при этих температурах достигается максимальное значение аутогезионного давления, характеризующего силу сцепления одинаковых молекул (когезия).

По данным многих авторов, наибольшее повышение твердости масла после его выработки происходит при температуре в пределах 13–16 °С. Эта температура совпадает с температурой, при которой аутогезия масла достигает максимальной величины 12–13 °С для летнего и 15–16 °С – для зимнего масла.

При температуре хранения 15 °С кристаллы глицеридов быстро ориентируются относительно друг друга, что приводит к усилению

действия вандерваальсовских сил при взаимодействии твердых частиц и увеличению скорости упрочнения структуры.

При температуре 15 °С процесс твердения масла, выработанного методом сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия, происходит интенсивно в течение первых 4–8 часов и длится 48 часов. Предельное напряжение сдвига составляет через 4, 8, 24, 48 часов соответственно 0,85; 1,36; 3,29; 4,07 кПа.

По мере снижения температуры масла при хранении упрочнение его структуры приостанавливается, так как ориентация кристаллов становится невозможной из-за высокой вязкости дисперсионной среды.

При температуре ниже минус 4 °С полностью прекращаются процессы, приводящие к упрочнению структуры (своеобразное консервирование структуры).

Изменяя температуру масла в начальный период хранения, можно воздействовать на формирование его структуры и консистенцию. Поэтому, изменяя условия хранения масла, можно использовать их как дополнительное средство регулирования структуры и консистенции масла.

Во время хранения масла при минусовых температурах отсутствуют процессы, приводящие к перекристаллизации глицеридов обратимости структурообразования, возможна только дополнительная кристаллизация глицеридов.

### 2.8.2. Изменение степени дисперсности капель плазмы в масле

Масло, поступающее на хранение после выработки, содержит капли плазмы различных размеров. Степень дисперсности плазмы в масле в основном зависит от метода производства и в свою очередь является фактором, определяющим стойкость масла при хранении.

По данным Ф.А. Вышемирского, средний диаметр капель плазмы составляет в масле, выработанном методом сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия, – 3,33 мкм; в маслоизготовителе периодического действия – 3,36 мкм; в масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок, – 2,88 мкм.

Средний диаметр капель плазмы сладкосливочного (16,0 % влаги), крестьянского и бутербродного масла, выработанного методом

сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия, по сравнению с диаметром капель плазмы в масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок, соответственно больше в 1,32; 1,27; 1,1 раза, средний объем соответственно – в 2,29; 2,0 и 1,33 раза, вследствие чего в масле, выработанном методом сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия, в большей степени активизируется развитие микрофлоры. Степень дисперсности капель плазмы зависит также от условий его температурной обработки в начальный период.

Масло сладкосливочное (16 % влаги) и бутербродное, выработанное методом преобразования высокожирных сливок, выдержанное в течение 3 суток при плюсовой температуре 3–7 °С, при наличии капель плазмы менее 2 мкм практически недоступно для развития микроорганизмов.

Количество клеток, способных развиваться в каплях различных размеров, – 2–3; 4–5; 8–10; 10–12 мкм, соответственно 1–2; до 13; до 104; до 178 единиц.

С увеличением размера капель плазмы ускоряется развитие пороков вкуса микробиологического происхождения в связи с ускорением развития микрофлоры в масле. При увеличении размера капель плазмы уменьшается количество стерильных капель (размером до 2 мкм). В этом случае при одинаковом содержании микрофлоры увеличивается количество микробов в каждой капле.

Установлено, что при немедленном замораживании свежеработанного масла сладкосливочного (16 % влаги), крестьянского и бутербродного, выработанного методом преобразования высокожирных сливок и методом сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия при температуре минус 12, 18 и 25 °С, фасованного в ящики по 20 кг, первоначальные размеры капель плазмы в масле практически сохраняются в течение всего периода хранения – 12 месяцев.

### 2.8.3. Изменение содержания жирорастворимых витаминов

По данным ВНИИМС, в сладкосливочном масле традиционного состава (16 % влаги) содержится: 0,55 мг/100 г витамина А; 0,49 мг/100 г β-каротина; 2,20 мг/100 г витамина Е.

В бутербродном масле содержится:  $0,49 \pm 0,022$  мг/100 г витамина А;  $0,21 \pm 0,013$  мг/100 г  $\beta$ -каротина и  $0,214 \pm 0,097$  мг/100 г витамина Е.

Во время хранения снижается содержание жирорастворимых витаминов в масле в результате их разрушения под действием первичных и вторичных продуктов окисления жира.

По данным ВНИИМС, в сладкосливочном масле (16 % влаги) после хранения в течение 150 суток при температуре 0–5 °С теряется 15 % витамина А; 11 %  $\beta$ -каротина.

Разрушение жирорастворимых витаминов во время хранения при температуре от 5 до 8 °С и от минус 3 до минус 5 °С в течение 2 месяцев в бутербродном масле, упакованном в полистироловые стаканчики по 100 г и в бумажные стаканчики с полимерным покрытием по 250 г, начинается с первых дней хранения и подчиняется экспоненциальному закону

$$N_{\tau} = N_0 \cdot e^{k\tau} \text{ мг/кг,}$$

где  $N_{\tau}$  – содержание витаминов в момент времени  $\tau$ ;  $N_0$  – начальное содержание витаминов в масле, мг/кг;  $k$  – постоянная распада.

Имеются два периода разрушения витаминов А, Е и  $\beta$ -каротина в бутербродном масле при указанных условиях хранения. Периоды характеризуются различной скоростью разрушения витаминов. Скорость разрушения витаминов во втором периоде возрастает. Второй период разрушения жирорастворимых витаминов наступает на 30–40 сутки хранения и совпадает с изменением скорости накопления первичных и вторичных продуктов окисления жира.

#### 2.8.4. Изменение содержания свободного жидкого жира

По данным ВНИИМС, при температуре минус 18 °С после 12 месяцев хранения масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок, происходит снижение количества свободного жидкого жира в сладкосливочном масле традиционного состава (16 % влаги) с 13,7 до 9,18 %; в любительском – с 11,5 до 8,1 %; крестьянском – с 10,8 до 6,9 %.

## 2.9. Стойкость и качество сливочного масла

Под стойкостью масла понимают способность масла сохранять совокупность свойств в процессе хранения, обеспечивающих его пригодность к потреблению. Пригодность масла к потреблению оценивают органолептически в баллах за вкус, запах, консистенцию, цвет и определяют аналитически с целью оценки пищевой и энергетической ценности и безвредности для здоровья человека.

Стойкость и качество сливочного масла зависит от многих факторов. К ним относятся: качество сырья, технологические режимы, применяемые при выработке продукта, состав и количество вкусовых и ароматических веществ в масле и их изменение во время хранения, активность липаз, объем, качество, кислотность плазмы масла и ее дисперсность, содержание газовой фазы и ее дисперсность, содержание металлов, поваренной соли, антиокислителей, вид упаковочного материала, условия хранения масла (температура, влажность воздуха, свет), метод производства масла и др.

### 2.9.1. Основные источники формирования вкуса и запаха сливочного масла

Вкус и запах сливочного масла зависят от состава и количества вкусовых и ароматических веществ, содержащихся в нем.

Вкус и запах сливочного масла формируются из вкусовых и ароматических веществ, содержащихся в исходном сырье (молоко, сырые сливки, закваска) и образующихся во время тепловой обработки молока и сливок, при сквашивании сливок.

Основным источником формирования вкуса и запаха сладко-сливочного масла являются сульфгидрильные группы,  $\text{H}_2\text{S}$ , диметилсульфид,  $\delta$ -лактоны ( $\delta$ - $\text{C}_8$ – $\text{C}_{14}$ ) и свободные летучие жирные кислоты – масляная, капроновая, каприловая.

В свежеработанном сладкосливочном масле вкус и запах пастеризованных сливок находятся в зависимости от содержания в нем серосодержащих соединений. По данным ВНИИМС, масло приобретает приятный вкус и запах при содержании муравьиной, уксусной, пропионовой, масляной кислот в количестве 30–40 мг/кг; при повышенном содержании ароматических и вкусовых веществ качество масла может ухудшаться.



В кисломолочном масле главным источником формирования выраженного специфического вкуса и запаха является диацетил. Кисломолочное масло с хорошо выраженным вкусом и запахом содержит молочную кислоту, летучие жирные кислоты (ЛЖК), среди которых преобладает уксусная кислота, составляющая около 70 % всех летучих жирных кислот. Содержание ароматических веществ в кисломолочном масле в первую очередь зависит от количества и состава закваски, а также от температуры сливок при сквашивании и ее продолжительности, режимов тепловой обработки сливок, от соотношения диацетила и ацетальдегида. Оптимальным считается соотношение диацетила и ацетальдегида в пределах от 3:1 до 5:1.

Во время хранения вкус и запах сливочного масла ухудшаются вследствие изменения состава и количества вкусовых и ароматических веществ и соотношения между ними.

#### 2.9.2. Факторы, влияющие на качество и стойкость сливочного масла

*Изменения, происходящие в плазме масла во время хранения.* В зависимости от характера и интенсивности микробиологических и биохимических процессов во время хранения изменению может подвергаться состав и количество вкусовых и ароматических веществ в плазме и молочном жире.

В основном процессы изменения состава и количества вкусовых и ароматических веществ в плазме и жире протекают одновременно и тесно связаны между собой. На качество масла и его стойкость решающее влияние оказывают гидролитические и окислительные процессы, происходящие в жировой фазе продукта.

В плазме масла содержатся водорастворимые вещества, свободные сульфгидрильные SH-группы, аминокислоты, лактоза, нейтральные карбонильные соединения, лактоны, молочная кислота, которые в совокупности способствуют лучшей выраженности вкуса и запаха масла. Основными ароматическими веществами, содержащимися в плазме масла, являются лактоны  $C_8-C_{14}$  и диацетил.

В плазме масла протекают микробиологические процессы, связанные прежде всего с белками и лактозой молока.

Изменения, происходящие в плазме масла при хранении, влияют на порог чувствительности отдельных вкусовых и ароматических веществ.

*Изменение лактозы.* В основном изменение лактозы связано с выработкой кисломолочного масла. При сбраживании лактозы образуется молочная кислота, которая участвует в формировании вкуса масла. Содержание ее в масле влияет на кислотность плазмы масла. В результате сбраживания лактозы и цитратов молочнокислыми бактериями образуются также муравьиная, уксусная кислоты, которые участвуют в формировании вкуса кисломолочного масла.

Продукты распада лактозы могут быть причиной слишком кислого вкуса, солодового и других привкусов.

*Изменение свободных аминокислот.* Содержание аминокислот в масле зависит от метода производства. По данным Ф.А. Вышемирского, в сладкомолочном масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок, содержится незаменимых свободных аминокислот – 0,349 мг %, а в промытом масле, выработанном методом сбивания сливок, – 0,669 мг %. Причиной значительного увеличения аминокислот в масле, выработанном методом сбивания сливок, являются биохимические процессы, имеющие место во время физического созревания сливок в результате развития протеолитически активной микрофлоры. Свободных незаменимых аминокислот в кисломолочном масле содержится 2,469 мг %. Качественный состав отличается незначительно.

В промытом масле, выработанном методом сбивания сливок, значительно снижается содержание аминокислот. Снижение содержания незаменимых аминокислот в плазме промытого масла является следствием удаления белка в процессе промывки.

Количество свободных аминокислот зависит от степени распада молочного белка под действием микрофлоры. Направление и степень распада молочных белков в плазме масла зависят от вида микроорганизмов и созданных условий для действия протеолитических ферментов. При высокой кислотности плазмы масла (рН 4,6–4,7) протеолиз белковых веществ молока могут вызывать только некоторые виды бактерий (*Proteus, micrococcus*) и дрожжи. Основной причиной протеолиза является действие на белки гнилостной микрофлоры и плесеней.

В формировании вкуса и запаха сливочного масла активно участвуют такие серосодержащие аминокислоты, как цистин, метионин, цистеин, а также аспарагиновая кислота, глицин, серин, треонин, фенилаланин, лейцин и изолейцин.

В свежеработанном сладкосливочном масле преобладают глутаминовая, аспарагиновая кислоты, пролин, глицин, аланин, составляющие около 82 % всех свободных аминокислот в плазме масла.

В кисломолочном масле с кислотностью плазмы масла 35–40 °Т около 75 % составляют глутаминовая кислота, аланин и серин.

Во время хранения масла изменяется соотношение между свободными аминокислотами, особенно в масле с повышенным содержанием плазмы. Соотношение между аминокислотами изменяется в результате протеолитического воздействия молочнокислой микрофлоры и неодинаковым усвоением отдельных кислот микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности.

В плазме сливочного масла наивысшая концентрация свободных аминокислот достигается после шестимесячного хранения и в дальнейшем до конца хранения (12 месяцев) уменьшается.

*Изменения в жировой фазе масла.* Изменение состава и количества вкусовых и ароматических веществ в жировой фазе сливочного масла является следствием как микробиологических, так и химических процессов. Интенсивность этих процессов зависит от температуры масла при хранении, наличия в масле солей тяжелых металлов, действия света, кислорода воздуха и других факторов.

Изменение вкусовых и ароматических веществ в жировой фазе связано с изменением липидного состава масла во время хранения. Изменения липидного состава масла вызваны в основном окислительными и в меньшей степени гидролитическими процессами.

Окислительные и гидролитические процессы протекают менее интенсивно в масле всех видов (сладкосливочном, любительском, крестьянском), выработанном из ненормализованных высокожирных сливок, когда требуемое содержание влаги в масле достигается непосредственно при сепарировании вследствие более равномерного распределения в нем влаги.

Наиболее интенсивно окислительные и гидролитические процессы протекают в масле при нормализации высокожирных сливок пахтой или сливками в количестве около 7 %.

При гидролизе жира в масле накапливаются свободные жирные кислоты (СЖК). При оптимальном их количестве обеспечивается выраженность вкуса и запаха масла; при повышенной концентрации СЖК ухудшаются вкус и запах масла.

Ферментативный гидролиз жира (липолиз) во время хранения масла протекает под действием термостойких липаз молока, выдерживающих высокую температуру при пастеризации сливок или под действием липолитических ферментов психротропных микроорганизмов. Психротропные микроорганизмы попадают в продукт при повторном обсеменении (оборудование, из воды, с тары и т. д.). Скорость гидролиза, а следовательно, стойкость масла зависит от липолитической активности бактерий.

Активно расщепляют молочный жир многие виды микрококков, споровые и бесспорные палочки (*Bact. prodigiosum*, *Ps. fluorescens* и др.), дрожжи (*Torulopsis candida* и др.) и микробиологические грибы (*Cladosporium butyri*, *Oidium bacticis* и др.).

При гидролизе фосфолипидов высокомолекулярные насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты образуются под действием фосфолипаз микроорганизмов.

По данным ВНИИМС, высокая фосфолипазная активность молочнокислых бактерий отмечена у штаммов *Leuc citrovorum*, средняя – у *Str. lactis* и *Str. diacetylactis*, низкая – у *Str. cremoris*.

Гидролиз триглицеридов и фосфатидов ускоряется под действием высоких температур, влажности, а также света. При сквашивании сливок (производство кисломолочного масла) тормозится увеличение количества свободных жирных кислот. При гидролизе уменьшается содержание ненасыщенных жирных кислот, изменяется первоначальное соотношение между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами в результате более интенсивного распада ненасыщенных жирных кислот.

Количество свободных жирных кислот ( $C_4-C_{18}$ ) после 12-месячного хранения сливочного масла при температуре минус 18 – минус 20 °С увеличивается более чем в 2 раза, а при минус 2–6 °С – в 2,6 раза в масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок, и почти в 5 раз у масла, полученного методом сбивания сливок на маслоизготовителе периодического действия. Накапливаются свободные жирные кислоты ( $C_4-C_{18}$ ) почти равномерно, что свидетельствует о гидролитическом пути возникновения.

В свежеработанном сладкосливочном, любительском, крестьянском масле содержится 0,78–1,53 % свободных жирных кислот.

Во время хранения содержание свободных жирных кислот увеличивается, особенно после 6-месячного хранения при темпера-

туре от минус 3 до минус 5 °С, при этом уменьшается сумма триглицеридов и увеличивается содержание моно- и диглицеридов. Изменяется количественное соотношение между полиненасыщенными жирными кислотами и карбонильными соединениями.

Общее количество фосфолипидов при хранении от 6 месяцев при минус 18 °С снижается до 8 % от первоначального количества. Фосфолипидов (кефалина, лецитина, сфингомиэлина и др.) содержится в масле с традиционным составом (влаги 16 %)  $0,38 \pm 0,03$  %; в любительском и крестьянском масле соответственно  $0,39 \pm 0,03$  % и  $0,78 \pm 0,02$  %.

Общее количество свободных жирных кислот  $C_{10}-C_{18}$  во время хранения при температуре минус 11 °С в течение 12 месяцев повышается в сладкосливочном масле на 5–14, в кислосливочном – на 8–22 %, при этом доля насыщенных кислот уменьшается, а ненасыщенных – увеличивается, особенно линолевой кислоты. За 12 месяцев хранения в сладкосливочном масле содержание линолевой кислоты увеличивается в 3–5 раз, в кислосливочном – в 3–8 раз. Количество олеиновой кислоты в сладкосливочном масле мало изменяется, в кислосливочном масле увеличивается в 1,2–1,5 раза, что можно объяснить увеличением интенсивности гидролитических процессов в кислосливочном масле по сравнению со сладкосливочным.

Во время хранения шоколадного масла летней, зимней и осенней выработки при минус 10 – минус 18 °С свободные жирные кислоты сначала накапливаются, затем их содержание уменьшается. Максимальное увеличение свободных жирных кислот наблюдается в масле летней выработки после истечения 10 месяцев, в осеннем – 7,5 месяцев, в зимнем – 3,5 месяцев хранения.

*Изменение свободных летучих жирных кислот (СЛЖК).* Источником СЛЖК в масле являются свободные жирные кислоты, содержащиеся в молоке, сливках, а также образующиеся при гидролизе жира.

Масляная, капроновая, каприловая и каприновая кислоты образуются при гидролизе молочного жира под воздействием микрофлоры, обладающей липолитической активностью.

Свободные летучие жирные кислоты участвуют в формировании вкуса и запаха масла. Однако при увеличении концентрации СЛЖК, особенно масляной, в масле появляются нежелательные привкусы.

По данным Ф.А. Вышемирского, приятный вкус и запах масла образуются при содержании СЛЖК 30–40 мг/кг; масляной кислоты должно быть в пределах 3–5 мг/кг.

Среднегодовое количество СЛЖК в сладкосливочном масле  $28,2 \pm 2,5$  мг/кг; в свежеработанном сладкосливочном масле – в пределах 35–37, в кислосливочном масле с умеренной кислотностью плазмы (40 °Т) – 90–92, с повышенной кислотностью в плазме (60 °Т) – 100 мг/кг. Состав СЛЖК в сладкосливочном и кислосливочном масле отличается между собой. В кислосливочном масле дополнительно содержится изомасляная и изовалериановая кислоты.

Сумма СЛЖК (муравьиной, уксусной, пропионовой, масляной) после трех месяцев хранения при температуре минус 3–5 °С увеличивается в сладкосливочном масле, любительском и крестьянском соответственно на 2,5; 18,5 и 26,5 %. После 6 месяцев хранения при той же температуре сумма указанных СЛЖК снижается по сравнению с содержанием в масле после трех месяцев хранения в сладкосливочном, любительском и крестьянском масле соответственно на 32,5; 18,75; 17,05 %. Основной причиной снижения общего количества СЛЖК является уменьшение массовой доли уксусной кислоты, причем более значительное в кислосливочном масле, выработанным с повышенной кислотностью плазмы (60 °Т).

Во время хранения в период от 6 до 12 месяцев при температуре минус 18 °С увеличивается содержание СЛЖК в результате некоторого увеличения количества масляной, каприловой, каприновой кислот.

После 12 месяцев хранения масла при температуре минус 18 °С общее количество СЛЖК в сладкосливочном, любительском и крестьянском масле меньше по сравнению с первоначальным содержанием их в масле.

В результате уменьшения содержания уксусной кислоты и повышения масляной, каприловой, капроновой кислот изменяется первоначальное их взаимное соотношение, что оказывает отрицательное влияние на вкус и запах масла.

Изменение первоначального соотношения СЛЖК является одной из причин снижения балльной оценки вкуса и запаха масла.

*Изменение карбонильных соединений.* К карбонильным соединениям относятся многочисленные соединения, в том числе насыщенные и ненасыщенные альдегиды и кетоны. Карбонильные соединения играют важную роль в формировании вкуса и запаха

сливочного масла, так как многие из них обладают приятными или неприятными сильными запахами и вкусом.

В формировании вкуса и запаха сливочного масла участвуют главным образом альдегиды. Предшественниками карбонильных соединений могут быть аминокислоты, жирные кислоты, углеводы. Возможно несколько путей их преобразования в альдегиды и кетоны.

Одним из основных путей образования альдегидов (формальдегида, ацетальдегида, пропионового, изомаляного, изовалерианового и др.) является окислительное дезаминирование аминокислот с последующим декарбоксилированием образующихся  $\alpha$ -кетокислот.

Альдегиды могут образовываться как промежуточный продукт реакции меланоидинообразования при нагревании сливок при высоких температурах в результате гидролиза лактозы с образованием глюкозы и галактозы, взаимодействующих со свободными аминокислотами.

Альдегиды могут также образоваться в процессе окисления ненасыщенных жирных кислот. При окислении олеиновой кислоты могут образовываться низкомолекулярные насыщенные альдегиды – гектаналь, октаналь, нональ и другие, а из полиненасыщенных кислот кроме них мононенасыщенные и диненасыщенные альдегиды – пентен-2-аль и др.

Кроме того, альдегиды в результате окисления могут превращаться в соответствующие моно – и дикарбоновые кислоты.

При окислении линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот образующиеся альдегиды могут снова подвергаться окислению с образованием диальдегидов: малонового и др. По реакции малонового альдегида с тиобарбатуровой кислотой определяют степень окисленности молочного жира, по модифицированной методике, предусматривающей определение малонового альдегида, – суммарно в молочном жире и плазме масла.

Метилкетоны с нечетным числом атомов углерода ( $C_5$ – $C_{15}$ ) могут образовываться при декарбоксилировании  $\alpha$ -кетокислот, входящих в состав молочного жира, под влиянием ферментов микроорганизмов и вследствие тепловой обработки.

Метилкетоны в малом количестве являются составной частью ароматических веществ высококачественного сливочного масла; при их наличии в более высоких концентрациях они являются одной из причин прогоркания масла.

Насыщенные и ненасыщенные кетоны и кетонокислоты образуются в результате дегидратации гидроперекисей. При окислении ненасыщенных кислот глицеридов образуется большое количество насыщенных альдегидов, а при окислении кислот фосфолипидов – ненасыщенных альдегидов и кетонов. Причем образовавшиеся альдегиды могут быть не только предельными и непредельными, но и с сопряженными и не сопряженными связями, транс- и цис-изомерами, что также оказывает немалое влияние на изменение вкуса сливочного масла.

Такие кетоны, как ацетон, ацетоин и диацетил могут накапливаться в масле в результате брожения лактозы и цитратов, а также в результате реакций не ферментативного характера при нагревании молока и сливок.

Диацетил, ацетоин и ацетальдегид могут образовываться микроорганизмами закваски. От их содержания и количественного соотношения зависят специфический вкус и запах кисломолочного масла. Во время хранения содержание ацетальдегида снижается в результате превращения в этанол. Масло с ярко выраженным специфическим кисломолочным вкусом и запахом содержит диацетила в количестве 0,1–0,5 мг / % и более.

В свежеработанном масле стандартного состава (жира 82,5 %) содержится карбонильных соединений: общее количество 21,78 мг/кг; в кисломолочном масле с кислотностью плазмы 38 °Т – 19,59 мг/кг; и с кислотностью плазмы – 60 °Т – 79,86 мг/кг, в том числе соответственно ацетальдегида – 8,8; 6,9; 5,64 мг/кг.

Карбонильные соединения могут быть причиной как приятного, так и неприятного вкуса и запаха сливочного масла.

Многие альдегиды обладают неприятным вкусом и могут придавать маслу различные привкусы.

Во время хранения общее содержание карбонильных соединений в сливочном масле увеличивается.

По данным Ф.А. Вышемирского, содержание насыщенных карбонильных соединений в первые 6 месяцев при температуре 3–5 °С несколько увеличивается, а ненасыщенных карбонильных соединений не изменяется.

Содержание карбонильных соединений во время хранения при минус 11 °С увеличивается значительно интенсивнее в сладкосливочном масле, чем в кисломолочном. Поэтому разница между



общим количеством карбонильных соединений в сладкосливочном и кислосливочном масле постепенно уменьшается при увеличении продолжительности хранения. При этом изменяется состав карбонильных соединений.

Содержание отдельных карбонильных соединений во время хранения изменяется по-разному: количество формальдегида увеличивается, количество ацетальдегида после незначительного увеличения в начале хранения в дальнейшем постепенно уменьшается. Количество диацетила (в кислосливочном масле) резко уменьшается уже в первые месяцы хранения.

Количество пропионового альдегида и ацетона изменяется в сторону снижения, а затем увеличения после трехмесячного хранения, и повторно снижается после шестимесячного хранения. Кроме того, в отдельные периоды хранения в сладкосливочном масле образуются изомасляный, изовалериановый, каприловый альдегиды, метилбутилкетон.

В кислосливочном масле с кислотностью плазмы 40 °Т увеличивается количество изомасляного альдегида и уменьшается его содержание в кислосливочном масле с кислотностью плазмы 60 °Т.

Такой непостоянный характер изменения некоторых карбонильных соединений, по-видимому, связан с изменением свободных жирных кислот и происходящими окислительно-восстановительными процессами в жировой фазе масла. Во время хранения кислосливочного масла уменьшается количество диацетила – главного источника аромата масла – и более интенсивно в масле с повышенной кислотностью плазмы (60 °Т), особенно в первые месяцы хранения.

При длительном хранении диацетил может расщепляться на уксусную кислоту и активированный ацетальдегид, который при конденсации с другой молекулой диацетила переходит в диацетилметилкарбинол и бутиленгликоль (К.К. Горбатова).

Причиной уменьшения количества диацетила является протеолиз белков, в ходе которого образуются щелочные продукты, уменьшается окислительно-восстановительный потенциал среды и тем самым создаются более благоприятные условия для восстановительных процессов.

*Изменение лактонов.* Предшественниками лактонов являются оксикислоты. Содержание в молочном жире предшественников лак-

тонов (оксикислот) зависит от условий кормления, стадии лактации животных и, как правило, повышается зимой и весной.

Свежевыдоенное молоко практически лактонов не содержит, они образуются при нагревании из  $\delta$ - и  $\gamma$ -оксикислот, освобождающихся из триглицеридов молочного жира.

Лактоны участвуют в образовании специфического привкуса пастеризации сладкосливочного масла, особенно  $\delta$ -лактоны с четным числом атомов углерода ( $C_6$ – $C_{14}$ ), обладающие приятными запахами – персиковым и другими, являющимися основными ароматоносителями.

Общее количество лактонов в масле зависит от химического состава молочного жира, режимов тепловой обработки, кислотности плазмы масла.

Во время хранения изменяется первоначальное соотношение между отдельными соединениями лактоновой фракции и свободных жирных кислот, что влияет на вкус и запах масла.

Во время хранения в течение 12 месяцев при температуре минус  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$  общее количество лактонов в масле увеличивается за счет лактонов с более длинной цепью углерода. Фракция лактонов, особенно важных для вкуса масла  $C_8$ – $C_{14}$ , удельный вес которых в общей сумме лактонов небольшой (8–10 мг/100г жира при общем количестве 40–96 мг/100г жира), при хранении как сладкосливочного, так и кислосливочного масла уменьшается и соответственно ухудшаются вкус и запах масла.

**Изменение микрофлоры.** В сливочном масле естественная и посторонняя микрофлора развивается в плазме. Плазма является благоприятной средой для развития микрофлоры. В плазме содержатся белки, углеводы, минеральные вещества, фосфолипиды, витамины, необходимые для развития микрофлоры.

Скорость развития микрофлоры, особенно в сладкосливочном масле, зависит от количества и дисперсности плазмы в монолите масла, способа и условий фасования, температуры и других факторов.

Развитие бактерий в масле возможно практически лишь в каплях плазмы размером более 10 мкм. В монолите масла плазма распределена в виде капель размером от 1 до 100 мкм. В каплях мелких размеров и в капиллярах плазмы бактерии практически не размножаются из-за недостатка пространства для их развития. Длина бактериальной клетки колеблется от 1 до 5 мкм, ширина – от 0,5 до 1,0 мкм.

Во время хранения посторонняя микрофлора в основном вымирает и в масле соответственно более выражены ферментативные процессы, связанные с развитием естественной микрофлоры.

Вымирание посторонней микрофлоры способствует повышению качества масла. Наличие в масле даже очень малого количества посторонней микрофлоры оказывает отрицательное влияние на содержание вкусовых и ароматических веществ. Концентрация диацетила резко уменьшается в масле при наличии в нем гнилостных бактерий и бактерий группы кишечных палочек.

*Изменение микрофлоры в сладкосливочном масле.* В сладкосливочном масле микрофлора состоит из остаточной микрофлоры сливок после пастеризации и попадающей в масло в процессе повторного обсеменения. Это в основном бактерии группы кишечных палочек, споровые протеолитические бактерии, дрожжи, плесени, психротрофные бактерии из рода *Pseudomonas* (Х. Деметер, 1960).

В свежем сладкосливочном масле общее количество бактерий может резко колебаться от нескольких тысяч до одного миллиона в одном грамме.

Во время хранения масла при плюсовой температуре стимулируется развитие микробиологических и ферментативных процессов в плазме. В результате жизнедеятельности микрококков, гнилостных бактерий, дрожжей и плесеней образуются протеиназы (протеазы), расщепляющие белки и продукты их распада, разрывая пептидные цепи. В итоге образуются пептоны, полипептиды, аминокислоты, ухудшающие вкус масла.

По данным ВНИИМС, в сладкосливочном масле, хранившемся при плюсовой температуре (15 °С), количество бактерий через 5 суток достигает десятков миллионов в 1 г, а затем уменьшается.

Во время хранения при температуре 5 °С увеличивается в основном количество микрококков, спорных и бесспорных палочек, дрожжей и др. Развиваются они при этом замедленно. Их максимальное количество в масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок и сбивания сливок, обычно не превышает несколько десятков тысяч и 10 млн в 1 г масла.

При хранении масла при температуре минус 11 °С развитие бактерий в нем прекращается, замедляются химические процессы. Поэтому рекомендуется сладкосливочное масло после выработки

немедленно помещать в холодильные камеры с минусовой температурой, при которой замерзает плазма.

В сладкосливочном масле, охлажденном немедленно после выработки до минусовой температуры, количество бактерий при хранении не повышается; в масле той же выработки, но охлажденном после трех суток при температуре 6–8 °С, количество бактерий по сравнению с первоначальным повышается в несколько сотен раз.

В сладкосливочном масле во время хранения при температуре плюс 3–5 °С и минус 5–8 °С микробиологические процессы протекают практически одинаково. В бутербродном масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок, во время хранения общее количество бактерий повышается. При этом более интенсивно при температуре плюс 5–8 °С, чем при температуре минус 3–5 °С.

Во время хранения при температуре минус 18 °С в сладкосливочном, любительском и крестьянском масле не было обнаружено существенного влияния различного содержания плазмы на микробиологические процессы, качество и стойкость масла.

Общее количество бактерий в среднем (протеолитических, дрожжей и плесеней) через 12 месяцев хранения при температуре минус 18 °С составляет от первоначального содержания: в сладкосливочном масле традиционного состава (82,5 % жира) – 23,7 %; в любительском – 14,3 % и крестьянском – 18,1 %.

Количество протеолитических бактерий в масле в процессе хранения сохраняется примерно на уровне свежего масла с небольшими колебаниями. Рост бактерий группы кишечных палочек не наблюдается в 60 % образцов масла. Во время хранения при минусовой температуре более выражены ферментативные процессы порчи масла.

*Изменение микрофлоры в кисломасляном масле.* В кисломасляном масле микрофлора состоит главным образом из молочнокислых бактерий. По данным Ф.А. Вышемирского, в 1 г свежего масла содержатся десятки или сотни миллионов бактерий. Протеолитических бактерий в 1 г кисломасляного масла высокого качества содержится примерно столько же, как и в сладкосливочном (до 500 клеток). Дрожжи, плесени и бактерии группы кишечных палочек в нем отсутствуют.

Во время хранения кисломасляного масла независимо от метода производства молочнокислые бактерии вымирают при темпера-

туре 15 °С значительно быстрее, чем при 5 °С. При 5 °С в кисломолочном масле медленно развиваются дрожжи, не сбраживающие лактозу, и долго в нем сохраняются.

При хранении кисломолочного масла при плюсовой температуре молочнокислые бактерии задерживают развитие посторонней микрофлоры, что положительно влияет на сохранность качества масла.

*Температура масла при хранении.* Во время хранения исключительно большое значение имеет температура для сохранения вкуса и запаха сливочного масла. От температуры зависит скорость изменения состава и качества вкусовых и ароматических веществ в масле. Снижая температуру масла при хранении, можно затормозить нежелательные изменения вкусовых и ароматических веществ и продлить срок хранения масла.

При минусовой температуре развитие микрофлоры прекращается, ферментативные и химические процессы порчи масла протекают значительно медленнее и становятся решающими в снижении качества масла. С повышением температуры масла при хранении ускоряются окислительные процессы и в меньшей мере – гидролитические; при этом увеличивается количество перекисей.

*Метод производства.* Масло, выработанное различными методами, содержит плазму с различной степенью дисперсности, что существенно влияет на стойкость масла при различных температурах хранения.

Масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок, благодаря высокой дисперсности плазмы более устойчиво сохраняет качество при минусовых температурах (минус 5 °С, минус 18 °С) и плюсовых (до 18 °С), так как в нем замедляется развитие микрофлоры.

Масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок, менее устойчиво к окислению, чем масло, выработанное методом сбивания сливок, особенно с использованием маслоизготовителя периодического действия. Качество масла в основном снижается за счет микробиологических процессов, которые протекают более интенсивно при низкой дисперсности плазмы в масле, выработанном методом сбивания сливок, чем в масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок с более высокой степенью дисперсности плазмы.

По данным Ф.А. Вышемирского и С.В. Василичина, стойкость сладкосливочного масла, выработанного методом сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия, ниже, чем стойкость масла, выработанного в маслоизготовителе периодического действия, так как в нем более интенсивно протекают одновременно как химические, так и микробиологические процессы, чем в масле, выработанном в маслоизготовителе периодического действия.

*Количество плазмы в масле.* По данным ВНИИМС, количество плазмы в масле в пределах 16–25 % (сладкосливочном традиционного состава, любительском, крестьянском) не оказывает заметного влияния на качество свежесвыработанного масла, выработанного различными методами, и на его стойкость при хранении.

*Качество молока.* Для получения масла высокого качества, стойкого при хранении, большое значение имеет качество исходного сырья. При высоком качестве сырья снижается интенсивность липолитических процессов, которые приводят к химической порче масла.

Молоко, предназначенное для переработки на масло, должно соответствовать требованиям действующего ГОСТа. Смешение доброкачественного молока с молоком, содержащим микрофлору с повышенной липолитической активностью, может быть причиной ухудшения качества масла.

Липолитическая активность может быть охарактеризована содержанием свободных жирных кислот в молоке. Рекомендуется контролировать их содержание в молоке по методике, предложенной В.Г. Атраментовой. Молоко с чистым вкусом и запахом содержит свободных жирных кислот в пределах от 0 до 5 мг/%.

Для выработки качественного сливочного масла необходимо, чтобы содержание свободных летучих жирных кислот (СЛЖК) в молоке (уксусной, пропионовой, масляной и капроновой) не превышало 25–30 мг/кг.

Содержание свободных летучих жирных кислот в молоке определяют по методике, предложенной Э.К. Гринене.

При выработке масла методом сбивания сливок в маслоизготовителе непрерывного действия рекомендуется тщательно сортировать молоко по содержанию СЛЖК, чтобы не допустить избыточного содержания свободных летучих жирных кислот, которые накаплива-

ются за счет (СЛЖК), образующихся во время сбивания сливок при интенсивном механическом воздействии.

Не рекомендуется вырабатывать кисломолочное масло из молока, содержащего повышенное количество свободных летучих жирных кислот более 50–90 мг/кг, особенно масляной, капроновой и каприловой.

В целях повышения качества масла необходимо избегать длительного хранения молока с момента выдаивания до его переработки.

Возможен вариант замораживания летних сливок. Рекомендуется быстрый способ замораживания в полиэтиленовых пакетах. Лучший способ – замораживание в пластинчатых и вальцовых морозильных аппаратах. Возможны и другие способы замораживания.

Восстанавливают эмульсию путем размягчения сливок струей молока, в которой они быстро оттаивают. Масло, выработанное из смеси замороженных летних сливок (20–40 %), имеет несколько лучшие, чем масло, выработанное из зимних сливок, товарные качества, более низкую твердость и выше питательную ценность продукта за счет увеличения содержания полиненасыщенных жирных кислот и обогащения витаминами А и Д.

*Содержание газовой фазы в масле.* В сливочном масле газовая фаза содержится в широких пределах от 0,5 до 10–12 мл/100 г. Содержание газовой фазы в масле зависит от метода производства и режима выработки.

В масле, выработанном методом сбивания сливок в маслоизготовителе периодического действия, газовой фазы содержится до 3,5 мл, а в масле, выработанном в маслоизготовителе непрерывного действия, – от 4,0 до 8,0 мл/100 г. В масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок, – от 0,3 до 0,8 мл/100 г.

В масле, выработанном из сливок, пастеризованных при температуре 85, 90 и 95 °С, содержится газовой фазы соответственно 2,47; 3,10 и 3,43 %. Газовая фаза масла отличается от состава воздуха более высоким содержанием углекислоты (2,7 %).

Газовая фаза в сливочном масле находится в виде пузырьков (70–80 %), часть газовой фазы (20 %) растворена в жидком жире и плазме.

Содержание газовой фазы в масле зависит от условий производства и снижается в результате частичного его удаления при пасте-

ризации и дезодорации сливок, а также увеличивается при механической обработке масла.

На качество и стойкость масла большое влияние оказывает молекулярный кислород, содержащийся в пузырьках воздуха, расположенных в плазме. Сфера действия молекулярного кислорода ограничена поверхностью контакта на границе раздела фаз жир–плазма.

Масло с высоким содержанием свободной газовой фазы является благоприятной средой для развития плесени, а также аэробных микроорганизмов. Повышенное содержание газовой фазы в масле может быть причиной снижения стойкости масла вследствие интенсификации процесса окисления жира.

Для стойкости масла большое значение имеет качественный состав газовой фазы – содержание кислорода.

Во время хранения масла кислород расходуется на окисление молочного жира. С увеличением интенсивности окислительных процессов соответственно уменьшается количество кислорода, увеличивается количество углекислоты и в масле накапливаются продукты окисления. При этом появляются пороки вкуса и запаха масла.

Стойкость масла можно значительно повысить, если сбивать сливки в атмосфере углекислого газа. Лучше сохраняется масло в атмосфере азота. Высокой стойкостью характеризуется масло, полученное в вакуум-маслообразователях и укупоренное под вакуумом в герметическую тару.

*Химический состав молочного жира.* Установлено, что не следует рассматривать жирнокислотный состав изолированно от других составных частей масла, влияющих на устойчивость молочного жира к окислению.

На стойкость масла наибольшее влияние оказывает наличие ненасыщенных, особенно полиненасыщенных, жирных кислот, которые при неблагоприятных условиях хранения в первую очередь подвергаются окислению.

*Сезон года.* Более стойким является сливочное масло, выработанное в пастбищный период, несмотря на то, что в летнем масле содержится больше полиненасыщенных жирных кислот, в частности линолевой, линоленовой, арахидоновой, менее стойких к окислению. Более высокая стойкость летнего масла по сравнению с зимним обуславливается наличием в нем естественных антиокислителей (витами-



на Е (токоферола)  $\beta$ -каротина, SH-групп) в большом количестве. Поэтому допускается, что содержащиеся в жире антиокислители оказывают большее влияние на его стойкость, чем жирнокислотный состав молочного жира, как фактор устойчивости в отношении окисления липидов.

Ухудшение качества сладкосливочного масла, выработанного в зимний и весенне-летний периоды года, связано с повышением содержания в нем свободных летучих жирных кислот: масляной, каприловой, валериановой, капроновой и незначительным или полным отсутствием сложных эфиров. В стойловый период окислительные и гидролитические процессы протекают интенсивнее.

**Влияние технологических процессов.** Пастеризация сливок предназначена для повышения качества и стойкости сливочного масла. Снижается стойкость масла при длительном хранении в случае снижения температуры пастеризации ниже 85 °С (инактивация ферментов липазы, каталазы и других наступает при температуре не ниже 85 °С), в таком масле гидролитические процессы расщепления жира протекают более интенсивно.

**Дезодорация сливок.** Вакуум-дезодорация сливок способствует некоторому повышению стойкости масла благодаря понижению газовой фазы в масле и удалению нежелательных пороков в сливках, связанных с плазмой.

**Нормализация высокожирных сливок.** Ф.А. Вышемирским и другими авторами было установлено, что во время нормализации высокожирных сливок пахтой в больших количествах микробиологические процессы протекают более интенсивно, чему способствуют сравнительно крупные капли плазмы в масле (6–10 мкм). Необходимо сепараторы для высокожирных сливок настраивать так, чтобы массовая доля влаги в данных сливках была близка к желаемой. В случае недостающей влаги нормализовать сливками.

**Нормализация масла.** При нормализации масла водой в маслоизготовителях непрерывного действия, особенно в больших количествах, резко снижается степень дисперсности плазмы, и масло становится менее стойким при хранении.

**Внесение наполнителей в масло (какао).** Для долгосрочного холодильного хранения наиболее приемлемо шоколадное масло, которое может храниться без заметного ухудшения качества 6–8 месяцев при температуре минус 10 °С и 15 месяцев – при минус 18 °С.

Добавление какао и сахара маскирует изменения, протекающие в масле во время его хранения. На стойкость шоколадного масла оказывает влияние сезон выработки. Шоколадное масло осенне-зимней выработки менее стойкое, чем масло весенне-летней выработки. Более низкая стойкость масла осенне-зимней выработки связана с высоким содержанием в нем низкомолекулярных жирных кислот (от  $C_6$  до  $C_{12}$ ). Шоколадное масло осенне-зимней выработки характеризуется низким содержанием свободных жирных кислот.

*Механическая обработка масла.* Влияние механической обработки на стойкость масла связано с повышением степени дисперсности плазмы в масле во время обработки. При повышении степени дисперсности плазмы в масле увеличивается его способность к длительному хранению несмотря на то, что увеличение степени дисперсности плазмы может содействовать более интенсивному протеканию гидролитических и окислительных процессов порчи жира в связи с увеличением пограничной поверхности жир–плазма. В то же время увеличение пограничной поверхности создает благоприятные условия для действия естественных антиокислителей. С увеличением степени дисперсности плазмы появляется больше изолированных стерильных капель, а также мельчайших капелек плазмы, в которых микроорганизмы прекращают свою деятельность из-за отсутствия нужного количества питательных веществ и необходимого пространства для размножения. Поэтому при характеристике способности масла к длительному хранению обращают внимание на содержание плазмы в каплях размером до 6 мкм.

При переработке низкокачественных сливок с увеличением капелек плазмы повышается опасность развития пороков химического происхождения, особенно когда в масле содержатся металлы – катализаторы окислительных процессов. При переработке высококачественных сливок, содержащих антиокислители, увеличение поверхности раздела фаз способствует сохранению жира от порчи.

При получении масла с повышенным содержанием плазмы важно создать такие условия механической обработки, которые способствовали бы удержанию поверхностной влаги масляного зерна в желаемом количестве, чтобы можно было избежать необходимости добавления воды в масло или свести до минимума количество добавляемой воды. Добавленная вода хуже поддается диспергированию, чем наружная влага масляного зерна, поэтому в случае

добавления большого количества воды степень дисперсности плазмы резко ухудшается и масло становится менее стойким при хранении.

*Гомогенизация масла.* Для дополнительной механической обработки свежеработанного масла используют гомогенизаторы специальной конструкции или другие аппараты. Гомогенизированное масло отличается более высокой стойкостью, чем не гомогенизированное благодаря более высокой степени дисперсности плазмы.

*Промывка масла.* В промытом масле ухудшается распределение плазмы в монолите масла, снижается степень дисперсности плазмы и уменьшается количество капель плазмы размером до 5 мкм, что снижает стойкость масла.

*Посолка масла.* Соленое масло при низких плюсовых температурах сохраняет свои качества лучше, чем несоленое. При наличии поваренной соли тормозится развитие микрофлоры, особенно посторонней, как более чувствительной к действию соли. Объясняется это понижением статического давления в плазме (5 МПа), вследствие чего наступает плазмолиз бактериальных клеток. В несоленом масле при низких плюсовых температурах хранения раньше возникают и быстрее развиваются, чем в соленом, пороки вкуса бактериального происхождения. При умеренно минусовых температурах (0–10 °С) соленое масло сохраняется в течение некоторого времени лучше, чем сладкосливочное несоленое. При низких минусовых температурах (18–20 °С) соленое сладкосливочное масло сохраняется несколько хуже, чем кислосливочное несоленое с высокой кислотностью плазмы.

Присутствие поваренной соли в масле с высокой кислотностью плазмы (рН ниже 4,8–5,0) ускоряет развитие окислительных процессов. Решающее значение имеет чистота соли. Присутствие в поваренной соли солей меди, железа и других металлов даже в виде следов оказывает влияние на интенсивность окислительных процессов.

*Степень сквашивания сливок.* При высокой кислотности плазмы подавляется развитие гнилостных бактерий, чувствительных к кислой реакции. Поэтому при низких плюсовых температурах хранения кислосливочное масло, по сравнению со сладкосливочным маслом, является более стойким вследствие ограничения микробиологических процессов. Однако при слабой степени сквашивания сли-

вок (ниже 60 °Т) разница в стойкости этих видов масла может оказаться незаметной.

При излишне высокой кислотности плазмы в масле будут развиваться дрожжи и плесени, обладающие высокой кислотоустойчивостью. Поэтому в масле, выработанном из сливок с излишне высокой кислотностью, чаще встречаются и раньше развиваются такие пороки, как рыбный, олеистый привкусы.

Влияние кислотности плазмы на устойчивость масла к окислению связано с воздействием меди как катализатора окислительного процесса. При повышении кислотности плазмы масла происходит увеличение прочности комплексов меди с белками, повышение ее каталитической активности.

Высокая кислотность нежелательна еще и потому, что она подавляет развитие не только гнилостных, но и молочнокислых бактерий, которые способны задерживать окисление жира. При повышении кислотности понижается редуцирующая способность молочнокислых бактерий.

Во время хранения при температуре минус 18 °С до шести месяцев качество масла хорошо сохраняется независимо от кислотности плазмы. Кисломолочное масло с низкой кислотностью (до 35 °Т) почти не отличается от сладкомолочного масла. Диапазон кислотности в пределах 30–40 °Т можно считать пороговым.

Существует мнение, что масло с низким значением рН вообще не следует замораживать при хранении. При плюсовой температуре во время хранения наибольшая стойкость масла с кислотностью плазмы 60 °Т.

Рекомендуется кислотность плазмы в масле 55–65 °Т, предназначенном для быстрой реализации и непродолжительном хранении в течение 3–6 месяцев; 45–46 °Т – в масле, направленном на длительное хранение при температуре минус 10–14 °С.

При выработке масла соленого кислотность плазмы сливок не должна превышать 40 °Т (титруемая кислотность сливок 23–28 °Т).

В последние годы наметилась тенденция вырабатывать масло со слабовыраженным кисломолочным вкусом кислотностью плазмы 26–40 °Т.

*Закваски.* В результате обогащения плазмы закваской масло приобретает более выраженный вкус. Применение закваски, приготовленной на смеси пахты и молока в соотношении 85:15 (способ

длительного сквашивания сливок), способствует получению более стойкого кисломолочного масла с большим содержанием лецитина и фосфолипидов, с относительно повышенным количеством ароматообразующих бактерий. Использование различных рас молочнокислых палочек в заквасках в комбинации с молочнокислыми стрептококками повышает стойкость продукта.

Рекомендуется применять низинообразующие закваски, повышающие стойкость кисломолочного масла. Низин – антибиотик, образующийся в результате жизнедеятельности некоторых штаммов мезофильных молочнокислых стрептококков.

При использовании заквасок с низкой фосфолипазной активностью можно предотвратить появление прогорклого вкуса масла. По данным ВНИИМС, высокая фосфолипазная активность отмечена у штаммов *Leuc. citrovorus*, средняя – у *Str. lactis* и *Str. diacetylactis*, низкая – у *Str. cremoris*.

*Упаковочные материалы.* Для упаковки масла используют пергамент, разрешенные полимерные пленки и другие материалы.

Наибольшие изменения вкусовых и ароматических веществ и соответственно вкуса и запаха имеют место в масле, упакованном в пергамент.

При упаковке масла в алюминиевую кашированную фольгу во время его длительного хранения при температуре минус 12–13 °С тормозятся окислительные процессы как в сладкомолочном, так и в кисломолочном масле, выработанным любым методом, а также в 1,5–2 раза снижается усушка масла в глубине монолита и в 3–5 раз – в поверхностных слоях монолита.

Фольга, кашированная подпергаментом, обладает большими преимуществами, чем фольга, кашированная пергаментом. Лучше сохраняется в течение длительного времени качество кисломолочного и вологодского масла, упакованного в кашированную фольгу (не образуется штафф).

Хорошо сохраняется качество масла, упакованного с использованием таких материалов, как полистирол и других полимеров, а также комбинации пергамента и кашированной фольги с полимерными материалами, стабилизированной полимерной пленкой, разработанной ВНИМИ. В пленке «Повиден» хорошо сохраняются первоначальные свойства масла. Пленку можно использовать для

фасования масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок в потоке массой 0,5–1,0 кг.

*Фасование масла.* В масле, расфасованном из монолитов, хранившемся даже при температуре минус 15–18 °С, более интенсивно протекают окислительные, гидролитические и микробиологические процессы при его дефростации и наблюдается дополнительное обсеменение, что приводит к понижению стойкости фасованного масла во время хранения по сравнению со стойкостью масла, фасованного непосредственно в процессе производства.

При фасовании в фасовочных (упаковочных) машинах возможна коалесценция капель плазмы, особенно при недостаточно интенсивном механическом воздействии на обрабатываемый продукт и сравнительно низкой температуре масла при фасовании, что отрицательно влияет на стойкость масла.

Масло, выработанное методом преобразования высокожирных сливок, следует фасовать на заводе непосредственно в процессе производства и предпочтительно наливом в жесткую тару.

При удлинении выдержки перед фасованием масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок, ухудшаются качество и стойкость мелкофасованного масла. Масло после фасования следует быстро охлаждать и отеплять только перед употреблением. Мелкофасованное масло, выработанное методом сбивания сливок в маслоизготовителях периодического действия, после фасования хорошо сохраняется.

При фасовании масла количество микрофлоры в нем увеличивается вследствие дополнительного обсеменения с оборудования и упаковочных материалов.

*Примеси маститного молока.* В маститном молоке содержатся соматические клетки в количестве 0,7–0,9 млн/см<sup>3</sup> и более 2,0 млн/см<sup>3</sup>. Соматические клетки содержат фермент эндолазу, активизирующий процесс гидролиза лактозы, что может ускорить порчу сливочного масла, выработанного из молока, содержащего соматические клетки.

В масле, выработанном из молока, содержащего соматические клетки, выявлено снижение витамина А и β-каротина.

***Влияние посторонних химических веществ, содержащихся в молоке, на качество и стойкость сливочного масла.*** При наличии посторонних химических веществ изменяются состав и свойства молока, что негативно влияет на качество готовой продукции; кроме

того, нарушаются технологические процессы, снижается степень использования составных частей молока.

Продукт, получаемый из молока, содержащего посторонние химические вещества, может быть вредным для здоровья человека.

*Нитраты.* По данным комплексных исследований (ВНИИМС и др.), непродолжительное (3 месяца) введение лактирующим коровам нитрата (0,74 % в сухом веществе рациона) влечет за собой увеличение нитратов в молоке до 1,12 мг/л и сопровождается уменьшением в молоке кальция и лактозы, снижением доли свободных аминокислот, изменением состава сывороточных белков. При сепарировании молока 90 % содержащихся в нем нитратов отходит с обезжиренным молоком.

Установлено ухудшение способности образования масляного зерна и отделения пахты при сбивании сливок, содержащих нитраты. При выработке сладко- и кисломолочного масла методом сбивания сливок из молока, содержащего нитраты, получается масляное зерно более мелкое, излишне влажное, менее твердое (мягкое). Масляное зерно больше удерживает влаги, которая не удаляется при механической обработке.

В результате изменения свойств масляного зерна масло, получаемое из молока с наличием в нем нитратов, содержит повышенное количество влаги и СОМО, что особенно характерно для кисломолочного масла, выработанного методом сбивания сливок.

По данным ВНИИМС, в таком масле содержится СОМО до 2,57 % при содержании нитратов в молоке 1,12 мг  $\text{NO}_3/\text{л}$  и до 1,87 % при содержании нитратов в молоке 0,13 мг  $\text{NO}_3/\text{л}$ ; для сладкомолочного масла соответственно 1,89 и 1,7 %. Содержание белка в масле сохраняется примерно одинаковое (0,7–0,9 %).

На содержание нитратов в масле оказывает влияние метод производства масла. Масло, выработанное методом сбивания сливок, содержит в среднем 0,48 мг  $\text{NO}_3/\text{кг}$  (в пределах 0,67–0,35 мг/кг), а полученное методом преобразования высокожирных сливок – 0,073 мг  $\text{NO}_3/\text{кг}$  (в пределах 0,10–0,04 мг/кг).

Качество свежеработанного масла из молока с различным содержанием нитратов в молоке (0,13–1,12 мг  $\text{NO}_3/\text{кг}$ ) по вкусу и запаху оценивается одинаково – высшим сортом.

При хранении (температура 0–2 °С) быстрее снижается качество кисломолочного масла, выработанного из молока с содержанием нитратов 1,12 мг  $\text{NO}_3/\text{кг}$ , в результате химической порчи масла.

При хранении масла, содержащего нитраты, имеет место (предположительно) переход содержащихся в нем нитратов (нитрат-ионов) в более токсичную форму – нитриты (нитрит-ионы).

Масло, полученное из молока, содержащего нитраты, не подлежит длительному хранению. Такое масло подвергается более быстрой порче.

В случае вынужденного использования молока, содержащего нитраты, целесообразно при производстве сливочного масла использовать метод преобразования высокожирных сливок и вырабатывать масло с повышенным содержанием жира.

*Антибиотики (пенициллин).* Пенициллин чаще других антибиотиков используют для лечебных и профилактических целей, повышения усвояемости кормов, в качестве стимулятора роста животных. Бывают случаи внесения пенициллина непосредственно в молоко с целью фальсификации его свежести.

При сепарировании молока, содержащего пенициллин, в обезжиренное молоко его переходит до 90 %, в сливки – 10 %. При выработке масла из сливок в него переходит 2–3 % пенициллина, в пахту – 7 %.

Свежевыработанное масло с содержанием пенициллина и без него оценивается одинаково.

Твердость масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок из молока, содержащего пенициллин, при инъекции пенициллина лактирующим коровам в количестве 1 млн ед. (0,6 мкг) каждой несколько выше по сравнению с твердостью масла, полученного из молока, не содержащего пенициллин. Причиной повышенной твердости масла является незавершенность процесса структурообразования в маслообразователе.

Чтобы обеспечить нормальный процесс структурообразования в масле при выработке его из молока, содержащего пенициллин, необходимо снижать производительность маслообразователя.

При выработке масла из молока, содержащего пенициллин, методом сбивания сливок масляное зерно получается более твердым и менее влагоемким, в результате чего затрудняется процесс вработки влаги, масло содержит меньше влаги и СОМО.

При хранении (минус 18 °С) вкус и запах масла, содержащего пенициллин, ухудшается быстрее, чем вкус и запах масла, в котором не содержится пенициллин.



При наличии в исходном молоке пенициллина более чем 0,01 ед./мл, продукты, полученные из него, не пригодны к употреблению.

При выработке сливочного масла из молока, содержащего пенициллин, требуется корректировка ассортимента и технологического процесса, сроков годности масла. Целесообразно вырабатывать сливочное масло с повышенным содержанием жира (топленое масло).

Обезжиренное молоко и пахту целесообразно использовать для выработки технического казеина, а полученную сыворотку – для выработки сахара-сырца с последующей его очисткой (рафинированием).

*Остатки моющих средств.* В молоке и сливках возможно наличие остатков моющих средств сульфаминовой кислоты в дозах от 0,075 до 0,25 % и кальцинированной соды – от 0,01 до 1,0 %.

Сода адсорбируется на поверхности жировых шариков; при этом разрушается их защитная оболочка, капельки жидкого жира коалесцируют. Увеличивается количество деэмульгированного жира.

Состав и качество сливочного масла, выработанного из молока с остатками моющих растворов – сульфаминовой кислоты (0,05 %) и кальцинированной соды (0,01 %) – методом сбивания сливок, существенного отличия не имеют.

Установлено, что при наличии остатков моющих средств (кислотного и щелочного действия) значительно снижается стойкость сливочного масла, ухудшается его качество.

По данным ВНИИМС, во время хранения качество масла, выработанного из молока, содержащего остатки раствора кальцинированной соды (0,01 %), снижается более интенсивно, чем качество масла, полученного из молока, содержащего остатки раствора сульфаминовой кислоты (0,05 %). Преобладающими пороками вкуса являются щелочной и нечистый.

Понижается витаминная ценность сливочного масла, выработанного из молока с остатками моющих средств.

По данным ВНИИМС, уже в свежесвыработанном масле с остатками моющих средств содержится витамина А на 7–8 % меньше, чем в масле, не содержащем остатков моющих средств. Во время хранения в течение 5 месяцев при температуре около 0 °С в масле, не содержащем остатков моющих средств, количество витамина А уменьшается на 15 % и β-каротин на 11 %; в масле, содержащем

остатки кальцинированной соды, соответственно 17 и 12 %; в масле, содержащем остатки сульфаминовой кислоты, – 21 и 15 %.

Причиной снижения содержания витамина А и β-каротина являются окислительные процессы в молочном жире.

Заметно снижается стойкость масла, выработанного из сливок, содержащих остатки моющих средств, в основном в результате интенсификации биохимических процессов – накопления свободных жирных кислот.

Остатки моющих средств влияют на развитие микрофлоры масла, во время хранения. В свежеработанном масле с остатками моющих средств и без них микроорганизмов содержится примерно одинаковое количество ( $2 \cdot 10^4$  –  $2,6 \cdot 10^4$  К.О.Е/см<sup>3</sup>).

В масле с остатками кальцинированной соды в первые 30 суток хранения микрофлора развивается более интенсивно. Количество бактерий составляет  $40 \cdot 10^4$  К.О.Е/см<sup>3</sup>. При дальнейшем хранении рост микрофлоры в масле замедляется. К 90 суткам хранения количество бактерий уменьшается до  $5 \cdot 10^4$  К.О.Е/см<sup>3</sup>.

В масле с остатками сульфаминовой кислоты интенсивно нарастает микрофлора в первые 30 суток хранения. При последующем хранении развитие микрофлоры замедляется. К 90 суткам хранения отмечается интенсивное вымирание микроорганизмов.

В масле с остатками моющих средств к концу хранения наблюдается рост споровых аэробных микроорганизмов и плесневых грибов. Бактерии группы кишечных палочек не обнаружены.

**Содержание металлов в масле.** В масле, содержащем металлы, снижается устойчивость продукта к окислительной порче. Металлы являются сильными катализаторами окислительных реакций. Каталитическое действие металлов усиливают хлорид натрия, молочная кислота, диацетил.

Действие катализаторов сводится к активации кислорода и образованию гидроперекисей, которые усиливают процесс окисления. При ускорении окислительных реакций качество масла быстро снижается. Для сливочного масла наиболее активным катализатором признана медь.

Металлы – катализаторы окисления – располагаются по степени снижения активности в следующем порядке: медь, железо, кобальт, никель, марганец. Железо в ионной форме более активно. Активность меди в два с лишним раза выше железа.

Однако в сливочном масле железо немедленно связывается с белками. Также имеет значение общее содержание меди. Катализирующее влияние меди зависит от рН плазмы. При рН 3,8–3,9 наблюдается максимум действия меди, при рН 6,8–4,6 внесенная в масло в процессе производства медь находится в ионном состоянии и не оказывает катализирующего влияния на окисление. Поэтому при одинаковом содержании меди кисломолочное масло гораздо быстрее подвергается порче, чем сладкомолочное.

Содержание металлов в масле зависит от географической зоны производства масла, вида вырабатываемого масла, метода производства. Наибольшее количество меди содержится в соленом сладкомолочном масле, которое загрязняется при посолке и может достигнуть 3,0 мг/кг.

Предельное содержание меди в сливочном масле, по данным зарубежных авторов, составляет 0,1 мг/кг.

Низкая устойчивость масла к окислению отмечена лишь при содержании меди свыше 1,5–2 мг/кг. Масло с содержанием меди свыше 2 мг/кг не выдерживает годичного хранения при минус 18 °С. Содержание меди более 2 мг/кг приводит к быстрому снижению качества масла. При содержании в сливочном масле меди 0,4 мг/кг в нем уже через 3 месяца хранения при минус 18 °С появляется выраженный рыбный вкус, а в масле с наличием железа 1,15 мг/кг появляется салостый привкус.

По каталитической активности по отношению к витаминам микроэлементы можно распределить следующим образом: на первом месте – медь для малых концентраций; для больших – железо, медь, хром. Разрушение витаминов под действием микроэлементов более интенсивно протекает в жидкой фракции жира, чем в твердой.

Процессы окисления липидов, витамина А, каротина и накопление продуктов их распада ускоряются с увеличением концентрации металлов переменной валентности и повышением температуры масла при хранении.

**Внесение антиокислителей в масло.** Процесс окисления молочного жира замедляется при наличии в масле естественных антиокислителей и при внесении в масло синтетических антиокислителей.

Естественными антиокислителями для молочного жира являются сульфгидрильные соединения, содержащие SH–группу, витамин Е (токоферол), β-каротин, витамин С (аскорбиновая кислота),

фосфолипиды (лецитин и кефалин), некоторые аминокислоты и др. Наиболее активными антиоксидантами являются токоферолы.

Рекомендуется в качестве антиоксидантов масла использовать аминокислоты цистин и лизин (в концентрации 0,15–0,20 %), а также их композиции с бутилокситолуолом. Первоначальная оценка крестьянского масла, содержащего 0,20 % лизина, сохраняется при минус 18 °С в течение двух лет. При введении аминокислот можно снизить температуру годичного хранения крестьянского масла до минус 10 °С вместо минус 18 °С.

Выявлен двойственный характер каротина при окислительной порче масла. В присутствии антиоксидантов (витамина Е и частично витамина А) каротин выступает в роли слабого антиоксиданта, связывая часть молекулярного кислорода, и потери его незначительны.

Каротин подвергается более интенсивным самоокислительным процессам и способствует разложению высоконенасыщенных жирных кислот вследствие передачи им накопившейся энергии своего окисления.

Наибольшей стойкостью обладает жир, содержащий больше токоферолов (витамина Е, А и β-каротина)

При добавлении к молочному жиру 1,12 % β-каротина снижается скорость образования перекисей на первой стадии самоокисления жира.

Активизированные SH-группы понижают окислительно-восстановительный потенциал и связывают ионы меди и железа, тем самым являясь антиоксидантами, в то же время они разрушают диацетил.

Значительными антиокислительными свойствами обладает плазма масла, выработанного из сливок высокого качества. Эти свойства наиболее отчетливо проявляются при высокой степени дисперсности плазмы.

Синтетические антиоксиданты в основном являются производными фенола, это эфиры галловой кислоты (пропилгаллат, додецилгаллат, лаурингаллат), бутилокситолуол (торговое название – ионол), нонгидроаритовая кислота. Аналогом ионола является топарол, выпускаемый промышленностью.

Сущность действия природных и синтетических антиоксидантов (антиоксидантов) заключается во взаимодействии со свободными

радикалами, ведущими цепи окисления, в результате чего цепь реакции окисления разрывается и на некоторый период времени задерживается процесс самоокисления. Сам антиокислитель при этом окисляется до неактивных перекисей, не способных продолжить цепь окислительных процессов.

Эффективность действия антиокислителей выражается индукционным периодом; чем он длиннее, тем эффективнее действие антиокислителя.

Эффективность действия антиокислителя существенно зависит от качества исходного сырья. Поэтому целесообразно использовать синтетические антиокислители с целью увеличения сроков хранения масла только в случае использования сырья высокого качества. Антиокислители должны хорошо растворяться в жире, не придавая посторонних привкусов, запаха, цвета и быть не токсичными.

Эффективность действия антиокислителей усиливается под действием соединений, называемых синергистами, обладающих незначительными тормозящими свойствами, но могущих усилить действие истинных антиокислителей. Их синергетическое действие заключается в восстановлении окисленных форм антиоксидантов или в связывании ионов тяжелых металлов в неактивные комплексы. К таким соединениям относятся органические и неорганические кислоты (лимонная, аскорбиновая, фосфорная и др.), их эфиры и фосфолипиды (лецитин, кефалин).

Фосфолипиды способны выполнять роль антиокислителей и синергистов. Фосфолипиды связывают перекиси, образующиеся при окислении жира, и тем самым повышают его стойкость.

Представляет интерес введение в масло комплекса витаминов С + Р. Данный комплекс обладает не только антиокислительными свойствами, но и антибиологической активностью. Рекомендуются добавлять антиокислители в масло в сочетании с аскорбиновой кислотой, которая повышает эффективность действия антиокислителя. Наилучшими сочетаниями являются додецилгаллат в количестве 0,01 % с аскорбиновой кислотой – 0,1 % и додецилгаллат – 0,05 % с пропилгаллатом – 0,01 %.

Стойкость сливочного масла повышается также при использовании комплекса витаминов С – 0,04 %; Р – 0,66 %; В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub> – 0,0001 %. При этом снижается величина окислительно-восстанови-

тельного потенциала, замедляются гидролиз молочного жира и образование перекисей.

Окислительные процессы в молочном жире тормозятся при использовании смеси ферментов гликооксидазы и каталазы из расчета 250 ед. на 1 кг масла. Сущность их действия заключается в удалении из среды глюкооксидазного кислорода при окислении глюкозы до глюконовой кислоты и дальнейшего разложения каталазой образовавшейся перекиси водорода.

Обработка указанной смесью пергамента угнетает развитие плесени на поверхности монолита масла при его хранении в условиях повышенной влажности воздуха. Для этих целей используют также сорбиновую кислоту – 0,01 % к массе продукта.

Использование антиокислителей в сливочном и топленом масле регламентируется законодательством.

### 2.9.3. Прогнозирование ожидаемой стойкости сливочного масла

Прогнозирование стойкости свежесыродящего масла при длительном холодильном хранении имеет весьма актуальное значение. Возможны два способа прогнозирования стойкости.

При первом способе предусматривается использование комплекса показателей, определяемых аналитическими методами и характеризующих отдельные его свойства, и данных органолептической оценки в свежесыродящем масле.

При втором способе по избранным показателям после непродолжительной выдержки масла при плюсовой температуре используют так называемый способ ускоренного прогнозирования стойкости свежесыродящего масла.

Способ ускоренного прогнозирования стойкости свежесыродящего масла основан на ускорении процессов биохимической и микробиологической порчи образцов сливочного масла. С целью ускорения применяют выдержку свежесыродящего масла при умеренных плюсовых температурах: 10–12 °С (ФРГ), 13 °С (Дания), 22 °С (Швеция).

Во время выдержки в масле протекают те же процессы, что и во время длительного холодильного хранения. При ускоренном прогнозировании учитывают такие показатели, как перекисное число,

степень окисленности масла по пробе с 2-тиобарбитуровой кислотой и кислотностью плазмы. Выделено три группы образцов масла по степени стойкости: 1) стойкое; 2) средней стойкости; 3) нестойкое масло (табл. 2.2).

Таблица 2.2

**Показатели стойкости в зависимости от группы образцов масла**

Показатель	Стойкое	Средней стойкости	Нестойкое
Органолептическая оценка свежего масла, баллы	42 и более	42 и более	42 и более
Дисперсность влаги в монолите масла, класс	1	I–II	II
Кислотность плазмы сладкосливочного масла, °Т	До 19	19–22	Более 22
Кислотность плазмы кислосливочного масла, °Т	До 35	35–40	Более 40

Для прогнозирования стойкости масла, выработанного методом сбивания сливок, можно использовать индикаторный метод определения дисперсности плазмы в масле с помощью индикаторной бумаги, пропитанной раствором бромфенола синего. Отсутствие следов капель плазмы на поверхности индикаторной бумаги является достаточно надежным показателем высокой степени дисперсности плазмы и равномерного ее распределения в монолите, что необходимо для обеспечения стойкости масла при хранении.

## **2.10. Производство отдельных видов масла**

### **2.10.1. Масло сладкосливочное**

Сладкосливочное масло вырабатывают несоленое и соленое с массовой долей влаги не более 16 %, любительское – с массовой долей влаги 20 %, крестьянское – с массовой долей влаги 25 %, бутербродное несоленое – с массовой долей влаги 35 %. Вырабатывают сладкосливочное масло из свежих пастеризованных сливок ме-

тодом преобразования высокожирных сливок, а также методом сбивания сливок на маслоизготовителях непрерывного и периодического действия. За исключением бутербродного масла, которое не вырабатывают на маслоизготовителях периодического действия.

Вкус сладкосливочного масла – чистый, без посторонних привкусов и запахов, характерный для сливочного масла с привкусом пастеризованных сливок; с умеренно соленым вкусом – для соленого масла. Для бутербродного масла допускается недостаточно чистый, недостаточно выраженный вкус и аромат, слабокормовой привкус.

Консистенция – однородная, пластичная, плотная, поверхность масла на разрезе слабоблестящая и сухая на вид или с наличием одиночных мельчайших капелек влаги. Для бутербродного масла допускается незначительная крошливость или рыхлость.

Цвет – от белого до светло-желтого.

Химический состав масла приведен в табл. 2.3.

Таблица 2.3

**Химический состав масла**

Наименование сладкосливочного масла	Массовая доля, %			
	жира, не менее	влаги, не более	СОМО	поваренной соли, не более
Сладкосливочное:				
несоленое	82,5	16,0	1,5	–
соленое	81,5	16,0	1,5	1,0
Любительское:				
несоленое	78,0	20,0	2,0	–
соленое	77,0	20,0	2,0	1,0
Крестьянское:				
несоленое	72,5	25,0	2,5	–
соленое	71,5	25,0	2,5	1,0
Бутербродное несоленое	61,5	35,0	3,5	–



Производство масла с повышенным содержанием плазмы основано на концентрировании жировых шариков молока до содержания жира в эмульсии не менее 61,5–64,5 %, при котором можно получить устойчивую структурированную систему без внесения дополнительных стабилизаторов.

Температуру пастеризации сливок устанавливают с учетом их качества (кислотности, наличия посторонних привкусов и запахов). При выработке сладкосливочного масла сливки 1-го сорта в весенне-летний период года пастеризуют при температуре 85–90 °С и в осенне-зимний период года – 92–95 °С. В целях улучшения качества масла независимо от метода производства повышают температуру сливок во время пастеризации при хорошей устойчивости белков к коагуляции.

При переработке сливок со слабо выраженными посторонними привкусами и запахами в зависимости от вида вырабатываемого масла и периода года температуру пастеризации устанавливают в соответствии с табл. 2.4.

Таблица 2.4

**Температура пастеризации в зависимости от вида вырабатываемого масла и периода года**

Период года	Массовая доля влаги, %	Температура пастеризации сливок, °С
Осенне-зимний	16,0	103–108
	20,0	105–110
	25,0	105–115
	35,0	105–115
Весенне-летний	16,0	100–103
	20,0	103–105
	25,0	103–108
	35,0	103–108

При переработке сливок с плохой устойчивостью белков к коагуляции температуру пастеризации сливок поддерживают в пределах 92–95 °С, а затем их дезодорируют при разрежении в дезодораторе 0,02–0,04 МПа в осенне-зимний и 0,01–0,03 МПа в весенне-летний периоды года.

При дезодорации сливок с водяным паром частично уносятся летучие вещества, участвующие в формировании вкуса и запаха масла, что может привести к выработке масла с невыраженным или даже «пустым» вкусом. Поэтому сначала сливки нагревают в первой секции пастеризатора до 75–80 °С, затем их подают в дезодорационную установку, где обрабатывают при разрежении 0,04–0,06 МПа. Затем сливки направляют во вторую секцию пастеризатора, где их нагревают до 95 °С. Такая обработка способствует удалению веществ, снижающих качество масла, и стимулирует образование привкуса пастеризации.

### 2.10.2. Сладкосливочное масло (массовая доля влаги 16, 20, 25, 35 %), выработанное методом сбивания сливок

При выработке сладкосливочного масла методом сбивания сливок пастеризованные сливки охлаждают и подвергают физическому созреванию. Режимы физического созревания устанавливают в соответствии с видом вырабатываемого масла и периодом года (табл. 2.5).

Во время физического созревания температуру сливок повышают, если необходимо получить масло с повышенной массовой долей влаги.

Таблица 2.5

#### Режимы физического созревания

Массовая доля влаги в масле, %	Период года			
	весенне–летний (йодное число 39–45)		осенне–зимний (йодное число 24–39)	
	Температура, °С	Продолжительность выдержки, ч, не менее	Температура, °С	Продолжительность выдержки, ч не менее
16	4–6	5	5–7	7
20	5–9	7	6–10	8
25	6–10	8	7–11	10
35	6–12	8	8–14	10

При повышении температуры сливок во время физического созревания увеличивается способность получаемого при сбивании сливок масляного зерна удерживать влагу во время механической обработки.

Допускается оставлять сливки при температуре физического созревания до следующего утра, но не более 15–17 ч.

При использовании дифференцированных по периодам года режимов созревания сливок:

а) в весенне-летний период года при повышенном содержании низкоплавких глицеридов сливки охлаждают до 13–15 °С и выдерживают при этой температуре не менее 3 ч для кристаллизации высокоплавких и среднеплавких групп глицеридов. Затем при перемешивании сливки охлаждают до 4–6 °С, обуславливая этим массовую кристаллизацию низкоплавких групп глицеридов в виде мелких кристаллов жира. При этой температуре сливки выдерживают (не менее 3 ч) с периодическим перемешиванием их по 3–5 мин через каждые 1,0–1,5 часа. После этого сливки подогревают водой (температура воды не выше 27 °С) до температуры сбивания;

б) в осенне–зимний период года пастеризованные горячие сливки сразу охлаждают до 5–7 °С, выдерживают 2–3 ч (перемешивая 2–3 раза по 3–5 мин), обуславливая этим кристаллизацию и отвердевание до 40 % средне- и низкоплавких глицеридов. После выдержки сливки медленно (в течение 40–60 мин) подогревают до 13–15 °С водой (температура не выше 27 °С) с перемешиванием 2–3 раза по 3–5 минут и выдерживают не менее 3 ч с перемешиванием через каждые 1,0–1,5 ч. Такая обработка обуславливает отвердевание средне- и высокоплавких групп глицеридов в виде крупных кристаллов жира. По окончании выдержки сливки сразу охлаждают до температуры сбивания.

При выработке масла с массовой долей влаги 25 и 35 % допускается применение «мягкого» двухступенчатого режима подготовки сливок к сбиванию, предусматривающего на первой ступени быстрое охлаждение их в потоке до 7–9 °С с выдержкой в резервуаре при этой температуре в течение 2–3 ч, медленный подогрев до 10–12 °С (с перемешиванием) и последующей выдержкой 15–17 ч. Перед сбиванием сливки не подогреваются.

Примерные режимы сбивания сливок при выработке масла с различной массовой долей влаги приведены в табл. 2.6.

**Режимы сбивания сливок**

Температура сбивания сливок, °С		
Массовая доля влаги в масле, %	Весенне-летний период года	Осенне-летний период года
16,0	7–12	8–13
20,0	8–13	9–14
25,0	9–14	10–15
35,0	11–15	12–16

Сливки с повышенной массовой долей жира и недостаточно созревшие сбивают при более низкой температуре. При переработке сливок с пониженной массовой долей жира и длительное время созревавших при сравнительно пониженной температуре, наоборот, температуру сбивания несколько повышают.

Сбивание сливок регулируют так, чтобы получить масляное зерно с требуемыми свойствами. Прирост температуры сливок при сбивании не должен превышать 3–4 °С. При повышении температуры сбивания выше указанной в рубашку маслоизготовителя непрерывного действия подают холодную воду или орошают ею поверхность маслоизготовителя периодического действия.

При нормальном процессе сбивания зерно должно быть достаточно упругим, а пахта легко отделяться от зерна.

Механическую обработку масляного зерна, режимы механической обработки в маслоизготовителях непрерывного и периодического действия и гомогенизация масла см. выше в разделе «Механическая обработка сливочного масла».

### 2.10.3. Сладкосливочное масло (массовая доля влаги 16, 20, 25, 35 %), выработанное методом преобразования высокожирных сливок

Пастеризованные сливки сепарируют в сепараторах ОСД-500, ОСМ-6, Г9-ОСК. Сепараторы ОСД-500 имеют ограниченные возможности для регулирования содержания влаги в высокожирных сливках. Они рассчитаны на получение высокожирных сливок с мас-

совой долей влаги до 20–21 %. Получаемые высокожирные сливки с массовой долей влаги до 20–21 % используют для производства сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 % и любительского. При выработке крестьянского и бутербродного масла для получения высокожирных сливок с желаемой массовой долей влаги (свыше 21 %) используют модернизированные сепараторы ОСД-500, ОСМ-5.

Модернизация сводится к внесению конструктивных изменений в барабан сепаратора. Сепараторы укомплектовывают поплавком конструкции ВНИИМСа с регулирующим устройством и питательной трубкой с внутренним диаметром 28 мм (вместо 22 мм), предложенной В.А. Мелешиним. С помощью поплавка стабилизируется поступление сливок в барабан сепаратора, исключается подсос воздуха.

В целях повышения массовой доли влаги в масле увеличивают количество сливок, поступающих в барабан сепаратора, снижают массовую долю жира в исходных сливках и температуру сепарируемых сливок. Так, при производстве бутербродного масла с использованием сепаратора Г9-ОСК массовую долю жира в исходных сливках снижают до 30 %, температуру сепарируемых сливок – до 62–67 °С, увеличивают давление пахты в линии выхода до 0,25–0,35 МПа. Но здесь следует иметь в виду, что с понижением температуры сепарируемых сливок на 5–10 °С снижается содержание СОМО в высокожирных сливках, а следовательно, в масле на 0,1–0,15 %.

Нормализацию высокожирных сливок проводят так же, как было описано выше в разделе «Нормализация высокожирных сливок». При получении бутербродного масла с массовой долей СОМО ниже нормативной (3,5 %) для нормализации высокожирных сливок используют пахту с повышенным содержанием сухих веществ молока.

В целях повышения содержания сухих веществ в пахту вносят при температуре 30–35 °С 200 г сухого обезжиренного молока на каждые 10 кг свежей пахты. Сухое обезжиренное молоко предварительно растворяют в 1/5 части пахты, процеживают через марлю, смешивают с остальной пахтой и пастеризуют при температуре 80–86 °С.

При производстве бутербродного масла высокожирные сливки подкрашивают путем внесения масляного раствора каротина микробиологического (провитамина А). Раствор каротина вносят в количестве 0,08–0,1 % от массы нормализованных высокожирных сливок.

Рекомендуемые технологической инструкцией ориентировочные режимы работы маслообразователей разных моделей при выработке сладкосливочного соленого и несоленого масла с различной массовой долей влаги приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

**Режимы работы маслообразователей**

Массовая доля влаги в масле, %	Производительность аппарата, кг / ч	Температура, °С			Число оборотов вала, об/мин		Давление ВЖС на входе в аппарат, кг/см <sup>2</sup>
		ВЖС после охладителя	масла на выходе из аппарата	рассола на входе	охлаждителя	обработника	
<b>Трехцилиндровый маслообразователь Т1–ОМ–2Т</b>							
Для весенне-летнего периода года (йодное число 39 и выше)							
16	600–750	–	16–17	–2 ÷ –5	150	–	1,2–2,0
20	500–600	–	13–15	–2 ÷ –5	150	–	До 2,2
25	400–520	–	13–14	–3 ÷ –5	150	–	1,5–1,5
35	360–400	–	12–14	–5 ÷ –7	150	–	1,5–2,0
Для осенне-зимнего периода года (йодное число ниже 39)							
16	500–550	–	13–15	–2 ÷ –3	150	–	1,2–2,0
20	500–600	–	13–15	–2 ÷ –3	150	–	До 2,0
25	320–420	–	12–13	–3 ÷ –5	150	–	До 2,0
35	300–350	–	11–12	–5 ÷ –7	150	–	1,5–2,0
<b>Трехцилиндровый маслообразователь Я7–ОМ–3Т</b>							
Для весенне-летнего периода года (йодное число 39 и выше)							
16	800–850	–	14–15	–5 ÷ –7	180	–	1,8–2,2
20	700–750	–	14–15	–5 ÷ –7	180	–	1,8–2,1
25	650–700	–	14–15	–2 ÷ –5	180	–	1,6–2,0
35	550–600	–	14–16	–2 ÷ –5	180	–	1,6–2,0
Для осенне-зимнего периода года (йодное число ниже 39)							
16	750–800	–	14–16	–3 ÷ –5	180	–	1,8–2,1
20	650–700	–	14–16	–3 ÷ –5	180	–	1,7–2,0
25	600–650	–	15–16	–2 ÷ –3	180	–	1,5–2,0
35	500–550	–	15–16	0 ÷ –2	180	–	1,5–2,0

Массовая доля влаги в масле, %	Производительность аппарата, кг / ч	Температура, °С			Число оборотов вала, об/мин		Давление ВЖС на входе в аппарат, кг/см <sup>2</sup>
		ВЖС после охладителя	масла на выходе из аппарата	рассола на входе	охлаждителя	обработчика	
<b>Пластинчатый маслообразователь РЗ–ОУА–1000</b>							
Для весенне-летнего периода года (йодное число 39 и выше)							
16	1000	13,5–14,5	16,5–18,0	–2÷ –10	70	280	2,0–2,5
20	1000	13,0–14,5	16,5–18,0	–2÷ –10	70–80	280–320	2,0–2,5
25	850–950	12,5–14,0	16,5–18,0	–2÷ –10	100	400	2,0–2,5
35	600–700	13,0–14,0	17,0–18,5	–2÷ –5	100	400	0,5
Для осенне-зимнего периода года (йодное число ниже 39)							
16	1000	14,0–15,0	17,0–17,5	–2÷ –10	80–100	320–400	2,5–3,0
20	1000	13,0–14,5	16,5–17,5	–2÷ –10	80–100	320–400	2,5–3,0
25	800–900	12,5–14,0	16,5–18,0	–2÷ –10	100	400	2,0–2,5
35	550–600	13,5–14,5	17,5–18,5	–2÷ –5	100	400	0,5
<b>Пластинчатый маслообразователь Я5–ОУБ, Я5–ОУД, Я5–ОМД–1</b>							
Для весенне-летнего периода года (йодное число 39 и выше)							
16	2000	13,0–14,0	16,5–17,5	–2÷ –10	80	320	2,5–3,5
20	1800–1900	12,5–14,0	16,5–17,5	–2÷ –10	80	320	3,5–4,0
25	1500–1600	12,0–13,5	16,0–17,0	–2÷ –10	80–100	320–400	3,0–4,0
35	1000–1100	12,0–13,0	17,5–18,5	0÷ –10	110	440	До 1
Для осенне-зимнего периода года (йодное число ниже 39)							
16	2000	13,0–14,0	16,5–17,5	–2÷ –10	80–100	320–400	2,5–3,0
20	1900–2000	12,5–14,0	16,5–17,5	–2÷ –10	80–100	320–400	2,5–4,0
25	1500–1600	12,5–14,0	16,5–17,5	–2÷ –10	100	400	2,–4,0
35	1000–1100	12,0–13,0	17,5–18,5	0÷ –10	110	440	До 1
<b>Установка для производства низкожирных видов масла Я5–ОМЛ</b>							
Для весенне-летнего периода года (йодное число 39 и выше)							
35	1000	12,0–18,0	17,0–21,0	Вода 0,5÷3,0	Постоянное 500	35	Не более 3
Для осенне-зимнего периода года (йодное число ниже 39)							
35	1000	12,0–18,0	17,0–21,0	Ледяная вода	Постоянное 500	35	Не более 3

Термостатирование, фасование, упаковку, маркировку и хранение сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16, 20, 25, 35 % см. в разделах «Термостатирование сливочного масла», «Фасование и упаковка сливочного масла, маркировка тары и хранение масла».

#### 2.10.4. Кислосливочное масло

Кислосливочное масло – продукт, вырабатываемый из пастеризованных сливок с добавлением чистых культур молочнокислых бактерий методами преобразования высокожирных сливок и сбивания сливок в маслоизготовителях периодического и непрерывного действия. Кислосливочное масло вырабатывают несоленое и соленое: с массовой долей влаги не более 16 %; любительское – с массовой долей влаги не более 20 %; крестьянское несоленое – с массовой долей влаги не более 25 %; бутербродное несоленое – с массовой долей влаги не более 35 %. Продукт должен отвечать следующим требованиям.

Вкус и запах кислосливочного масла – чистый, без посторонних привкусов и запахов, с характерным для кислосливочного масла приятным кисломолочным вкусом и запахом; с умеренно соленым вкусом – для соленого масла. Для бутербродного масла допускается недостаточно чистый, недостаточно выраженный вкус и аромат, слабобокормовой привкус.

Консистенция и внешний вид – однородная, пластичная, плотная; поверхность масла на разрезе слабоблестящая и сухая на вид или с наличием одиночных мельчайших капелек влаги. Для бутербродного масла допускается незначительная крошливость или рыхлость.

Цвет – от белого до желтого, однородный по всей массе. Для бутербродного масла – от белого до светло-желтого.

Химический состав кислосливочного масла приведен в табл. 2.8.

Отличительными операциями при производстве кислосливочного масла, по сравнению со сладкосливочным, являются приготовление и использование бактериальной закваски (чистых культур молочнокислых бактерий) и ее концентратов и биологическое сквашивание. Образующие при этом вкусовые вещества и ароматообразователи в комплексе позволяют даже в случае использования сливок недостаточно высокого качества вырабатывать масло хорошего качества. Дополнительным стимулом улучшения качества масла, его



сохранности (при плюсовой температуре) и повышения выходов масла является использование поваренной соли.

Таблица 2.8

**Химический состав кисломолочного масла**

Наименование кисломолочного масла	Массовая доля, %		
	жира, не менее	влаги, не более	поваренной соли, не более
Традиционное:			
несоленое	82,5	16,0	–
соленое	81,5	16,0	1,0
Любительское:			
несоленое	78,0	20,0	–
соленое	77,0	20,0	1,0
Крестьянское:			
несоленое	72,5	25,0	–
Бутербродное:			
несоленое	61,5	35,0	–

Пастеризуют сливки при производстве кисломолочного масла при умеренной температуре 85–90 °С, сливки с кормовыми привкусами подвергают дезодорации.

Для производства кисломолочного масла применяется закваска, которая представляет собой симбиоз мезофильных молочнокислых стрептококков, состоящих из 3–4 штаммов *Str. lactis*, 3–4 штаммов *Str. cremoris* и 1–2 штаммов *Str. diacetylactis*.

Кислотность материнской закваски для масла должна быть в пределах 75–90 °Т, производственной – 90–105 °Т, активизированного концентрата перед использованием – 35–45 °Т. В микробиологическом препарате из закваски клетки бактерий должны располагаться равномерно (без сученности). Препарат должен соответствовать виду закваски. В стрептококковых заквасках должны отсутствовать палочкообразные формы бактерий. Во всех заквасках не должно быть дрожжей и плесеней.

В производственной закваске должна обнаруживаться углекислота и ацетоин + диацетил, что указывает на наличие ароматообразующих бактерий в закваске.

Продолжительность сквашивания молока при получении производственной закваски должна быть: из сухой бактериальной культуры – 16–17, из жидкой – 14–18, из сухого бактериального концентрата при пересадочном способе – 18–19 часов. Производственная закваска должна иметь ровный плотный сгусток, чистый выраженный кисломолочный освежающий вкус и приятный аромат. Рекомендуется контролировать закваски по оптимальному соотношению диацетила к альдегиду, которое должно быть 3,3 : 1 или 5,0 : 1. В закваске помимо диацетила и альдегида должны быть метилкетоны, первичные и вторичные спирты, эфиры жирных кислот и соединения, содержащие серу.

**Кислосливочное масло, выработанное методом сбивания сливок.** Технологический процесс осуществляется в той же последовательности, как и при производстве сладкосливочного масла (с массовой долей влаги 16 %), любительского, крестьянского и бутербродного.

После пастеризации сливки сквашивают до кислотности плазмы 40–55 °Т, рН 4,8–5,0 (степень сквашивания сливок устанавливают в зависимости от условий производства, последующего хранения масла, требований потребителя).

Конечную кислотность сливок ( $K_{сл}$ ) устанавливают с учетом их жирности по формуле

$$K_{сл} = \frac{K_{пл} (100 - Ж_{сл})}{100},$$

где  $K_{пл}$  – кислотность плазмы сливок, °Т;  $Ж_{сл}$  – массовая доля жира в сливках, %.

Существуют два метода сквашивания сливок – длительное и краткое, предложенные ВНИИМСом под руководством Ф.А. Вышемирского.

Длительное сквашивание предусматривает внесение в пастеризованные и охлажденные до температуры 18–20 °С сливки 2,5–4,0 % бактериальной закваски и выдерживание заквашенных сливок при температуре, способствующей активному развитию микрофлоры закваски. Затем после достижения требуемой кислотности плазмы сливки подвергаются физическому созреванию. Температурные режимы физического созревания при выработке кислосливочного масла представлены в табл. 2.9.

## Температурные режимы физического созревания

Массовая доля влаги в масле, %	Весенне-летний период года		Осенне-зимний период года	
	Температура созревания, °С	Продолжительность выдержки, ч	Температура созревания, °С	Продолжительность выдержки, ч
16	4–6	5	5–7	7
20	5–9	7	6–10	8
25	6–10	8	7–11	10
35	6–12	8	8–14	10

При необходимости охлажденные сливки выдерживают до утра следующего дня. Общая продолжительность сквашивания сливок и физического созревания составляет 15–17 ч.

Повышение температуры сливок во время физического созревания при выработке масла с пониженным содержанием жира в масле необходимо для обеспечения образования прочной дисперсной структуры сливочного масла.

При повышении температуры сливок во время физического созревания образуются более крупные смешанные кристаллы глицеридов, что способствует образованию более прочной кристаллической сетки при формировании дисперсной структуры масла.

*Краткое сквашивание.* При нем закваску вносят в сливки после физического созревания в таком количестве, чтобы достичь требуемой кислотности. Потребное количество закваски ( $M_3$ ) рассчитывают по формуле

$$M_3 = \frac{M_{\text{сл}} (K_{\text{сл.т}} - K_{\text{сл.ф}})}{(K_3 - K_{\text{сл.т}})},$$

где  $M_3$  и  $M_{\text{сл}}$  – количество закваски и сливок, кг;  $K_3$ ,  $K_{\text{сл.ф}}$ ,  $K_{\text{сл.т}}$  – кислотность закваски и сливок фактическая и требуемая, °Т.

После внесения закваски сливки выдерживают не менее 30 мин для накопления ароматообразователей. Выработанное этим методом кисломолочное масло характеризуется по сравнению с длительным сквашиванием менее выраженным вкусом и запахом.

Раздельная подготовка сливок заключается в том, что биологическому сквашиванию (до кислотности плазмы 70–90 °Т) подвергают только часть сливок (1/2 или 1/3 от всей массы сливок), которые затем используют в качестве закваски для остальных, подвергаемых традиционному длительному физическому созреванию. После этого сливки смешивают.

Нагревание сливок перед сбиванием осуществляется медленно; температура подогревающей воды – не выше 27 °С.

Режимы сбивания сквашенных сливок при равнозначности условий практически идентичны применяемым при выработке сладкосливочного масла соответствующего состава. При этом биологически сквашенные сливки сбиваются быстрее на 5–15 минут по сравнению с несквашенными.

Масляное зерно при выработке кислосливочного масла не промывают. Режимы обработки масляного зерна при выработке кислосливочного масла аналогичны сладкосливочному соответствующего состава.

Существует также метод производства кислосливочного масла, предусматривающий внесение бактериальной закваски в пласт масла.

При эксплуатации маслоизготовителей непрерывного действия для выработки кислосливочного масла с массовой долей влаги 20, 25, 35 % производительность маслоизготовителя понижают соответственно на 5–10, 15–25 и 30–40 % по сравнению с паспортной. Снижают на 1 °С температуру механической обработки масляного зерна. Частоту вращения шнеков обработника и степень разрежения в вакуум-камере снижают на 5–10 %.

Посолку при выработке кислосливочного соленого масла осуществляют аналогично сладкосливочному.

***Особенности кислосливочного масла, выработанного методом преобразования высокожирных сливок.*** По сравнению со сладкосливочным маслом данные особенности заключаются в необходимости получения высокожирных сливок с пониженным содержанием влаги и в предварительном их охлаждении (в ваннах или теплообменнике), а также во внесении требуемого количества бактериальной закваски.

Работу сепараторов при выработке кислосливочного масла с массовой долей влаги 16 % регулируют так, чтобы массовая доля влаги в высокожирных сливках составляла 12–13 %; с массовой

долей влаги 20 % – 15,8 %–17,8 %; с массовой долей влаги 25 % – 20,0–22,0 %; с массовой долей влаги 35 % – 28,0–31,0 %.

Температура высокожирных сливок в период внесения закваски должна быть в пределах 41–45 °С. Более высокая температура губительно действует на живые клетки бактерий. Закваску молочно-кислых культур в высокожирные сливки вносят насосом-дозатором в потоке между первым и вторым цилиндрами маслообразователя; при отсутствии насоса-дозатора закваску вносят в ванны с высокожирными сливками.

Требуемую массу закваски ( $M_3$ ) рассчитывают по формуле

$$M_3 = \frac{M_{в.с} K_3 H_B}{100},$$

где  $M_3$  и  $M_{в.с}$  – масса закваски и высокожирных сливок, кг;  $K_3$  – масса закваски (кг), которую необходимо добавить на каждые 100 кг высокожирных сливок для повышения в них массовой доли влаги на 1 %, при приготовлении закваски на молоке  $K_3 = 1,4$ ;  $H_B$  – недостающая массовая доля влаги в нормализуемых высокожирных сливках (%), определяемая как разность между требуемой массовой долей влаги в масле и высокожирных сливках, из которых оно выработано, и массовой долей связанной влаги,

$$H_B = V_{мс} - V_{в.с} - C_B;$$

$$C_B = 0,6 \text{ \%}.$$

При выработке кисломолочного масла методом преобразования высокожирных сливок следует учитывать, что для развития микрофлоры, внесенной с закваской в высокожирные сливки, имеются менее благоприятные условия, чем в обычных сливках. В высокожирных сливках на одну микробную клетку приходится в 2,5–3 раза меньше питательных веществ, чем в обычных сливках.

В высокожирных сливках содержится больше редуцирующих веществ, в обычных сливках, в связи с увеличением содержания веществ оболочек жировых шариков. С увеличением температуры пастеризации содержание редуцирующих веществ в плазме высокожирных сливок повышается.

На развитие микрофлоры, внесенной с закваской в высокожирные сливки, неблагоприятное влияние оказывают высокая степень дисперсности капелек плазмы, высокая температура высокожирных сливок, поступающих из сепаратора в ванны для нормализации, а также ограниченное время пребывания в ваннах для нормализации.

Поэтому при выработке кисломолочного масла методом преобразования высокожирных сливок при внесении закваски в количестве 2–3 % для активизации молочнокислого процесса следует добавлять в высокожирные сливки лимонную кислоту в количестве 180 г на 1 т масла (лимонная кислота и ее соли участвуют в образовании ароматических веществ при молочнокислом брожении), понижать температуру до 41–45 °С, увеличивать дозу вносимой закваски до 4 % без добавления лимонной кислоты.

После внесения закваски и лимонной кислоты высокожирные сливки тщательно перемешивают в течение 5–7 мин и направляют в маслообразователь для термомеханической обработки.

Производительность маслообразователя при использовании насоса-дозатора поддерживают такой же, как и при выработке сладкомолочного масла аналогичного состава. При внесении закваски в ванны для нормализации производительность маслообразователя повышают на 10–15 %.

Режимы работы маслообразователя устанавливают как и при выработке сладкомолочного масла аналогичного состава.

#### 2.10.5. Топленое масло и молочный жир

Топленое масло в основном предназначено для кулинарных целей, молочный жир – дополнительно для производства регенерированных (восстановленных) молочных продуктов, в смежных областях пищевой индустрии.

Для выработки топленого масла применяют: масло сливочное с различной массовой долей жира и сливки пластические; подсырное масло, масло-сырец, сборное топленое масло по действующей нормативно-технической документации; зачистки от обработки масла на холодильниках и в фасовочных цехах промышленности; воду питьевую.

Молочный жир вырабатывают из сырья, содержащего высококачественную жировую фазу: масло сливочное с различной массовой

долей жира, с кислотностью жира не более 2 °К; масло сливочное подсырное кислотностью жира не более 2,2 °К; воду питьевую.

Производство топленого масла и молочного жира основано на выплавлении жира (при 50–70 °С) из жиросодержащих молочных продуктов.

**Топленое масло.** Топленое масло характеризуется выраженным вкусом молочного жира со специфическим запахом. Консистенция этого масла зернистая, мягкая. Цвет – от светло-желтого до желтого, однородный. В расплавленном состоянии – прозрачное, без осадка. Состав: 99 % жира, 0,7 % воды, 0,3 % СОМО.

Вырабатывают топленое масло методами отстоя, отстоя с сепарированием, сепарирования.

*Производство топленого масла методом сепарирования* – это наиболее прогрессивный метод, так как он обеспечивает непрерывность производственного процесса и получения продукта высокого качества. Основой технологии является двукратное сепарирование расплавленного масла-сырца с пастеризацией перед сепарированием и охлаждением перед фасовкой.

Для выработки топленого масла данным методом используют серийно выпускаемые линии, предназначенные для производства масла методом преобразования высокожирных сливок, доукомплектованные плавителем масла.

В качестве плавителей используют ванны или другие емкости, доукомплектованные горизонтально расположенным пакетом трубок с металлическим ситом под ним. Расстояние между трубками – 3–5 мм. В трубы подают пар или горячую воду, на них периодически загружают масло-сырье, предназначенное для перетопки, которое плавится при температуре 60–70 °С и выдерживается около 1 ч в ванне-плавителе при 50–60 °С для частичного отделения плазмы от свободного жира.

Плазму, полученную в результате отстоя жира, направляют в предназначенную для нее емкость, затем в молокоочиститель и два молочных сепаратора. В приемник первого сепаратора одновременно подают горячую воду (60 °С) в количестве 50 % от объема плазмы. Выделенный жир направляют в плавитель.

Расплав масла-сырья, освобожденный от части плазмы, подают в пастеризатор, где нагревают до 95–110 °С. Такая тепловая обработка обеспечивает полное разрушение жирорасщепляющих ферментов

и практически не вызывает в продукте окислительных процессов порчи жира.

Далее расплав очищают от механических примесей и коагулированного белка в молокоочистителе и направляют на сепарирование (первое).

При переработке масла-сырья второго сорта в сепаратор одновременно подают горячую воду температурой 50–60 °С в количестве 50–100 % к количеству исходного расплава.

Полученную в результате сепарирования жировую фракцию направляют в промежуточную емкость с мешалкой, выдерживают 1–2 ч при температуре 90–95 °С и периодически (2–3 раза) по 5–7 мин перемешивают. Для непрерывности производства используют несколько емкостей.

Обработка расплава при повышенной температуре (до 110 °С) и наличии в нем СОМО приводит к денатурации белка и образованию веществ, придающих готовому продукту специфический вкус и аромат.

После выдержки жировой расплав подают на повторное сепарирование для окончательного отделения влаги и белка. Воду при повторном сепарировании не добавляют. Производительность сепаратора регулируют так, чтобы получить масло с массовой долей жира 99 %.

Для охлаждения продукта используют маслообразователи цилиндрические или пластинчатые. При этом масло охлаждают водой температурой 6–10 °С или рассолом температурой минус 3–7 °С.

При выработке топленого масла с зернистой консистенцией продукт охлаждают до температуры 36–40 °С при фасовании в транспортную тару и 50–60 °С при фасовании в потребительскую.

При выработке топленого масла с однородной консистенцией (независимо от вида фасования) продукт охлаждают до температуры 14–18 °С.

*Особенности производства топленого масла методом отстаивания и сепарирования.* Из ванны-плавителя расплавленное масло, освобожденное от части плазмы, насосом подают в пастеризатор, нагревают до 90–95 °С и направляют в емкости-отстойники. Продолжительность выдержки – 2–4 ч. Осаждение белков ускоряют добавлением 4–5 % мелкозернистой поваренной соли, которую рассеивают по поверхности расплавленного продукта в 2–3 приема.



Расплав жира проверяют пробой на осветление. Если расплав жира в стакане прозрачный по внешнему виду, то выдерживание заканчивают и расплав жира направляют на охлаждение.

Отделившуюся плазму масла сливают в специальные емкости, куда собирается и плазма, отстоявшаяся в плавителе масла. Для лучшего отделения жира к плазме добавляют 50 % воды температурой 60 °С и после перемешивания плазму сепарируют. Полученный жир направляют в емкость-плавитель, где его перерабатывают в общем потоке.

Остальные технологические операции те же, что и при выработке масла методом сепарирования.

*Производство топленого масла методом отстоя.* Данный метод применяют при небольших по объему выработках. В перетопочную емкость перед началом работы наливают воду (15 % от объема сырья). Нагревают до температуры 50–60 °С, затем загружают масло-сырье и подогревают при осторожном перемешивании (в зависимости от качества сырья) до температуры 70–90 °С, добавляют (рассеиванием по поверхности) 3–5 % мелкозернистой поваренной соли и оставляют на 4–8 ч до полного осветления, не допуская снижения температуры более чем на 15 °С. Затем осветленный продукт охлаждают до 35–40 °С непосредственно в плавильной емкости. Расплав сливают через нижний кран в днище. Сначала удаляют воду, затем плазму, из которой выделяют жир по указанной ранее схеме, осветленный жир фасуют.

*Фасование и хранение топленого масла.* Фасуют топленое масло в деревянные бочки, внутренняя поверхность которых покрыта жидким стеклом или казеиновой эмалью, выстланные вкладышами из полимерных пленок массой 40 и 44 или 80 и 88 кг; металлические фляги по 32 кг; стеклянные банки по 500 и 650 г; металлические банки по 350 и 2800 г.

Для получения топленого масла с зернистой однородной структурой необходимо обеспечить медленное охлаждение жира после фасования, чтобы образовалось относительно малое число центров кристаллизации и сформировались крупные кристаллоагрегаты глицеридов. Для этого применяют следующие режимы охлаждения: деревянные бочки помещают в камеру температурой 4–6 °С, но не выше 10–12 °С и выдерживают 2–3 суток с перекачиванием их через 6–12 ч; фляги помещают в камеру с температурой 10–14 °С

на 1,5–2 суток с медленным перемешиванием через 5–7 ч; стеклянные (жестяные) банки помещают в камеру с температурой 20–22 °С и выдерживают 14–18 ч, затем 1 сутки выдерживают при температуре 10–12 °С, после холодильной обработки масло хранят при температуре от 4 до минус 6 °С.

Для получения гомогенной структуры топленое масло после фасования сразу помещают в камеру хранения.

Хранят топленое масло на заводе-изготовителе при температуре от 4 до минус 6 °С не более 20 суток.

Топленое масло в бочках и алюминиевых флягах хранят при температуре минус 3–6 °С 12 мес. Топленое масло, фасованное в банки (стеклянные, жестяные), хранят при температуре от 0 до минус 3 °С не более 3 мес.

#### 2.10.6. Молочный жир

Молочный жир по органолептическим показателям должен отвечать следующим требованиям: вкус и запах чистый; допускается незначительный привкус топленого масла. Молочный жир должен быть плотным, структура молочного жира – однородная, допускается незначительная мучнистость. Цвет продукта – от светло-желтого до желтого, однородный. В расплавленном состоянии молочный жир прозрачен, без осадка. Состав – 99,8 % жира, 0,2 воды.

Технологический процесс производства молочного жира аналогичен технологическому процессу производства топленого масла методом сепарирования. Отличительной особенностью технологии молочного жира является то, что полученный расплав масла-сырья пастеризуют при температуре 95 °С без выдержки и после очистки в молокоочистителе и двукратного сепарирования подвергают вакуумированию. Производительность сепаратора при повторном сепарировании регулируют так, чтобы массовая доля жира в жировой фракции составляла не менее 99,4 %.

После второго сепарирования полученный жировой расплав подвергают вакуумированию в специальных аппаратах (вакуум-аппаратах) при температуре 80–90 °С и остаточном давлении 40–50 кПа с целью удаления излишней влаги (0,4–0,5 %), чтобы получить продукт с содержанием жира 99,8 %. При этом одновременно происходит дезодорация продукта.

Молочный жир охлаждают в цилиндрическом или пластинчатом маслообразователе. Температура молочного жира на выходе из маслообразователя – 14–18 °С.

Молочный жир фасуют монолитами массой нетто по 20 кг в картонные ящики с использованием мешков–вкладышей из полимерных материалов, в стеклянные банки массой по 500 и 650 г и в жестяные банки по 4–8 кг в среде нейтрального к продукту газа.

Молочный жир хранят упакованным крупными монолитами (в ящиках), уложенными в штабеля, в холодильных камерах при температуре не выше 5 °С и относительной влажности воздуха до 80 % не более 12 мес.; в торговой сети и на предприятиях общественного питания его хранят при температуре не выше 12 °С в течение 2 мес., а при нерегулируемых температурных условиях – в герметичной таре не более 5 мес.

#### 2.10.7. Вологодское масло

Для вологодского масла характерной особенностью является хорошо выраженный привкус пастеризованных сливок без посторонних привкусов и запахов; масло – пластичное, его структура – однородная, цвет – от белого до желтого. Масло вырабатывают только несоленое с массовой долей влаги 16 %. Привкус пастеризованных сливок появляется в результате накопления в сливках сульфгидрильных (SH–) групп под воздействием высоких температур при пастеризации. Эти группы высвобождаются при разворачивании полипептидных цепей (денатурации) серосодержащих белков, цистина и цистеина, которые являются носителями функциональных групп: цистин – дисульфидной (–S –S), цистеин – сульфгидрильной (SH–). В ходе окислительно-восстановительных реакций цистеин очень легко превращается в цистин; возможен и обратный переход.

Основным источником накопления в молоке и сливках сульфгидрильных групп считается сывороточный белок – лактоглобулин. Наибольшее количество сульфгидрильных групп накапливается в менее жирных сливках (25–30 %), чему способствует более высокое содержание сывороточных белков в них. Поэтому предпочтительнее использовать для производства вологодского масла сливки сравнительно с невысоким содержанием жира.

Появлению более выраженного аромата и вкуса в этих сливках способствует также более выраженный процесс мелаидинообразования благодаря более интенсивному гидролизу лактозы с образованием глюкозы и галактозы под влиянием высоких температур.

В сливках с более высоким содержанием жира (массовая доля жира 30–35 %) тоже можно получить при нагревании достаточно большое количество сульфгидрильных групп несмотря на уменьшение содержания сывороточных белков, благодаря увеличению содержания веществ оболочки жировых шариков, которые также являются источником SH– групп. Максимальное содержание сульфгидрильных групп достигается при более низкой температуре. Это свидетельствует о том, что белки оболочки жировых шариков более чувствительны к температурным воздействиям, а их потенциальные возможности в образовании SH– групп по сравнению с сывороточными белками ниже.

Максимально возможное количество сульфгидрильных групп получается при нагревании сливок с содержанием жира 25 % до 115 °С, а в сливках с содержанием жира 35 % – до 105 °С. Поэтому рекомендуется сливки с меньшим содержанием жира пастеризовать при более высокой температуре, но не выше температуры, при которой достигается максимальное содержание сульфгидрильных групп в сливках, так как при более высокой температуре сульфгидрильные группы разрушаются, причем скорость разрушения тем больше, чем выше содержание жира в сливках. Следовательно, по содержанию свободных сульфгидрильных групп можно судить о глубине происходящих изменений белковых веществ и объективно установить нужный режим тепловой обработки сливок для получения выраженного привкуса пастеризации.

В образовании вкуса масла принимают непосредственное участие карбонильные соединения, главным образом альдегиды: ацетилальдегид и другие.

По данным Ф.А. Вышемирского и С.В. Василичина, с повышением температуры сливок до 115 °С общее содержание карбонильных соединений увеличивается с 2,94 до 3,92 % по сравнению их с содержанием в сырых сливках. Дальнейшее увеличение содержания карбонильных соединений изменяет вкус пастеризации в нетипичный для вологодского масла привкус топленого молока. Поэтому не следует допускать увеличения температуры сливок свыше 115 °С.

В формировании вкуса масла участвуют также свободные аминокислоты. Основную роль играют следующие аминокислоты: аспарагиновая кислота, глицин, серин, пролин, фенилаланин, лейцин и изолейцин. При нагревании сливок до 115 °С содержание этих кислот снижается на 27 %. Одной из причин снижения аминокислот при температурной обработке сливок может быть реакция меланоидинообразования, которая возможна при высокой температуре (115 °С и выше). Уменьшение содержания аминокислот в сливках отражается на формировании вкуса и аромата масла.

**Технологические режимы.** Впервые технология производства вологодского масла была предложена в 70-х годах XIX века Н.В. Верещагиным, организатором и руководителем Эдиномовской школы мастеров-маслоделов и сыроделов. Масло, выработанное по его способу, Н.В. Верещагин назвал парижским, так как в Париже имелось масло с подобным вкусом, привозимое из Нормандии. Это масло, впервые появившись на рынке в Петербурге, заинтересовало шведов, которые стали производить его у себя и назвали петербургским.

Парижское масло стало называться вологодским в 1939 г. по приказу Народного комиссариата мясной и молочной промышленности СССР.

Независимо от метода производства вологодское масло вырабатывают только из высококачественных свежих сливок, отвечающих требованиям стандарта не ниже первого сорта. Непременное основное условие получения хорошего вологодского масла – высокое качество сливок.

*Технологические режимы производства вологодского масла методом преобразования высокожирных сливок.* Сливки нагревают до температуры, которая выбирается с учетом содержания жира в сливках. Сливки с массовой долей жира 25, 30, 35 % нагревают в потоке до температуры 115, 110, 105 °С соответственно, независимо от времени года, затем охлаждают до температуры 85–90 °С в закрытой емкости и направляют на сепарирование. Можно ограничиться пастеризацией сливок при температуре 97–98 °С, но в этом случае необходимо выдержать их в закрытой емкости не менее 10 мин. Нельзя допускать пастеризацию сливок при температурах выше рекомендуемых, двукратную пастеризацию, а также выдержку сливок в закрытой системе более 20 минут, так как это приводит к значительному уменьшению содержания в сливках сульфгидрильных

групп и других вкусовых и ароматических веществ, в результате чего снижается специфический вкус и аромат масла.

Хорошие результаты могут быть получены при термической обработке сливок по методу, предложенному В.А. Мелешиным, который предусматривает использование ультрапастеризатора в комплекте с пластинчатой установкой ОПУ–2 для нагревания сливок до температуры 105–110 °С и последующую выдержку сливок в течение 3 минут в закрытой системе под давлением около 2 атм. Пастеризация сливок по данному методу способствует максимальному образованию и более полному сохранению ароматических веществ.

Снижение температуры сливок до 75 °С, неизбежное в процессе сепарирования и нормализации, не оказывает влияния на выраженность вкуса и аромата высокожирных сливок и на переход в пахту сульфгидрильных групп. Желательно, чтобы продолжительность пребывания высокожирных сливок в ваннах для нормализации была не более одного часа. Более длительная выдержка сливок в ванне влечет за собой дополнительное испарение влаги и увеличение степени дестабилизации эмульсии жира, ухудшение вкуса и консистенции масла. Поэтому ванны следует заполнять поочередно и в таком же порядке освобождать их. Во избежание излишнего испарения влаги ванны закрывают крышками.

Нормализовать высокожирные сливки следует при 98 °С высококачественными сливками с массовой долей жира 30–35 %.

По данным П.М. Вишнякова, режим термомеханической обработки высокожирных сливок в маслообразователе сохраняется таким же, как и при производстве сладкосливочного масла.

*Технологические режимы производства вологодского масла методом сбивания сливок.* Вологодское масло методом сбивания сливок можно получать в маслоизготовителе периодического и непрерывного действия.

Технологический процесс производства вологодского масла методом сбивания сливок осуществляется в той же последовательности, что и при производстве сладкосливочного масла. Тепловую обработку сливок осуществляют так же, как и при выработке вологодского масла, методом преобразования высокожирных сливок.

Сливки перерабатывают в день их получения. С целью физического созревания сливки быстро охлаждают до температуры 4–7 °С и выдерживают при этой температуре 4–5 часов, затем сбивают. Это

способствует лучшему сохранению ароматических и вкусовых веществ. Допускается также при подготовке сливок к сбиванию использовать режимы физического созревания сливок, которые применяют при производстве сладкосливочного масла. Хорошие результаты получаются при кратковременном физическом созревании сливок при низкой температуре (2 °С). При сбивании сливок после их физического созревания при низкой температуре сокращаются потери жира.

Сбивание сливок, механическая обработка масляного зерна и гомогенизация масла в случае необходимости осуществляется так же, как и при выработке сладкосливочного масла с массовой долей жира 82,5 % методом сбивания сливок. При производстве вологодского масла в маслоизготовителе непрерывного действия режимы сбивания сливок подбирают с таким расчетом, чтобы получить масляное зерно размером 1–3 мм.

Масляное зерно при производстве вологодского масла не промывают во избежание потерь ароматических веществ, поэтому вологодское масло содержит повышенное количество СОМО (1,97 %) и белков (0,94 %). При необходимости регулирования консистенции и улучшения выраженности вкуса пастеризованных сливок масляное зерно охлаждают предварительно охлажденной пахтой, подаваемой в обработчик через коллектор для промывной воды.

Фасование, упаковку, маркировку вологодского масла, его транспортирование и хранение осуществляют в соответствии с инструкцией и ГОСТ 37–91.

#### 2.10.8. Масло сливочное с вкусовыми наполнителями

**Шоколадное масло** вырабатывают с массовой долей жира не менее 62 %, влаги – не более 16 % методом преобразования высокожирных сливок.

В исходных высокожирных сливках массовая доля влаги должна быть 18 %. В высокожирные сливки сразу после получения вносят наполнители: сахарозу – 18 %, какао – 2,5 %. При выработке шоколадного масла используют только какао-порошок, отвечающий требованиям действующего ГОСТа. Массу сахара-песка, необходимую по рецептуре, перед внесением в высокожирные сливки просеивают

с помощью просеивательного агрегата. Рекомендуется предварительно смешивать какао-порошок и сахар-песок, после чего просеивать. Допускается сахар-песок и какао-порошок перед внесением в высокожирные сливки растворять в пахте или обезжиренном молоке при температуре от 50 до 90 °С, а также вносить их в высокожирные сливки через эжектор или рассеиванием по их поверхности при перемешивании.

Подготовленную смесь перемешивают и пастеризуют при температуре 83–87 °С с использованием трубчатого пастеризатора. Допускается пастеризовать смесь непосредственно в нормализационной ванне при температуре от 75 до 85 °С с выдержкой 12–18 минут путем подачи пара в рубашку ванны.

Пастеризованную смесь подвергают термомеханической обработке в маслообразователе при режимах, которые предусмотрены при выработке сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 %.

**Масло сливочное с вкусовыми наполнителями: какао, кофе, цикорием, фруктово-ягодными экстрактами и сиропами** вырабатывают с внесением молочнобелковых добавок или без них с массовой долей жира не менее 57 и 52 %, влаги – не более 28 и 30 %, сухих веществ – 15 и 18 %, в том числе соответственно сахарозы – 10 и 15 %.

Сливочное масло с вкусовыми наполнителями содержит 2,5 % какао, 0,4 % кофе, 0,7 % цикория, 2,0 % фруктово-ягодных наполнителей.

СОМО содержится в масле с массовой долей жира 57 и 52 % без молочно-белковых добавок и с молочнo-белковыми добавками соответственно: с какао – 2,5 и 10 %; с кофе – 4,6 и 11,1 %; с цикорием – 4,3 и 11,5 %; во фруктово-ягодном 3,0 и 10,5 %.

При внесении вкусовых наполнителей прослойки дисперсионной среды между отвердевшими глицеридами становятся настолько велики, что препятствуют взаимодействию вандерваальсовых сил притяжения между ними и молекулярных сил химического сродства, созданию прочной коагуляционной и кристаллизационной структуры продукта. При увеличении содержания в масле обезжиренных веществ молока в результате внесения молочнo-белковых добавок упрочняется структура продукта, улучшается консистенция масла.

По органолептическим показателям масло с вкусовыми наполнителями должно отвечать следующим требованиям: вкус и запах –



сладкий, с выраженным вкусом и ароматом добавленного наполнителя, без посторонних привкусов и запахов. Консистенция и внешний вид – однородная, пластичная, поверхность масла на срезе – сухая или с наличием мельчайших капелек влаги. Для масла с какао допускается слабая мучнистость. Цвет обусловлен цветом добавленного наполнителя. Для масла с какао допускается наличие мельчайших вкраплений частичек более темного цвета.

Масло сливочное с наполнителями вырабатывают только методом преобразования высокожирных сливок с использованием серийно выпускаемых комплектов оборудования П8-ОЛУ и П8-ОФЛ, доукомплектованных машинами и аппаратами, необходимыми для выполнения специфических технологических операций – просеивания сыпучих веществ наполнителей, восстановления сухих и сгущенных молочных продуктов, фасования масла и др.

Для выработки масла сливочного с наполнителями используют: молоко коровье заготовляемое; сливки из коровьего молока; пахту, полученную при производстве сладкосливочного масла или молоко обезжиренное, полученное при сепарировании коровьего молока, без посторонних привкусов и запахов, кислотностью не более 19 °Т; молоко коровье обезжиренное сухое или пахту сухую; добавку молочно-белковую ДМБ-50. В качестве вкусовых наполнителей используют сахарозу, ванилин, какао-порошок, цикорий растворимый, экстракты плодовые и ягодные высшего сорта, сиропы плодовые и ягодные натуральные, сироп гидролизованной лактозы (СГЛ), масло эфирное цитрусовое, мед натуральный, моноглицериды дистиллированные, ароматизаторы, крахмал и др. Эфирное масло и ванилин допускается вносить в высокожирные сливки по согласованию с потребителем.

Допустимую массовую долю влаги в высокожирных сливках ( $V_{в.с}$ ) рассчитывают по формуле

$$V_{в.с} = \frac{100(V_{мс} - M_n)V_n}{100 - M_n} C_b,$$

где  $V_{мс}$  – массовая доля влаги в готовом продукте, %;  $M_n$  – масса наполнителей (сахара, фруктово-ягодных соков и др.), кг;  $V_n$  – массовая доля влаги в наполнителях, %;  $C_b$  – поправка на неполное испарение влаги в высокожирных сливках, % (колеблется в пределах от 0,2 до 0,8 %).

Допустимая массовая доля влаги в высокожирных сливках должна быть в пределах 18–20 % в зависимости от вида вырабатываемого масла.

Требуемую массу высокожирных сливок ( $M_{в.с}$ ) для составления смеси рассчитывают по формуле

$$M_{в.с} = \frac{M_{мс} \cdot Ж_{мс}}{Ж_{в.с}} \cdot П,$$

где  $M_{мс}$  – заданная масса готового продукта, кг;  $Ж_{мс}$  – массовая доля жира в продукте, %;  $Ж_{в.с}$  – массовая доля жира в высокожирных сливках, %;  $П$  – коэффициент потерь,  $П = 1,001$ .

Массу наполнителей ( $M_{н}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{н} = \frac{M_{мс} \cdot Н}{Н_c} \cdot П,$$

где  $Н$  – массовая доля наполнителя в продукте, %;  $Н_c$  – массовая доля сухих веществ в наполнителе, %;  $П$  – коэффициент потерь при определении потребного количества сахара – 1,033, какао – 1,025, других компонентов – 1,01.

Предполагаемую массу готового продукта ( $M_{мс}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{мс} = \frac{M_{в.с} \cdot Ж_{в.с}}{Ж_{мс}} \cdot П.$$

*Приготовление и пастеризация смеси.* Сахар-песок просеивают и равномерно рассеивают по поверхности высокожирных сливок с помощью специального агрегата марки А2-ХПГ или другого оборудования аналогичного назначения.

При выработке масла с какао его рекомендуется смешивать с сахаром-песком, после чего просеивать. Допускается сахар и какао перед внесением в высокожирные сливки растворять в пахте или обезжиренном молоке при температуре от 50 до 90 °С, а также вносить их в высокожирные сливки через эжектор или рассеиванием по их поверхности.

Подготовленную смесь перемешивают и пастеризуют при температуре 83–87 °С с использованием трубчатых пастеризаторов, после чего пастеризованную смесь направляют в ванну для нормализации смеси.

Допускается пастеризовать смесь непосредственно в нормализационной ванне при температуре от 75 до 85 °С с выдержкой в течение 12–18 мин путем подачи пара в рубашку ванны. Кофе, цикорий, ванилин (15 г на 1 т), эфирное масло (100 г на 1 т масла) и фруктово-ягодные наполнители вносят непосредственно в высокожирные сливки в последнюю очередь после пастеризации смеси.

Мед перед внесением в высокожирные сливки фильтруют. При повышенной вязкости меда его подогревают до температуры 45–50 °С.

Кофе растворимый вносят в сухом виде при перемешивании, чтобы обеспечить равномерное распределение. При использовании натурального кофе приготавливают предварительно водную вытяжку (экстракт). Одну часть кофе-порошка заливают трехкратным количеством горячей воды, кипятят в течение 5 мин в закрытой емкости, затем фильтруют. Отфильтрованный экстракт вносят в ванну для нормализации. При хранении кофе-экстракта более 2–3 ч в закрытой емкости его охлаждают до 10–12 °С. В готовой вытяжке должен быть выраженный вкус и запах натурального кофе и не должно быть остатков молотого кофе.

Цикорий растворимый, представляющий собой густую вязкую массу коричневого цвета с содержанием 70 % сухих веществ, вносят в высокожирные сливки тонкой струей в последнюю очередь.

Соки плодовые и ягодные концентрированные, а также их экстракты вносят в натуральном виде. В случае необходимости их предварительно фильтруют.

Смесь, содержащую фруктовые и ягодные соки, нагревают до 70 °С, выдерживают при этой температуре 15–20 мин. Нагревание до температуры выше 70 °С не следует допускать во избежание ухудшения аромата и уменьшения содержания витаминов.

После пастеризации смесь направляют в маслообразователь, где ее подвергают термомеханической обработке в маслообразователе при режимах, которые предусмотрены при выработке сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 %.

**Масло с вкусовыми наполнителями с повышенным содержанием молочного белка.** При выработке масла с вкусовыми наполнителями с повышенным содержанием молочного белка в качестве наполнителей используют: молочно-белковые добавки (сухое обезжиренное молоко или пахту с растворимостью не менее 98 %, молочно-белковую добавку, сгущенное обезжиренное молоко или пахту с массовой долей сухих веществ от 29 до 44 %).

Общую расчетную массу молочно-белковых наполнителей ( $M_{\text{мн}}$ ), содержащих сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), рассчитывают по формуле

$$M_{\text{мн}} = M_{\text{мс}} - M_{\text{в.с}} - M_{\text{н}},$$

где  $M_{\text{мс}}$  – масса предполагаемого готового продукта, кг;  $M_{\text{в.с}}$  – масса высокожирных сливок, кг;  $M_{\text{н}}$  – масса немолочных продуктов.

Массу белкового наполнителя сухого молока или сгущенного обезжиренного молока, добавки молочно-белковой, сухой пахты ( $M_{\text{б}}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{\text{б}} = \frac{M_{\text{мс}} M_{\text{сом}} - M_{\text{в.с}} B_{\text{сом}} - M_{\text{н}} H_{\text{с}}}{B_{\text{сом}} H_{\text{сом}}} \Pi,$$

где  $M_{\text{сом}}$  – массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка в продукте, %;  $B_{\text{сом}}$  – массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка в высокожирных сливках, %;  $M_{\text{н}}$  – общая масса молочных наполнителей, содержащих СОМО, кг;  $B_{\text{сом}}$  – массовая доля сухих обезжиренных веществ молока в сухом или сгущенном обезжиренном молоке (пахте), в сухой молочной добавке, %;  $H_{\text{сом}}$  – массовая доля сухих обезжиренных веществ молока в молочных наполнителях, равная 8,2 %;  $\Pi$  – коэффициент потерь,  $\Pi = 1,01$ .

Сухое обезжиренное молоко (пахту) перед внесением в высокожирные сливки просеивают и восстанавливают в натуральной пахте при температуре 40–45 °С, сухих веществ в восстановленной смеси должно быть 44 %. Восстановленную смесь подогревают до температуры 70 °С и выдерживают 15–20 мин для более полного растворения сухого обезжиренного молока (пахты). После чего ее подвергают обработке в коллоидной мельнице для получения одно-

родной массы или ограничиваются циркуляцией с помощью центробежного насоса, затем вносят в высокожирные сливки.

Массу натуральной пахты ( $M_{\text{п}}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{\text{п}} = (M_{\text{нм}} - M_{\text{б}}) \text{ П.}$$

После внесения молочно-белковых добавок в ванну для нормализации высокожирных сливок, смесь тщательно перемешивают и туда же вносят вкусовые и ароматические наполнители при постоянной работе мешалки. Полученную нормализованную смесь пастеризуют при температуре 70–75 °С в течение 15 мин. Пастеризованную смесь подвергают термомеханической обработке в маслообразователе при режимах, которые предусмотрены при выработке сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 %.

**Масло сливочное с вкусовыми наполнителями с повышенным содержанием молочного белка, выработанное с использованием сгущенных сливок.** При выработке масла с использованием сгущенных сливок получают сливки с массовой долей жира 27–31 % кислотностью не более 16 °Т. При этом контролируют отношение ( $H$ ) массовой доли жира ( $J_{\text{сл}}$ ) исходных сливок и массовой доли СОМО в них ( $C_{\text{сом}}$ )

$$H = \frac{J_{\text{сл}}}{C_{\text{сом}}}.$$

В процессе сгущения  $H$  остается неизменным. Значение  $H$  сливок для масла с различными наполнителями должно быть: при выработке масла с какао – 5,23; с кофе – 4,32; с цикорием – 4,43; фруктово-ягодного – 5,0.

Если  $H$  в исходных сливках больше указанных значений, то необходимо снизить в них массовую долю жира и увеличить СОМО путем внесения пастеризованного при температуре 85–89 °С и охлажденного до температуры 4–8 °С обезжиренного молока с кислотностью не более 20 °Т и плотностью не менее 1030 кг/м<sup>3</sup>. Массу молока ( $M_0$ ) определяют по формуле

$$M_0 = \frac{M_{\text{сл}} (J_{\text{в.с}} - C_{\text{сом}} H)}{C_{\text{сом}} H - J_0},$$

где  $M_{\text{сл}}$  – масса сливок, кг;  $J_{\text{сл}}$  – массовая доля жира в сливках, %;  $C_{\text{сом}}$  – массовая доля СОМО в сливках, %;  $J_0$  – массовая доля жира в обезжиренном молоке, %.

Если  $N$  в исходных сливках меньше указанных значений, то сливки нормализуют пастеризованной питьевой водой после их сгущения, массу которой ( $M_{\text{в}}$ ) определяют по формуле

$$M_{\text{в}} = M_{\text{сг.сл}} \frac{J_{\text{ф}} - J_{\text{т}}}{J_{\text{т}}},$$

где  $M_{\text{сг.сл}}$  – масса сгущенных сливок, подлежащих нормализации, кг;  $J_{\text{т}}$  – массовая доля жира в сгущенных сливках после нормализации, %;  $J_{\text{ф}}$  – массовая доля жира в сгущенных сливках до нормализации, %.

Массовую долю СОМО в сливках ( $C_{\text{сом}}$ ) можно определить по массовой доле жира и плотности исходного молока по формуле

$$C_{\text{сом}} = \frac{0,27}{100} (100 - J_{\text{сл}}) (0,9 \cdot J_{\text{м}}) + A,$$

где  $J_{\text{м}}$  – массовая доля жира в молоке, %;  $A$  – плотность молока, кг/м<sup>3</sup>.

Полученные сливки пастеризуют и направляют на сгущение. Сливки сгущают в однокорпусных и двухкорпусных циркуляционных вакуум-выпарных установках при температуре в однокорпусных – от 60 до 65 °С, в двухкорпусных: в первой ступени – от 60 до 70 °С, во второй – от 50 до 55 °С.

При сгущении сливок одновременно происходит их дезодорация.

Продолжительность сгущения ( $\Pi_{\text{с}}$ ) определяют ориентировочно по формуле

$$\Pi_{\text{с}} = \frac{M_{\text{сл}} (J_{\text{сг.сл}} - J_{\text{сл}}) 60}{J_{\text{сг.сл}} \Pi_{\text{р}} \cdot 0,80},$$

где  $M_{\text{сл}}$  – масса исходных сливок, кг;  $J_{\text{сг.сл}}$  – массовая доля жира в сгущенных сливках, %;  $J_{\text{сл}}$  – массовая доля жира в исходных сливках, %; 60 – время, мин;  $\Pi_{\text{р}}$  – фактическая производительность вакуум-выпарного аппарата, кг исп. вл. в ч; 0,80 – коэффициент.

Продолжительность сгущения фиксируют с момента выхода на режим.

Сгущают сливки до массовой доли жира в них выше на 1–2 % требуемой в сгущенных сливках при составлении рецептур.

По достижении требуемой концентрации жира в сливках сгущение заканчивают, и полученные сгущенные сливки направляют в нормализационные ванны.

При необходимости сгущенные сливки нормализуют пастеризованными сливками с массовой долей жира 35–40 %, массу которых ( $M_{сл}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{сл} = \frac{M_{с.с} (Ж_{с.с} - Ж_{мс})}{Ж_{мс} - Ж_{сл}},$$

где  $M_{с.с}$  – масса сгущенных высокожирных сливок, кг;  $Ж_{с.с}$  – массовая доля жира в сгущенных высокожирных сливках, %;  $Ж_{мс}$  – массовая доля жира в масле, %;  $Ж_{сл}$  – массовая доля жира в пастеризованных сливках, %.

В сгущенные сливки вносят вкусовые наполнители. Смесь пастеризуют при температуре 75–80 °С при постоянном перемешивании, вносят ванилин из расчета 15 г на 1 т масла, затем смесь подвергают термомеханической обработке в маслообразователе при режимах, которые предусмотрены при выработке сладкосливочного масла с массовой долей влаги 16 %.

**Сливочное масло сырное.** В сырном масле содержится: жира – не менее 54,4 %; сухих обезжиренных веществ – 10 %, в том числе СОМО – 9,3%, соли – 0,7 %; влаги – не более 36 %. Энергетическая ценность составляет 2154 кДж.

Для получения сырного масла используют белковый наполнитель – плавленную сырную массу, приготовленную по специальной технологии. Белковый наполнитель вносят в высокожирные сливки с массовой долей влаги 32,0–34,0 % при температуре 60–65 °С. Допускается использование немолочных (растительных и их композиций) жиров до 4 % от массы жира в нем. Немолочные жиры рационально вносить в плавленную сырную массу при ее получении.

**Фасование и сроки реализации сливочного масла с вкусовыми наполнителями.** Сливочное масло с вкусовыми наполнителями фасуют в транспортную тару по 20–24 кг с использованием в качестве упаковочных материалов пергамент и мешки-вкладыши из поли-

мерных материалов; потребительскую – брикетами, стаканчиками и в коробочки из полимерных материалов массой нетто по 100, 200 и 250 г, колбасками (только сырное) в целлофан или полимерные пленки массой до 1000 г.

При фасовании брикетами рекомендуется с целью упрочнения структуры масла и устойчивости работы фасовочных автоматов использовать стабилизаторы структуры: карбоксилметилкрахмал, моноглицериды, метилцеллюлозу и другие, разрешенные органами здравоохранения для сливочного масла.

Сроки реализации сливочного масла с вкусовыми наполнителями при температуре 5–8 °С в транспортной таре – до 60 суток. При температуре минус 18 °С масло с цикорием, по данным ВНИИМС, сохраняется более 12 месяцев.

Сроки реализации сливочного масла с вкусовыми наполнителями в потребительской таре при упаковке в пергамент – 10 суток, в кашированную алюминиевую фольгу и жестяную тару – 20 суток при температуре домашнего холодильника.

**Медовое масло.** Медовое масло вырабатывают с содержанием жира не менее 52,0 %, влаги – не более 17,0 %, меда – 30,0 %, СОМО – 1,0 % методом преобразования высокожирных сливок без добавления обезжиренных сухих веществ молока.

При производстве медового масла применяют мед пчелиный натуральный, центрифугированный, свободный от посторонних примесей, прозрачный. Мед перед употреблением фильтруют. Если мед имеет повышенную вязкость, его предварительно разогревают до температуры 45–50 °С, затем фильтруют и вносят в высокожирные сливки с содержанием влаги не менее 16 %. Мед вносят в высокожирные сливки из расчета содержания сахаров меда в готовом продукте не менее 25 %. Среднее содержание моносахаридов (глюкозы и фруктозы) в пчелином меде – 74,9 %.

При выработке медового масла смесь нагревают до температуры не выше 70 °С, выдерживают 20 мин, а затем направляют в маслообразователь. Параметры термомеханической обработки смеси в маслообразователе соблюдаются такие же, как и при производстве сладкосливочного масла с содержанием влаги 16 %.



## 2.10.9. Масло с регулируемым жирнокислотным составом

Жирнокислотный состав молочного жира – основа сливочного масла, не является идеальным из-за недостаточности полиненасыщенных жирных кислот.

Один из наиболее рациональных методов по модификации состава молочного жира – частичное добавление к нему растительных масел, богатых эссенциальными жирными кислотами.

В нашей стране разработана (ВНИИМСом под руководством Ф.А. Вышемирского) технология новой группы разновидностей масла с частичной заменой молочного жира в нем немолочными жирами: детское, диетическое, славянское, сырное, сухое, углециковое, городское, бутербродная паста.

**Детское сливочное масло.** В детском сливочном масле содержится жира не менее 50 %, в том числе растительного – 18 %, СОМО – 8,0–8,3 %, влаги – не более 42–35 %. Энергетическая ценность составляет 2081–2966 кДж.

Вкус и запах детского масла – характерный для сливочного масла с привкусом пастеризованных сливок или сладкий с выраженным вкусом используемого наполнителя (кофе, какао). Допускается слабый привкус растительного масла. Масло должно быть плотное, эластичное, с однородной структурой. Цвет – светло-желтый или характерный для используемого наполнителя. Детское масло предназначено для употребления в натуральном виде для детского, диетического и лечебного питания.

Существует две разновидности детского масла: диетическое и десертное.

Диетическое детское масло вырабатывают с использованием бифидобактерий. Десертное детское масло сладкое – с использованием в качестве вкусовых наполнителей сахарозы с цикорием или с какао (норма внесения соответственно 0,7 и 2,0 %).

Благодаря повышенному содержанию молочного белка (5,96 %), лактозы (до 6,65 %), полному набору незаменимых аминокислот, наличию большого количества эссенциальных жирных кислот детское сливочное масло является продуктом повышенной питательной ценности. По содержанию линолевой кислоты (10–11 %) детское диетическое масло приближается к содержанию ее в жире женского молока.

В детском масле регламентируются микробиологические показатели: количество мезофильных аэробных и факультативно-аэробных микроорганизмов К.О.Е. в 1 г продукта (не более  $2,5 \cdot 10^4$  – для масла диетического с бифидофлорой и  $5 \cdot 10^4$  – для масла с какао и цикорием). Бактерии группы кишечных палочек не допускаются в 0,01 г продукта. Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, в 25 г продукта не допускаются.

Для выработки детского масла используют высокожирные сливки с массовой долей жира 72,5–82,5 %. В высокожирные сливки вносят заранее подготовленные наполнители: растительное масло (подсолнечное или кукурузное после дезодорации и рафинирования), белковые наполнители, вкусовые добавки и др.

Требуемое количество высокожирных сливок ( $M_{в.с}$ ) рассчитывают по формуле

$$M_{в.с} = \frac{M_{пр} (Ж_{пр} - Ж_p)}{Ж_{в.с}},$$

где  $M_{пр}$  и  $Ж_{пр}$  – заданная масса готового масла, кг, и массовая доля жира в нем, %;  $Ж_p$  – массовая доля немолочного (растительного) жира в масле, %;  $Ж_{в.с}$  – массовая доля жира в высокожирных сливках, %.

Требуемое количество наполнителей определяют по следующим формулам:

растительного масла ( $M_p$ )

$$M_p = \frac{2 M_{в.с} Ж_{в.с}}{3(100 - B_p)};$$

сахарозы ( $M_c$ )

$$M_c = \frac{M_{пр} C_c}{100};$$

вкусовых наполнителей ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{M_{пр} C_c}{100};$$

пахты для нормализации ( $M_{пх}$ )

$$M_{пх} = M_{пр} - M_{н} - M_{с},$$

где  $V_p$  – массовая доля влаги в растительном жире, %;  $C_c$  – количество сахарозы в масле, %;  $C_n$  – количество наполнителей в масле, %;  $M_{св}$  – массовая доля сухих веществ в наполнителях.

Требуемое количество белковых наполнителей ( $M_{б.н}$ ) определяют по формуле

$$M_{б.н} = \frac{M_{пр} \cdot СОМО_{пр} - M_{в.с} \cdot СОМО_{в.с} - M_{к} \cdot СОМО_{б.н}}{СОМО_{о.м} - СОМО_{б.н}},$$

где  $СОМО_{пр}$ ,  $СОМО_{в.с}$ ,  $СОМО_{о.м}$ ,  $СОМО_{б.н}$  – массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка в масле, высокожирных сливках, обезжиренном молоке, белковом наполнителе (сухой молочно-белковой добавке) соответственно.

В качестве молочно-белковых добавок используют сухую добавку (ДМБ-2-70 или ДМБ3-80), сухое обезжиренное молоко или пахту, которые перед внесением в высокожирные сливки растворяют в обезжиренном молоке (пахте) при температуре 40–45 °С до массовой доли сухих веществ 43–45 %, гомогенизируют или обрабатывают в коллоидной мельнице с целью восстановления. Хранят восстановленные белковые наполнители в горячем состоянии не более 3 часов, охлажденными до 8–12 °С – не более суток.

Растительное масло и молочно-белковые добавки вносят в высокожирные сливки при температуре 60–65 °С, затем рассеивают на поверхности высокожирных сливок сухую смесь сахара-песка и порошка какао и добавляют раствор агара (в качестве стабилизатора структуры). Цикорий вносят в последнюю очередь перед подачей смеси в маслообразователь.

При использовании закваски бифидобактерий ее вносят 1–2 % в смесь высокожирных сливок и молочно-белковой добавки при температуре 40–50 °С. Закваска состоит из смеси культур бифидобактерий *Bifidobacterium landum* и молочнокислых бактерий *Str. diacetylactis* со слабой энергией кислотообразования и активных диацетилообразователей.

Примерные режимы работы маслообразователей следующие: производительность аппаратов Т1-ОМ-2Т 250–300 кг/ч и 200–250 кг/ч для весенне-летнего и осенне-зимнего периодов года, а температура масла на выходе из аппарата – 13–14 °С и 12–13 °С, пластинчатого РЗ-ОУА01000 – соответственно 450–500 кг/ч и 400–450 кг/ч, а температура на выходе из маслообразователя – 16–19 °С.

Фасуют детское масло в стаканчики (коробочки) из полимерных или комбинированных материалов массой 100 г и 250 г. Сроки реализации – до 10 суток со дня выработки при температуре не выше 5 °С.

**Сливочное масло диетическое** (сладкосливочное, несоленое) рекомендуется для людей пожилого возраста. Содержание линолевой и линоленовой жирных кислот в масле подобрано с учетом рекомендаций института питания РАМН.

Вкус и запах диетического масла такой же, как у сладкосливочного масла с привкусом пастеризации. Допускается слабый привкус растительного масла, используемого для выработки диетического масла. Масло должно быть плотное, эластичное, с однородной структурой. Цвет – характерный для сливочного масла, равномерный.

Вырабатывают диетическое масло методом сбивания сливок с использованием маслоизготовителей непрерывного действия. Масло вырабатывают из натуральных сливок, в которых молочный жир частично (на 25 %) заменен кукурузным или подсолнечным маслом дезодорированным и рафинированным.

Растительное масло вносят в цельное молоко. Смесь подогревают до 40 °С и сепарируют, в результате чего получают сливки с содержанием жира 38–42 %. Сливки пастеризуют при температуре 85–92 °С в весенне-летний период года и при 90–92 °С – в осенне-зимний и охлаждают до температуры, при которой сливки подвергаются физическому созреванию. Вследствие наличия растительного жира в смеси необходимо сливки выдерживать во время физического созревания и сбивать их при низких температурах. Во время физического созревания сливки выдерживают не менее 10 ч при температуре 2–4 °С в весенне-летний период года и 3–5 °С – в осенне-зимний. При этих же температурах сливки сбивают.

Для выработки диетического масла используют маслоизготовители непрерывного действия А1-ОЛЮ и другие модели маслоизготовителей аналогичного назначения. Режимы работы маслоизготови-

телей аналогичны применяемым при выработке сладкосливочного масла с традиционным составом (с содержанием жира 82,5 %).

Принципиально возможно диетическое масло вырабатывать, используя маслоизготовители периодического действия, и методом преобразования высокожирных сливок.

Фасование диетического масла осуществляется так же, как и сладкосливочного масла традиционного состава. Те же сроки реализации в потребительской таре. Срок реализации в транспортной таре – 90 суток.

Растительное масло, используемое при выработке диетического масла, хранят в герметических резервуарах в атмосфере нейтрального к нему газа – не более 1 мес., а в негерметических резервуарах – не более 7 суток.

**Славянское масло.** Технология славянского масла разработана Ф.А. Вышемирским, Г.В. Твердохлеб и В.А. Стаховским.

Славянское масло соленое и несоленое имеет характерные для сладкосливочного масла вкус и запах с приятным запахом используемого ароматизатора (в случае использования), для соленого масла – в меру соленый. Допускается слабый привкус растительного масла. Консистенция – пластичная, однородная, допускается слегка мягкая. Цвет – характерный для сливочного масла. Содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в нем составляет 10–12 %, трансизомеров – не более 8 %. Рекомендуется славянское масло для использования в кулинарных целях, в смежных отраслях пищевой индустрии, а также в натуральном виде.

Славянское масло вырабатывают из смеси натуральных сливок и жировой дисперсии растительных масел, подобранных по жирнокислотному составу или переэтерифицированных (смеси растительных масел и животных жиров), а также используя импортные жировые композиции растительных масел.

Славянское масло вырабатывают методами преобразования высокожирных сливок и сбивания сливок.

Славянское масло несоленое и соленое содержит соответственно жира – не менее 80, 79 %, в том числе растительного – 32, 31 %, СОМО – 1,5 и 1,5 %; влаги – не более 18,5 и 18,5 %. Используют ароматизатор (сливочный), β-каротин, поваренную соль.

При выработке славянского масла методом преобразования высокожирных сливок отдельно готовят при температуре  $50 \pm 2$  °С жи-

ровую дисперсию используемых немолочных жиров с обезжиренным молоком или пахтой с массовой долей жира 35–40 %. Смесь подвергают обработке в коллоидной мельнице или эмульсорах, смешивают в нормализационных ваннах с высокожирными сливками. В смесь добавляют поваренную соль, ароматизаторы, β-каротин и другие добавки в случае их использования.

Требуемое для составления смеси количество высокожирных сливок ( $M_{в.с}$ ), немолочного жира ( $M_p$ ), пахты или обезжиренного молока ( $M_{по}$ ), поваренной соли ( $M_c$ ) рассчитывают по следующим формулам:

$$M_{в.с} = \frac{M_{пр} (Ж_{пр} - Ж_p)}{Ж_{в.с}},$$

где  $M_{пр}$  и  $Ж_{пр}$  – заданная масса готового масла, кг, и массовая доля жира в нем, %;  $Ж_p$  – массовая доля немолочного (растительного) жира в масле, %;  $Ж_{в.с}$  – массовая доля жира в высокожирных сливках;

$$M_{пр} = \frac{2 M_{в.с} Ж_{в.с}}{3(100 - B_p)};$$

здесь  $B_p$  – массовая доля влаги в растительном жире, %;

$$M_{по} = \frac{(100 - Ж_d) M_p}{Ж_d},$$

где  $Ж_d$  – массовая доля жира в дисперсии, %;

$$M_c = \frac{M_{пр} D_c}{100},$$

здесь  $M_{пр}$  и  $D_c$  – расчетная масса готового масла, кг, и массовая доля соли в нем, %.

Требуемое количество β-каротина и ароматизатора рассчитывают по формуле, используемой для определения соли.

Массу готового продукта ( $M_{\text{пр}}$ ) определяют по формуле

$$M_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{в.с}} \cdot Ж_{\text{в.с}}}{Ж_{\text{пр}} - Ж_{\text{р}}}.$$

Смесь подвергают термомеханической обработке с использованием маслообразователей Т1-ОМ-2Т и РЗ-ОУА-1000 при следующих режимах соответственно: производительность – 400–600 кг/ч и 850–1000 кг/ч, температура масла на выходе из маслообразователя – 12–14 °С и 14–16 °С – независимо от периода года. Рекомендуется уточнять режимы с учетом конкретных условий производства, используемого оборудования и его технического состояния.

При выработке масла методом сбивания сливок используют маслоизготовители периодического и непрерывного действия.

Для выработки славянского масла готовят смесь немолочных жиров с обезжиренным молоком или пахтой. Смесь обрабатывают при температуре  $60 \pm 5$  °С обработкой в сбивателе маслоизготовителя непрерывного действия (при частоте вращения мешалки от 20 до 40  $\text{с}^{-1}$ ). Можно использовать и другие аппараты и устройства аналогичного назначения, в том числе эмульсоры. При этом происходит эмульгирование немолочных жиров в обезжиренном молоке (пахте).

Полученную дисперсию с массовой долей жира 33–37 % охлаждают до  $10 \pm 2$  °С и направляют в резервуары, где смешивают с требуемым количеством натуральных сливок.

Затем полученную смесь пастеризуют (при необходимости дезодорируют) и охлаждают до температуры физического созревания 3–6 °С для весенне–летнего периода года и 3–7 °С – для осенне-зимнего. Продолжительность выдержки смеси при физическом созревании соответственно не менее 5 и 7 часов. Допускается использовать дифференцированные режимы созревания сливок, соответствующие рекомендуемым для сладкосливочного масла традиционного состава.

Температура смеси при сбивании соответственно 6–11 °С и 7–12 °С для весенне-летнего и осенне-зимнего периодов года. Массовая доля влаги в масляном зерне должна составлять 15,3 %,

размер зерна – 3–5 мм. При выработке славянского масла масляное зерно не промывают.

Посолку в случае выработки соленого масла осуществляют раствором соли (в обезжиренном молоке или пахте) концентрацией 25 %, вносят с помощью дозирующего устройства при использовании маслоизготовителей непрерывного действия или в пласт масла при эксплуатации маслоизготовителей периодического действия.

Славянское масло фасуют так же, как и сладкосливочное масло традиционного состава, содержащее 82,5 % жира. Те же сроки реализации.

#### 2.10.10. Разновидности консервного сливочного масла

Назначением этой группы продуктов является: обеспечение полноценного питания людей, находящихся в экстремальных условиях (армия и флот, экспедиция, туристы и др.), снабжение труднодоступных районов, отдаленных регионов и др. Общие требования к этим продуктам: повышенная транспортабельность и продолжительная сохраняемость качества при нерегулируемых условиях температуры и влажности.

***Стерилизованное сливочное масло.*** Исходным сырьем являются высокожирные сливки, полученные путем удаления влаги из обычных сливок вакуумированием.

Стерилизованное сливочное масло по существующей технологии вырабатывают с использованием комплекса оборудования П8–ОЛУ или П8-ОЛФ, доукомплектованного автоматом для фасования высокожирных сливок в жестяные банки и автоклавом для их стерилизации.

Стерилизованное масло содержит жира – 82,5 и 78,0 % соответственно, СОМО – 1,5 и 2,0 %, влаги – 16 и 20 %.

Процесс получения высокожирных сливок с массовой долей жира 78,0 и 82,5 % осуществляется так же, как и при производстве сладкосливочного масла. После нормализации высокожирные сливки фасуют в предварительно подготовленные чистые стерилизованные жестяные банки, изготовленные из белой жести электролитического лужения с покрытием внутренней поверхности пищевым лаком или нелакированные – горячего лужения. Банки, наполненные горячими высокожирными сливками (60–70 °С), герметично укупоривают и стерилизуют при температуре 120 °С в течение 45 минут.



До стерилизации высокожирные сливки не должны охлаждаться ниже температуры отвердевания молочного жира 18–23 °С.

После стерилизации для обеспечения достаточного обращения фаз и формирования структуры, характерной для сливочного масла, банки с продуктом охлаждают в течение 20 минут холодной водой и направляют в холодильные камеры, где их выдерживают 12–14 ч при температуре 8–10 °С.

Срок хранения стерилизованного масла – до 3 мес. со дня выработки, в том числе на заводе – до 30 суток при температуре не выше 10 °С. У потребителя – при температуре не выше 25 °С до 2 мес. Допускается хранение стерилизованного масла до 12 мес. при температуре минус 13–15 °С.

Реализуют стерилизованное масло без подразделения на сорта.

Стерилизованное масло не должно содержать бактерии группы кишечных палочек, патогенной и протеолитической микрофлоры. При его органолептической оценке допускается незначительная крошливость, рыхлость, частицы вытопленного жира на поверхности и коагуляция отдельных частиц белка.

Стерилизованное масло, выработанное по существующей технологии (изложена выше), – это, по существу, стерилизованные высокожирные сливки.

С целью получения стерилизованного сливочного масла со структурой аналогичной структуре сливочного масла традиционного состава с массовой долей жира 82,5 %, ВНИИМСом на базе Руднянского завода Смоленской области была разработана технология, предусматривающая стерилизацию высокожирных сливок тоже в жестяных банках, но в движении (в динамике) с использованием непрерывно действующих стерилизаторов (трехкорпусных, горизонтальных роторного типа), применяемых при производстве стерилизованного молока.

В первом корпусе высокожирные сливки в банках подогревают до 100 °С с выдержкой 20 мин, во втором корпусе – стерилизуют при 124 °С в течение 25 мин, в третьем корпусе – охлаждают до температуры 12 °С в течение 25 мин.

При движении банок высокожирные сливки лучше прогреваются, сокращается процесс стерилизации с 45 до 25 мин, исключается опасность разделения фаз (жир – плазма), повышается степень обращения фаз и соответственно улучшается качество масла.

Также ВНИИМСом под руководством Ф.А. Вышемирского совместно с А.В. Дунаевым разработана технология *консервного сливочного масла* с характерными для традиционного масла структурно-механическими характеристиками и потребительскими показателями, включая органолептическую оценку.

Характерной особенностью предложенной (новой) технологии является «бестарная» (в потоке жидкости) кратковременная (30–50 с) стерилизация нормализованных высокожирных сливок при температуре 135–142 °С.

Кратковременность температурного воздействия наряду с полным уничтожением микрофлоры предупреждает формирование в продукте специфического «осаленного вкуса», присущего консервному маслу по существующей технологии.

Этому способствует быстрое охлаждение стерилизованных высокожирных сливок в потоке до 70–75 °С в трубчатом охладителе. Охлажденные стерилизованные высокожирные сливки по закрытому сливкопроводу подают в маслообразователь, где в результате интенсивного механического воздействия происходит обращение фаз жировой эмульсии с образованием масла.

Из маслообразователя масло по закрытому трубопроводу поступает на асептическое фасование, в заранее стерилизованные банки.

**Сухое сливочное масло.** Технология сухого сливочного масла без наполнителей с регулируемым жирнокислотным составом для детского питания разработана во ВНИИМСе Ф.А. Вышемирским, Н.В. Ивановой, А.В. Дунаевым. Сухое сливочное масло – сыпучий порошок светло-желтого цвета с приятным сливочным вкусом, быстрорастворимый в теплой воде (40–50 °С). В сухом масле содержится жира – 80 и 70 % и соответственно СОМО – 16 и 26 %, влаги 4 и 4 %.

В сухом масле допускается частичная замена (на 25 и 35 %) молочного жира кукурузным и подсолнечным дезодорированным и рафинированным маслом.

Сухое масло вырабатывается из натуральных высококачественных сливок с массовой долей жира не менее 30 %. Для повышения устойчивости жировой дисперсии в сливки перед сушкой добавляют белковый концентрат, получаемый из обезжиренного молока по оригинальной технологии.

Особенности технологии сухого масла: из получаемого в процессе сепарирования обезжиренного молока вырабатывают белковый концентрат (в жидком виде), используемый затем в качестве стабилизатора. Вносят белковый концентрат в количестве 10–15 % от массы сливок. Полученную смесь при температуре  $90 \pm 2$  °С гомогенизируют при 4–6 и 1–3 МПа и сушат, используя распылительные сушилки (с дисковым или форсуночным распылением). Температура смеси, поступающей в сушилку, 50–55 °С, воздуха – 150–170 °С, масла на выходе из сушилки – 75–85 °С.

Получаемый сухой порошок просеивают, охлаждают до температуры 17–19 °С и фасуют в бумажные многослойные мешки с внутренними, герметично заделанными полиэтиленовыми вкладышами массой не более 25 кг, в металлические банки (№ 9) по 500 г, пачки для сыпучих продуктов (№ 14, 38 и 44) массой нетто 500, 250 и 400 г с внутренним, герметично заделанным пакетом из ламинированной фольги или из комбинированных материалов.

Сроки хранения сухого масла при температуре от 0 до 10 °С и до 25 °С и относительной влажности воздуха не более 65 % соответственно 12 и 9 месяцев независимо от упаковки.

По данным Ф.А. Вышемирского, сухое масло остается пригодным к употреблению после 4 лет хранения в условиях домашнего холодильника.

Восстанавливают сухое масло в кипяченой и охлажденной до температуры 40–50 °С воде в соотношении 2–3 части продукта к 1 части воды.

Воду добавляют к сухому порошку, перемешивают до получения однородной пастообразной массы, которую выдерживают в бытовом холодильнике при 4–8 °С в течение 2–3 ч для упрочнения структуры. Срок хранения восстановленного масла при 4–8 °С – не более двух суток.

Предназначено сухое масло для использования в сухом виде на предприятиях общественного питания, в домашних условиях (для приготовления гарниров), в кондитерской и хлебобулочной отраслях пищевой промышленности, при производстве регенерированных молочных продуктов и в восстановленном виде (везде, где используют сливочное масло), в том числе для непосредственного употребления в пищу.

**Каймак, кремы с кофе и какао** – молочные консервы со структурой, близкой к сливочному маслу. Предназначены для использования в натуральном виде.

Вкус и запах – сливочный с характерным сладковато-соленым привкусом (для каймака) или сладкий с привкусом и запахом кофе или какао соответственно. Продукт пастообразный с однородной структурой. Допускается повышение плотности продукта у стенок банок и незначительное выделение жидкой фазы (до 10 мл) при 25 °С, прилипание продукта к крышке – для каймака, мучнистость – для крема с какао. Цвет кремовый – для каймака, светло-коричневый – для крема с кофе, коричневый – для крема с какао, однородный.

В каймаке, креме с кофе или какао содержится соответственно жира – 50, 45, 45 %; СОМО – всего 13, 10, 10 %, в том числе белка – 5, 5, 5 %, влаги – 37, 32, 30 %. Крем с кофе и какао содержит, кроме того, соответственно сахара – 12, 12 %. Активная кислотность рН – не более 6,8.

Особенности технологии: в высокожирные сливки при температуре 60–70 °С вносят заранее восстановленное сухое обезжиренное молоко или пахту (растворением в натуральном обезжиренном молоке или пахте в соотношении 1:1). Затем вносят вкусовые наполнители. При необходимости смесь нормализуют и пастеризуют при 90 °С с выдержкой 15–20 мин при постоянном перемешивании. Фасуют смесь в горячем состоянии в заранее подготовленные жестяные банки массой нетто 60 и 100 г. Герметично укупоривают на фасовочно-укупорочном автомате, стерилизуют при температуре 117 °С с выдержкой 15–20 мин в автоклавах периодического действия. Затем банки охлаждают сначала холодной водой до 20–25 °С в течение 30 мин, а затем – в холодильной камере до 2–6 °С с выдержкой 12 ч с целью формирования структуры и консистенции.

Сроки реализации: 20 мес. со дня выработки при температуре 1–6 °С и 12 мес. – при 20 ± 5 °С; при относительной влажности воздуха не более 85 %. Допускается хранение при повышенной температуре до 30 °С в течение 6 суток и до 40 °С – не более 3 суток; при относительной влажности воздуха до 98 % – в течение 2 суток.

### 2.10.11. Масло сливочное с облепихой

Данное масло с повышенным содержанием обезжиренных веществ молока вырабатывают только методом преобразования высоко-

кожирных сливок. Технологический процесс осуществляется в той же последовательности, как и при производстве сладкосливочного масла традиционного состава. Дополнительными операциями являются приемка и подготовка наполнителей, составление и пастеризация смеси. Исходные высокожирные сливки должны содержать 18–20 % влаги.

В высокожирные сливки при температуре 40–45 °С или 50–55 °С вносят сухую пахту или сухое обезжиренное молоко, свекловичный сахар или ксилит (сорбит), натуральный облепиховый сок. В результате добавления облепихового сока увеличивается содержание витаминов в масле. Содержание витаминов в масле зависит от температуры высокожирных сливок при внесении наполнителей.

При внесении наполнителей в высокожирные сливки при температуре 40–45 °С или 50–55 °С изменения витаминного состава незначительны. Наибольшим изменениям подвергаются витамин С и токоферол (Е).

После внесения наполнителей готовую нормализованную смесь подвергают термомеханической обработке в маслообразователе, при этом увеличивают удельные затраты энергии на механическую обработку смеси. При повышенном содержании СОМО в смеси увеличивается стабильность эмульсии. В результате увеличения удельных затрат энергии повышается степень обращения фаз, получается пластичное масло. Чтобы увеличить удельные затраты энергии на механическую обработку смеси, снижают по сравнению с паспортной производительность маслообразователя Т1-ОМ-2Т (не модернизированного) на 35–55 % и понижают температуру масла, выходящего из аппарата.

Параметры термомеханической обработки смеси в маслообразователе Т1-ОМ-2Т (не модернизированного) соответственно в осенне-летний и осенне-зимний периоды года следующие: производительность – 350–450 и 320–400 кг/ч, температура масла, выходящего из аппарата, – 11–13 и 11–12 °С, температура рассола – до минус 5 °С и до минус 3 °С.

## **2.11. Оценка качества сливочного масла**

При оценке качества сливочного масла устанавливают соответствие его свойств требованиям действующего ГОСТа по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Оценку качества масла по органолептическим показателям начинают с осмотра внешнего вида тары, при этом обращают внимание на правильность нанесения маркировки, укладку пергаменты. Отбирают пробы продукта для оценки его качества. Перед отбором пробы осматривают поверхность масла, наличие пустот, плотность упаковки. Пробу отбирают щупом.

Качество масла оценивают (по предложению Ф.А. Вышемирского) по шкале общим баллом 20, в том числе вкус и запах – 10 баллов, консистенция – 5 баллов, цвет – 2 балла, упаковка и маркировка – 3 балла.

В соответствии с действующим ГОСТом масло коровье подразделяют на два сорта: высший – с оценкой от 20 до 13 баллов, в том числе за вкус и запах – не менее 6 баллов и первый – с оценкой от 12 до 6 баллов, в том числе за вкус и запах – не менее 2 баллов. При оценке за вкус и запах менее 1 балла масло относится к нестандартной продукции и реализации не подлежит.

При оценке различных видов масла сначала оценивают сладкосливочное масло, затем кислосливочное, с вкусовыми наполнителями.

Вкус и запах масла определяют в специально выделенном помещении, светлом, чистом с постоянной температурой 10–15 °С, специально подобранными группами дегустаторов (экспертов). Температура в оцениваемых образцах масла должна быть  $12 \pm 2$  °С.

Следует иметь в виду, что вкусовые ощущения возникают через некоторое время после расплавления образцов масла во рту. При длительном контакте масла с поверхностью языка острота вкуса постепенно ослабевает. Поэтому для восстановления остроты вкусовых ощущений рекомендуется не задерживать долго образец масла во рту и делать интервал между последующим образцом не менее 1 минуты. После каждого образца следует прополоскать рот слабым настоем чая или разбавленным белым сухим вином. Через каждые 10–15 минут работы делать перерыв.

**Оценка консистенции.** В соответствии с действующим ГОСТом консистенция масла (при  $12 \pm 2$  °С) должна быть плотной, однородной, поверхность – на разрезе сухая, глянцевитая, допускается наличие одиночных капель влаги. Состояние консистенции масла оценивают с помощью специальных методов с целью определения дисперсности плазмы, термоустойчивости и пластичности.

*Индикаторный метод определения дисперсности плазмы.* Метод основан на способности капель влаги, находившихся на поверхности образца сливочного масла, при соприкосновении с поверхностью индикаторной бумаги, пропитанной раствором бромфенола синего, образовывать на ней сине-фиолетовые точки и пятна, которые сравнивают с эталоном (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное и плохое распределение капель плазмы).

*Пробы на «срез» и «изгиб».* От бруска масла массой 200–300 г (при  $12 \pm 2$  °С) или цилиндрика, отобранного щупом, ножом или заостренным шпателем, отрезают пластинку толщиной 1–2 мм, длиной 3–5 см, шириной 1–3 см и в средней ее части изгибают под углом 180°. Оценивают консистенцию в зависимости от характера изгиба:

отличная консистенция – пластинка имеет плотную ровную поверхность и края, при механическом воздействии – изгибе (надавливании) не ломается;

хорошая – пластинка имеет плотную ровную поверхность и края, при легком изгибе (надавливании) ломается;

удовлетворительная – пластинка имеет неровные края, при изгибе ломается;

крошливая – при отрезании пластинки она распадается на мелкие кусочки;

слоистая – при отрезании пластинка разделяется на слои с ровными краями;

излишне мягкая – срезаемая пластинка масла при надавливании легко деформируется (сминается), на вид – засаленная.

Термоустойчивость сливочного масла ( $T_p$ ) характеризует его способность сохранять форму при сравнительно повышенной температуре. Для определения термоустойчивости из бруска масла вырезают цилиндр диаметром и высотой по 20 мм и термостатируют образец при температуре  $30 \pm 1$  °С в течение 2 часов. Мерой термоустойчивости служит отношение начального диаметра ( $D_0$ ) исследуемого образца масла к среднему диаметру основания образца ( $D_k$ ) после термостатирования

$$T_p = \frac{D_0}{D_k}.$$

Шкала, характеризующая термоустойчивость сливочного масла:

Термоустойчивость	Показатель (коэффициент термоустойчивости)
Хорошая .....	1,0–0,86
Удовлетворительная .....	0,85–0,70
Неудовлетворительная .....	Менее 0,70

Структурно-механическими показателями, характеризующими пластичность масла, являются его твердость, восстанавливаемость структуры, вытекание свободного жира и др.

Для определения твердости в РФ используют твердомер Каминского и другие аналогичного назначения.

Восстанавливаемость структуры ( $V_{ст}$ ) характеризует степень обратимости связей в структурной сетке сливочного масла. Определяют соотношением величин прочности разрушенной структуры к неразрушенной, т. е. исходной:

$$V_{ст} = \frac{P_{в}}{P_{н}},$$

где  $P_{в}$  и  $P_{н}$  – предельное напряжение сдвига восстановившейся и неразрушенной структуры масла, Н/м<sup>2</sup>.

Вытекание свободного жидкого жира характеризует способность структуры сливочного масла удерживать жидкий жир. Пробу масла в форме кубика с длиной ребра 3,5 см (образцы могут быть и других форм и размеров, например используемые при определении термоустойчивости) помещают на 5 слоев фильтровальной бумаги, уложенной в чашку Петри. Затем выдерживают в термостате при 25 °С в течение 30 минут, после термостатирования осторожно удаляют с бумаги остатки масла. Количество вытекшего жира  $M_{в.ж}$  (%) определяют по формуле

$$M_{в.ж} = \frac{(c - a)100}{b - a},$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – масса чашки Петри с фильтровальной бумагой, с фильтровальной бумагой и кубиком масла, с пропитанной жиром фильтровальной бумагой и свободно вытекшим жиром, соответственно.



## 2.12. Пороки сливочного масла

### 2.12.1. Пороки вкуса и запаха масла кормового и технического происхождения

*Кормовые привкусы.* В масле могут быть обнаружены привкусы чеснока, лука, корнеплодов, силоса, жома и других кормов. Эти пороки всегда проявляются в свежеработанном масле и в процессе хранения не прогрессируют. Носителями кормовых привкусов являются специфические вкусовые и ароматические вещества (алколоиды, глюкозиды, эфиры и др.), которые переходят из корма в молоко, а затем – в сливки и масло. Типичный привкус, запах силоса, обусловлен наличием эфиров, спиртов, альдегидов и кетонов.

Привкус и запах силоса проявляются при неправильном брожении силоса. При правильном брожении силоса образующиеся пропионовая и масляная кислоты не оказывают отрицательного влияния на вкус и запах.

Специфический привкус силоса появляется в молоке не только при скармливании коровам силоса, но и при сильном его запахе в помещениях для дойки. Вещества, обуславливающие привкус чеснока, лука, полыни и других трав, являются жирорастворимыми и трудно удаляются при переработке молока.

Степень выраженности кормовых привкусов в масле зависит от качества и количества съедаемых коровами кормов, могущих быть причиной появления кормового привкуса в масле, санитарного состояния помещений для содержания и доения коров, а также характера последующей обработки молока и сливок.

Улучшение вкуса сливок с кормовым привкусом достигается при повышении температуры сливок, при пастеризации до 95÷96 °С и дезодорации. Наиболее эффективной мерой предотвращения кормовых привкусов является улучшение ботанического состава трав пастбищ, соблюдение требований к кормовому рациону, соблюдение правил кормления и доения коров. Сливки с кормовым привкусом необходимо перерабатывать отдельно.

*Нечистый вкус и запах.* Может ощущаться в масле при адсорбировании молоком специфических пахучих веществ в случае задержки его на длительное время после доения в открытых емкостях в недостаточно проветриваемом помещении скотного двора, при пло-

хом подмывании и обтирании вымени коров, механическом загрязнении молока при доении. В этих случаях нечистый вкус масла характеризуют как «хлевный», значительно снижается качество молока и масла. Чтобы не допустить появления в молоке нечистого вкуса и запаха («хлевного») необходимо улучшить санитарно-гигиеническое состояние помещений для содержания и доения коров.

Причиной появления нечистого вкуса в масле может быть большое содержание в рационе коров жмыхов ( $4,7 \div 5,0$  кг).

Нечистый вкус и запах ощущается в масле, содержащем остатки моющих средств (кальцинированной соды). Нечистый вкус во время начальной стадии развития посторонней микрофлоры в масле предшествует затхлому привкусу. Вещества, вызывающие нечистый вкус, прочно удерживаются в молоке и во время переработки могут перейти в масло. Для удаления этих веществ из молока и сливок необходимо пастеризовать сливки при высоких температурах (с выдержкой), дезодорировать, промывать масляное зерно.

*Затхлый привкус.* Ощущается в масле, выработанном из сливок, которые длительное время хранились в закупоренных емкостях, а также из сливок после их хранения в сырых затхлых помещениях, после длительного резервирования (старые сливки), при скармливании коровам плесневелого или прелого корма, при некачественной мойке инвентаря и оборудования.

Затхлый привкус может быть в результате микробиологических процессов, происходящих в масле из-за низкого санитарного состояния производства, использования недоброкачественной воды, длительного хранения масла в сырых помещениях с плюсовой температурой.

Во избежание появления порока следует строго соблюдать санитарно-гигиенические нормы для содержания скота и доения коров, хранения молока и сливок, их переработки; соблюдать режимы мойки инвентаря.

Сливки с затхлым привкусом следует пастеризовать при повышенной температуре ( $90 \div 115$  °С) и дезодорировать.

*Пригорелый привкус.* Является следствием пригорания коагулированных белков молока, которые во время пастеризации выпадают на греющую поверхность аппарата. Причиной порока является нетермоустойчивость молочных белков в сливках с повышенной кислотностью, коагуляция белков молока во время пастеризации сливок

кислотностью выше критической. Меры предупреждения – улучшение качества сливок.

*Посторонние вкусы и запахи.* Могут появиться в масле вследствие адсорбирования молоком, сливками, маслом различных пахучих веществ. Причиной порока может быть хранение и транспортировка молока, сливок, масла с пахучими веществами, переход в молоко запаха лекарств, применяемых при лечении животных, содержание в масле остатков моющих средств (кальцинированной соды, сульфаминовой кислоты и др.).

Во избежание появления порока необходимо хранить масло отдельно от других продуктов, перевозить масло специальным транспортом, тщательно сортировать молоко и сливки.

*Вкус и запах нефтепродуктов.* При наличии этого порока масло непригодно к употреблению. Причина порока – абсорбирование молоком, сливками, маслом запахов бензина, отработанных (моторных) газов и попадание в масло минеральных веществ.

Порок может вызывать даже самое незначительное количество пахнущих веществ в воздухе. Запах нефтепродуктов практически невозможно устранить.

В целях предотвращения порока необходимо не допускать попадания в масло минеральных веществ, тщательно сортировать молоко и сливки, хранить масло отдельно от других веществ и перевозить масло специальным транспортом.

*Металлический привкус.* Характеризуется вяжущим ощущением во рту. Порок появляется в результате растворения в плазме масла солей металлов – меди, железа и других, которые попадают в продукт при контакте молока, сливок с плохо луженой посудой, молокопроводами и оборудованием, а также из недоброкачественной воды, содержащей 3 мг/л железа и выше.

Металлы лучше растворяются в кислой среде, а поэтому порок чаще встречается в кисломолочном масле и сладкомолочном, выработанном из сливок с повышенной кислотностью. Имеются данные о том, что появлению металлического вкуса способствует повышенное содержание диацетила в кисломолочном масле. Металлический привкус при длительном хранении предшествует появлению олеистого, а затем рыбного вкуса и запаха.

Металлический привкус может вызвать железо при попадании в масло в количестве 0,8 мг/кг, в то время как его содержание в коли-

честве даже 1,25 мг/кг в связанном состоянии при переходе из молока не влечет за собой появление порока.

В целях избежания порока следует использовать аппаратуру из некоррозионных металлов и удалять металлы из промывной воды.

*Слабый аромат и невыраженный (пустой) вкус.* Ощущается вследствие пониженного содержания в масле ароматических и вкусовых веществ.

Чаще встречается в вологодском и кисломолочном масле. Причины: недостаточно высокая температура сливок при пастеризации, излишняя дезодорация сливок, слабая активность культур применяемой бактериальной закваски, переработка стародойного молока, одностороннее кормление коров грубыми кормами, при скормливании жмыхов в большом количестве (4,7÷5,0 кг), излишняя промывка масляного зерна, излишне длительное пребывание высокожирных сливок (более 30÷40 минут) в ваннах для нормализации. С целью недопущения порока необходимо устранить вызывающие его причины.

### 2.12.2. Пороки микробиологического и химического происхождения

*Кислый вкус* (для сладкосливочного масла). Порок связан с развитием молочнокислой микрофлоры в излишнем количестве в сливках во время производства масла и в масле во время хранения. Причиной порока может быть использование сливок повышенной кислотности, недостаточно эффективная пастеризация сливок, вторичное обсеменение сливок микрофлорой после пастеризации и хранение масла при температуре выше 10 °С. В случае арбитража излишне кислый вкус для кисломолочного масла отмечается при кислотности плазмы масла выше 55 °Т, для сладкосливочного – выше 23 °Т.

Во избежание появления порока необходимо не допускать снижения температуры при пастеризации ниже 85 °С, соблюдать режимы при физическом и биохимическом созревании сливок и условия хранения масла.

*Нечистый, затхлый, сырный, гнилостный привкусы.* Это пороки микробиологического происхождения; чаще встречаются в сладкосливочном масле. Появляются в результате накопления в масле продуктов расщепления белков плазмы под влиянием раз-

вития посторонней и гнилостной микрофлоры, которая переходит в масло из недоброкачественного сырья, промывной воды, бактериальной закваски. Появлению порока способствуют недостаточно высокая температура сливок при пастеризации и длительное хранение сливок при низких температурах до сбивания, низкий санитарно-гигиенический уровень производства, использование для промывки масла недоброкачественной воды, низкая степень диспергирования плазмы в масле.

Под влиянием развития протеолитической и гнилостной микрофлоры белки плазмы масла ферментами протеазами расщепляются вначале на пептоны и пептиды, а в последующем – на аминокислоты и др.

В зависимости от степени накопления продуктов расщепления белков в плазме масла во время хранения нечистый, затхлый, гнилостный привкусы могут следовать один за другим.

Начальной стадией развития пороков является нечистый вкус масла. При наиболее глубоком распаде белков плазмы масла ощущаются сырный и гнилостный привкусы.

Гнилостный привкус появляется в результате накопления продуктов распада аминокислот – индола и аммиака – под действием гнилостной микрофлоры, обладающей протеолитической активностью, зона действия протеаз которых лежит в слабокислой или нейтральной области.

*Сырный привкус и запах.* Вызывается веществами, образующимися при расщеплении белка протеолитическими бактериями и плесенями; наблюдается только в масле после длительного хранения.

Степень выраженности сырного привкуса зависит от количества *n*-валерьяновой кислоты. Другие летучие кислоты с низкой молекулярной массой также вызывают данный порок.

В большинстве случаев сырный привкус ощущается при хранении масла в условиях плюсовых температур. Обсеменение масла микрофлорой, вызывающей сырный привкус, происходит при использовании недоброкачественной воды, неудовлетворительных санитарно-гигиенических условий производства и низкокачественного сырья.

*Горький вкус.* Может быть различного происхождения. Горький вкус появляется в масле в результате образования пептонов при расщеплении белков плазмы под действием ферментов микроорганизмов (дрожжей, плесеней, некоторых видов флюоресцирующих

бактерий), при попадании в масло при посолке солей магния и сернокислого натрия; в случае перехода в молоко, а затем в масло алколоидов и глюкозидов растений при поедании коровами некоторых кормов (полыни, люпина, зеленой ржи в избытке, ячменя, овса); наблюдается в масле, выработанном из стародойного молока, а также из молока коров, больных маститом. Порок не связан с качественным изменением жира.

Для предупреждения развития горького вкуса в масле необходимо пастеризовать сливки при температуре не ниже  $85\div 90$  °С, строго соблюдать санитарно-гигиенический режим, хлорировать воду и оборудование, не применять молоко от больных коров, использовать для посолки масла только поваренную соль «Экстра».

*Плесневение масла.* Различают поверхностное и внутреннее плесневение масла. Плесневение масла наблюдается при недостаточно эффективной пастеризации сливок, неудовлетворительном распределении плазмы в монолите масла и неплотном наполнении тары маслом. Плесени способны выделять ферменты, расщепляющие жир. Поэтому при развитии плесени появляется прогорклый вкус. Большое влияние на развитие плесени оказывают температура и влажность воздуха.

Плесневение масла можно избежать путем ограничения заражения масла спорами плесеней и создания условий, препятствующих развитию спор плесеней в масле.

Для ограничения условий заражения масла плесенью следует тщательно дезинфицировать помещение, тару и аппаратуру; эффективно пастеризовать сливки, поддерживать высокое санитарное состояние производства.

Ограничить условия развития плесени можно путем тщательного диспергирования влаги в масле во время обработки, плотного наполнения тары маслом, хранения масла при низкой температуре и невысокой влажности. При 0 °С рост плесени в масле значительно замедляется, а при минус 11 °С и относительной влажности воздуха около 80 % прекращается полностью. Концентрация соли в масле 1,5÷2 % замедляет, а 4 % полностью прекращает рост плесеней. С целью борьбы с плесневением масла применяют дрожжи.

*Штафф* – изменение поверхностного слоя монолита масла, который во время хранения становится более желтым, полупрозрачным. В поверхностном слое масла появляются специфический запах

и неприятный горьковатый вкус, а иногда вкус, подобный гнилостному или затхлому привкусу.

Образование штаффа сопровождается резким повышением кислотности плазмы и жира, увеличением количества растворимых азотистых соединений, накоплением альдегидов; заметным снижением йодного числа.

Причиной порока являются полимеризация и окисление молочного жира под действием ферментов, выделяемых микроорганизмами. Изменению вкуса способствует накопление продуктов полимеризации и окисления молочного жира и растворимых азотистых соединений в поверхностном слое масла, а также изменение кислотности жира и плазмы.

Штафф появляется вследствие развития в поверхностном слое протеолитических психротрофных бактерий, особенно флуоресцирующих бактерий, а также плесеней, особенно *Oidium lactis*.

Катализаторами являются свет и кислород воздуха, проникающие к поверхностному слою монолита масла через упаковочные материалы, соли тяжелых металлов, особенно меди и железа, содержащиеся в упаковочных материалах в виде примесей.

Развитие штаффа сопровождается высушиванием поверхностного слоя масла. Чем выше степень дисперсности плазмы масла и ниже содержание газовой фазы, тем с меньшей скоростью образуется штафф. При низких температурах масла во время хранения развитие штаффа задерживается, но не исключается.

При герметической упаковке полностью исключается развитие штаффа.

При использовании газо-, влаго- и паронепроницаемых материалов, таких как алюминиевая кашированная пергаментом фольга и полимерные материалы, штафф не образуется.

Пороки микробиологического происхождения реже встречаются в кисломолочном соленом масле, так как молочная кислота и поваренная соль задерживают развитие гнилостных бактерий.

Чтобы предотвратить развитие пороков микробиологического происхождения, необходимо устранить причины, способствующие развитию посторонней и гнилостной микрофлоры в сливках и масле. С этой целью следует ограничивать время хранения сливок на заводе до начала их переработки и сокращать длительность технологического процесса, повышать степень дисперсности плазмы масла.

Чтобы повысить степень дисперсности плазмы масла и тем самым затормозить развитие микрофлоры, вызывающей порчу, масло, выработанное в маслоизготовителе периодического действия, подвергают механической обработке в гомогенизаторе, что особенно необходимо при фасовании масла в потребительскую тару.

### 2.12.3. Пороки вкуса и запаха химического происхождения

*Прогоркание масла.* Это наиболее типичный и распространенный порок масла. Масло приобретает щиплющий вкус и неприятный запах испорченного жира. Прогоркание начинается с поверхности масла и постепенно проникает внутрь монолита; масло приобретает ярко-желтый оттенок. Порок вызывается как нативными, так и бактериальными липазами. Липолитической способностью обладают плесени, флуоресцирующие бактерии и некоторые виды протеолитических бактерий. Активно участвуют в прогоркании плесени *Oidium lactis*, *Cladosporium butyri* и другие, а в несоленом сладкосливочном масле, кроме того, – бактерии *Pseudomonas*, *Bact. fluorescens*, *Bact. prodigiosum* и др. Прогоркание наблюдается чаще у несоленого сладкосливочного масла, выработанного методом сбивания сливок; значительно реже – в масле, выработанном методом преобразования высокожирных сливок. Причиной порока является гидролиз жира. При прогоркании масла изменениям подвергаются жирные кислоты всех гомологических рядов, но основная роль в появлении порока принадлежит низкомолекулярным и ненасыщенным кислотам и их изомерам.

При этом в масле накапливаются свободные жирные кислоты с короткими цепями – масляная, каприновая, общая кислотность масла повышается, но на более поздних стадиях прогоркания может снизиться. Особенно резкое ощущение вкуса и запаха прогорклого масла появляется при накоплении свободной масляной кислоты и ее эфиров.

Придают маслу типичный прогорклый вкус освобождающиеся при гидролизе жира низкомолекулярные летучие жирные кислоты – каприновая, капроновая, особенно масляная и ее эфиры уже при концентрации 50 мг/кг.

Прогорклый вкус сливочного масла появляется при наличии в 100 г продукта всего лишь  $10^{-6}$  масляной кислоты и  $25^{-6}$  кап-



роновой, а также при накоплении метилкетонов в большом количестве.

Свободные высокомолекулярные жирные кислоты, образующиеся во время прогоркания масла (стеариновая, пальмитиновая), не оказывают влияния на вкус масла, так как они нерастворимы в воде.

В целях недопущения порока следует использовать молоко и сливки, не подвергавшиеся липолизу, не допускать повторного обсеменения масла посторонней микрофлорой, попадания в сливки и масло солей меди и железа, снижения температуры сливок при пастеризации ниже 85 °С, соблюдать технологические режимы производства, хлорировать оборудование и инвентарь, быстро охлаждать масло до минусовой температуры.

*Салистый вкус* (осаливание). Салистый вкус появляется в результате накопления в масле насыщенной диоксистеариновой кислоты, которая образуется при окислении олеиновой кислоты. Диоксистеариновая кислота может образовываться и в результате распада перекиси олеиновой кислоты или при воздействии на кислоту свободных радикалов ОН, НОО. При этом повышается температура плавления молочного жира, что вызывает прилипание продукта к поверхности языка и ощущение привкуса сала.

Появлению порока предшествует металлический привкус. При появлении данного порока изменяется естественная желтая окраска масла, которое постепенно становится белым. Изменение цвета начинается с поверхности монолита и постепенно проникает внутрь. Обесцвечивание масла связано с окислением каротина.

Степень окисления масла зависит от интенсивности освещения, продолжительности воздействия света и особенно от длины его волны. С увеличением интенсивности освещения и продолжительности воздействия света степень осаливания возрастает, особенно при воздействии ультрафиолетовых лучей. Скорость осаливания увеличивается с повышением температуры, при наличии большого количества газовой фазы в масле.

Окислительные процессы ускоряются в масле с пороком «слоистость».

По данным Кинга, в присутствии диацетила – носителя аромата кисломолочного масла – масло осаливается независимо от того, подвергалось ли оно воздействию света или нет.

О склонности масла к осаливанию судят по продолжительности индукционного периода. Увеличение индукционного периода свидетельствует об уменьшении склонности масла к осаливанию. Осаливание масла ускоряется под воздействием кислорода воздуха, света, солей тяжелых металлов. Наиболее опасно присутствие меди, количество которой не должно превышать  $10^{-6}$  г на 1 кг масла. Действие металлов и их солей особенно проявляется, если они находятся в мелких каплях плазмы.

При наличии таких капель образуется большая поверхность соприкосновения плазмы с жиром, что способствует более активному действию металлов на жир.

Окисление жира является автокаталитической реакцией, поэтому низкие температуры при хранении масла не могут быть использованы для прекращения развития порока, если осаливание масла уже началось. Начавшийся процесс окисления молочного жира может продолжаться даже при минус 17 °С.

Во избежание появления порока следует предохранять масло от воздействия света, особенно солнечных лучей, охлаждать масло после выработки до низких минусовых температур, исключить попадание солей металлов в масло в процессе производства, плотно наполнять тару продуктом, чтобы в нем отсутствовали воздушные пустоты, соблюдать требования при механической обработке масла и использовать обработку масла под вакуумом, что позволяет снизить содержание газовой фазы в масле до 0,1 мл в 100 г.

Для предотвращения порока следует применять упаковочный материал с низким содержанием меди и железа. Содержание меди и железа в упаковочном материале не должно превышать 0,2 и 5 мг/м<sup>2</sup> соответственно. Можно использовать антиокислители (дрожжи).

*Олеистый привкус.* В масле ощущается привкус растительного масла, иногда с оттенком олифы; появляется в результате накопления в масле продуктов окисления линолевой и арахидоновой жирных кислот – 1,3-октанона; метилового эфира линолевой кислоты, гидроперекисей, а также продуктов расщепления олеиновой кислоты – альдегидов.

Развитие олеистого привкуса вызывается наличием в масле солей тяжелых металлов, катализирующих процесс окисления жира. Причиной олеистого привкуса может быть скармливание коровам прогорклых жмыхов и бобов. Олеистый привкус появляется при

высокой степени сквашивания сливок и нередко переходит в рыбный привкус.

Чтобы избежать порока, следует строго контролировать степень сквашивания сливок, принимать меры, предохраняющие молочный жир от окисления. Можно применять антиокислители.

*Рыбный привкус* масла могут вызывать альдегиды: н-гексанааль, образующийся при окислении линолевой кислоты, и н-гептаноаль, образующийся при окислении олеиновой кислоты, и другие альдегиды.

Причиной появления рыбного привкуса в масле может быть также гидролитический распад лецитина под действием гнилостных бактерий с образованием холина. Холин под действием бактериальных ферментов, присоединяя воду, распадается дальше на составные части, в том числе триметиламин, обладающий неприятным селедочным запахом и вкусом.

По данным Мора и Моса, при содержании в масле триметиламина в количестве  $10^{-6}$  г в 100 г продукта уже появляется специфический запах.

Рыбный привкус чаще всего встречается в соленом кисломолочном масле; в соленой плазме лецитин растворяется и становится доступным для гидролиза.

Рыбный привкус вызывается присутствием в масле солей тяжелых металлов, катализирующих процесс окисления жира.

В целях предотвращения порока необходимо сквашивать сливки до рН не выше 4,6÷4,9; исключить попадание в сливки и масло солей железа выше допустимого количества и не допускать чрезмерной посолки масла.

#### 2.12.4. Пороки консистенции (структуры) сливочного масла

Масло не должно быть излишне мягким. Летом при температуре 18÷20 °С, а зимой при температуре 8÷10 °С масло должно быть достаточно пластичным.

Появление пороков консистенции сливочного масла является следствием изменения прочности дисперсной структуры масла. Причиной появления пороков консистенции масла является нарушение установленных технологических режимов производства масла.

*Крошливое масло.* Характеризуется повышенной твердостью, хрупкостью и недостаточной связностью монолита. Крошливость появляется, если в масле образуется непрочная кристаллическая сетка из крупных кристаллоагрегатов и в процессе образования фазовых контактов между твердыми частицами жира при развитии пространственной структуры возникает излишнее увеличение внутреннего упругого напряжения.

Порок чаще встречается при выработке масла в зимний период – при высоком содержании высокоплавких глицеридов в молочном жире.

При выработке масла методом сбивания сливок масло становится крошливым при нарушении установленных режимов физического созревания сливок для различных периодов года, при пониженной температуре сливок во время сбивания, излишней выдержке масляного зерна в промывной воде или значительном понижении температуры промывной воды, недостаточной механической обработке масляного зерна, неправильном режиме охлаждения и хранения масла.

Крошливое масло может быть при недостатке в рационе коров сочных и избытке грубых кормов, скармливании хлопкового жмыха и шрота, при выработке масла из замороженных сливок.

Мерами предотвращения крошливости масла являются: соблюдение рекомендуемых технологических режимов на производстве.

При получении излишне твердого масла его можно подвергнуть дополнительно механической обработке на гомогенизаторе и улучшить консистенцию.

Можно улучшить консистенцию масла путем добавления летних сливок к зимним.

При выработке масла *методом преобразования высокожирных сливок крошливое масло* получается, если механическому воздействию подвергается недостаточное количество отвердевшего жира в зоне кристаллизации в маслообразователе и излишнее количество жира отвердевает без механического воздействия в монолите масла, вследствие чего образуется излишнее количество крупных твердых частиц жира, участвующих в образовании кристаллической сетки. Прочность кристаллической сетки понизится вследствие образования хрупких, недостаточно упругих контактов между крупными твер-

дыми частицами жира из-за излишнего увеличения внутренних упругих напряжений.

В целях предотвращения выработки крошливого масла необходимо увеличить интенсивность или продолжительность механического воздействия на продукт в маслообразователе, чтобы интенсифицировать кристаллизацию глицеридов с целью увеличения числа центров кристаллизации и повышения степени отвердевания молочного жира непосредственно в маслообразователе. Это достигается снижением производительности маслообразователя. С этой же целью снижают температуру масла, выходящего из аппарата.

При этом следует иметь в виду, что чрезмерное снижение температуры при быстром охлаждении жира и увеличение степени его механической обработки в маслообразователях способствует уменьшению количества высокоплавкого твердого жира, вследствие чего снижается формоустойчивость масла и ухудшается его способность удерживать жидкий жир при повышенных комнатных температурах.

Для предотвращения порока следует обеспечить стабилизацию режима работы маслообразователя, используя для этого систему автоматического регулирования подачи рассола в рубашку маслообразователя; исключить нормализацию высокожирных сливок.

*Рыхлое масло* наблюдается в основном в масле, выработанном методом сбивания сливок. Твердость масла при этом заметно уменьшается. Рыхлость монолита масла появляется в результате увеличения содержания воздуха в нем и обнаруживается при содержании в 100 г масла более 5÷6 мл воздуха. В таре не помещается стандартная масса продукта. Цвет рыхлого масла бледнее обычного. При выработке масла *методом сбивания сливок* причиной порока является избыточная вработка шнеками воздуха в масло и наблюдается в основном в масле, выработанном в маслоизготовителях непрерывного действия.

В целях предупреждения появления порока следует не допускать повышения производительности маслоизготовителя выше паспортной.

При выработке масла *методом преобразования высокожирных сливок* рыхлое масло получается исключительно при нарушении режимов сепарирования; неплотной сборке сливкопровода на всасывающей линии и других технических неисправностей оборудования.

Для предупреждения появления порока необходимо устранить причины повышения газовой фазы в масле выше допустимого количества (2÷4 мл воздуха в 100 г масла).

*Мягкое масло* характеризуется низкой термоустойчивостью, пониженной способностью удерживать жидкий жир, повышенной липкостью. Масло при температуре 10÷12 °С прилипает к поверхности шпателя или щупа в виде шероховатого слоя, при 18÷20 °С – становится излишне мягким. В масле преобладают коагуляционные контакты. Масло отличается способностью к остаточной деформации и ползучестью при длительном нагружении, низкой прочностью кристаллической сетки.

Мягкое масло может быть рыхлым, сметанообразным на вид, при этом теряются его товарные качества. Из рыхлого масла иногда выделяются капли плазмы («мутная слеза»), если при механической обработке мягкого масляного зерна не было обеспечено достаточное диспергирование плазмы. Порок чаще встречается в летнем масле с повышенным содержанием низкоплавких глицеридов.

При выработке масла *методом сбивания сливок* причиной порока может быть недостаточная степень отвердевания молочного жира во время физического созревания сливок, особенно летом, когда в жире содержится повышенное количество ненасыщенных жирных кислот. Порок появляется при повышенной температуре сливок во время сбивания (в летний период – выше 12 °С, а в зимний период – выше 14 °С): при повышении температуры масляного зерна во время обработки (выше 12÷15 °С – в летний период и выше 13÷16 °С – в зимний период), а также при скормливании льняного жмыха в большом количестве (более 2,5 кг в сутки) коровам, молоко которых используется для выработки сливочного масла.

Чтобы не допустить выработку мягкого масла, следует увеличить продолжительность выдержки и понизить температуру сливок во время физического созревания с целью повышения степени отвердевания жира; понизить температуру сливок при сбивании и температуру масла при механической обработке во избежание чрезмерного расплавления жира; применять дифференцированные режимы физического созревания сливок, чтобы обеспечить в твердом жире масла необходимое соотношение между высокоплавкими и низкоплавкими группами смешанных кристаллов (1:2).

Рекомендуется использовать промывку для улучшения консистенции масляного зерна.

При выработке масла *методом преобразования высокожирных сливок* мягкое масло медленно отвердевает: при отвердевании температура масла незначительно повышается (на 1,5 °С). Отвердевание масла замедляется из-за уменьшения интенсивности броуновского движения мелких частиц твердого жира. Порок обнаруживается после завершения процесса вторичного структурообразования в монолите масла.

Мягкое масло получается, если в маслообразователе продукт подвергается излишне длительной, интенсивной механической обработке и охлаждается до излишне низких температур, вследствие чего увеличивается число мелких частиц твердого жира и коагуляционных компонентов. Образуются низкоплавкие группы смешанных кристаллов, глицеридов; в образовании кристаллической сетки участвует недостаточное количество более крупных частиц твердого жира и смешанных кристаллов глицеридов и полиморфных форм с более низкой температурой плавления, что приводит к понижению ее механической прочности и термоустойчивости. Масло становится мягким и не термоустойчивым.

Причинами данного порока масла являются: заниженная производительность маслообразователя при нормальном охлаждении, излишнее охлаждение масла во время механической обработки, увеличение частоты вращения рабочих органов маслообразователя (мешалки).

В целях предотвращения порока необходимо избегать излишне продолжительной механической обработки продукта в зоне кристаллизации маслообразователя. При появлении порока следует с целью его устранения повысить производительность маслообразователя, чтобы сократить продолжительность механической обработки продукта в зоне кристаллизации маслообразователя, повысить температуру масла, выходящего из маслообразователя, на 1÷2 °С, чтобы уменьшить количество отвердевшего жира при механической обработке продукта в маслообразователе.

На кристаллизацию глицеридов в жире и образование структуры масла оказывает влияние химический состав молочного жира. Поэтому при выборе режима термомеханической обработки высокожирных сливок в маслообразователе следует строго учитывать химический состав молочного жира.

*Мучнистость масла.* Ощущается органолептически в результате неоднородного расплавления пробы масла на языке. В зависимости от степени выраженности ощущения дегустаторы квалифицируют указанный порок как мучнистость, песчанистость или крупитчатость. Мучнистость масла не оказывает заметного влияния на его пластичность.

Мучнистость ощущается при наличии в масле крупных кристаллоагрегатов размером 30 мкм и более.

При выработке масла *методом сбивания сливок* мучнистость масла встречается редко. Причиной порока является наличие в масле во время отвердевания после его выработки излишнего количества жира, расплавленного при сбивании сливок и механической обработке масляного зерна. Порок появляется также в результате коагуляции белка при пастеризации подмороженных сливок с повышенной кислотностью; при повышенной температуре и продолжительной выдержке сливок в горячем состоянии, когда возможно образование коагулированных частиц белка.

Для предотвращения порока следует избегать чрезмерного увеличения длительности сбивания сливок; при получении мягкого масляного зерна снижать температуру промывной воды, соблюдать рекомендуемые режимы созревания и сбивания сливок и обработки масляного зерна.

При производстве масла *методом преобразования высокожирных сливок* причиной порока является наличие излишнего количества свободного жидкого жира в масле, выходящем из маслообразователя, и повышение его температуры. При кристаллизации глицеридов в монолите масла из расплава при отсутствии перемешивания при повышенной температуре образуется мало центров кристаллизации, вследствие чего увеличение количества твердого жира в масле происходит за счет линейного роста кристаллов. При этом в условиях медленного охлаждения монолита масла в холодильной камере во время вторичного структурообразования образуются крупные кристаллы и их агрегаты, которые медленно плавятся и вызывают ощущение мучнистости.

Причинами повышенного содержания свободного жидкого жира в масле могут быть: вытапливание жира в процессе пастеризации и сепарирования сливок, длительная выдержка высокожирных сли-



вок в ваннах для нормализации, использование для получения масла сливок с повышенной кислотностью, а также подмороженных.

В целях предотвращения порока необходимо максимально ограничить выделение свободного жидкого жира из сливок в процессе их переработки. Для этого не следует допускать на производство масла сливки с повышенной кислотностью, длительную выдержку высокожирных сливок при высокой температуре в ваннах для нормализации, следует избегать повышения температуры масла, выходящего из маслообразователя, выше установленных величин. Соблюдать режим работы маслообразователя, повысить требования к качеству сливок.

*Слоистость масла* является характерным пороком консистенции масла, вырабатываемого методом преобразования высокожирных сливок. Масло при разрезании разделяется на слои разной толщины с ровными гладкими краями.

Слоистость наблюдается в масле с содержанием газовой фазы 1 мл на 100 г (содержание газовой фазы в масле колеблется в пределах  $0,3 \div 0,5$  мл/100 г).

Слоистость масла часто сопровождается пороком крошливости, масло становится нетермоустойчивым. Слоистость появляется в результате послойного отвердевания масла при формировании монолита масла в таре. Причинами порока являются завышенная производительность маслообразователя и недостаточная термомеханическая обработка продукта в зоне кристаллизации. При завышенной производительности маслообразователя и недостаточной механической обработке продукта в маслообразователе не достигается нужная степень отвердевания жира, излишнее количество переохлажденного жира выходит из маслообразователя. Во время охлаждения в маслообразователе образуются многочисленные центры кристаллизации высокоплавких глицеридов в молочном жире. При выходе из маслообразователя в переохлажденном жире глицериды быстро кристаллизуются уже при движении слоя масла, выходящего из маслообразователя и слой масла отвердевает настолько быстро, что не растекается по поверхности монолита масла, а образуется горка, с которой сползают отвердевающие слои масла, которые не смешиваются с нижними слоями.

Такое послойное отвердевание масла и приводит к появлению порока «слоистость масла». Послойное отвердевание и структуро-

образование в каждом отдельном слое могут проходить по-разному в зависимости от толщины слоя, вследствие различной скорости охлаждения слоя. Расслоение монолита масла на слои способствует захватыванию воздуха на границе соприкосновения застывшей поверхности верхнего слоя масла и слоем масла, вытекаемого из маслообразователя, а также наличие в высокожирных сливках вытопленного жира.

Причиной порока может быть низкая температура высокожирных сливок, поступающих в маслообразователь.

В целях предотвращения выработки масла с пороком «слоистость» следует избегать дестабилизации жира в сливках при получении высокожирных сливок; обеспечить режим работы маслообразователя, необходимый для полного завершения процесса первичного структурообразования.

Не допускать снижение температуры высокожирных сливок до поступления их в маслообразователь ниже установленного уровня и завышение производительности маслообразователя.

*Засаленное масло* получается только при выработке его методом сбивания сливок. На разрезе засаленное масло характеризуется бледной, матовой окраской, напоминающей по внешнему виду сало. При взятии пробы шупом масло прилипает к нему, при нажатии – легко деформируется. Снижаются упругость и эластичность масла.

Порок обнаруживается при изменении структуры масла под влиянием излишне длительной механической обработки, во время которой в масло втирается повышенное количество воздуха (до 10 мл на 100 г и более); происходят избыточное расплавление ранее отвердевших глицеридов в молочном жире и чрезмерное увеличение общей поверхности капель плазмы и пузырьков газовой фазы в результате их диспергирования, увеличивается число коагуляционных контактов. Порок обнаруживается после охлаждения масла. По данным Д.В. Качераускиса, в засаленном масле отмечено резкое понижение предельного напряжения сдвига до  $1,0 \text{ н/см}^2$  (при  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и ниже, что связано с увеличением коагуляционных контактов и разрушением кристаллизационных контактов между твердыми частицами жира.

Причиной появления порока «засаленное масло» могут быть длительное сбивание сливок, избыточная механическая обработка масла, а также его растирание во время формования и упаковывания.

В целях предотвращения порока необходимо соблюдать установленные режимы физического созревания и сбивания сливок, механической обработки масла, не допуская избыточного механического воздействия на масло и растирания его при заполнении тары маслом при формовании.

### 2.12.5. Пороки цвета масла

*Белое масло.* Цвет масла становится белым при недостатке пигментов в молочном жире, особенно в осеннее-зимний период года при стойловом содержании скота. В рационе кормов мало кормов, содержащих  $\beta$ -каротин. Интенсивность окраски масла понижается по мере снижения концентрации жира и повышения содержания воздуха. Белое масло может быть в результате засаливания. Для устранения порока масло подкрашивают  $\beta$ -каротином (провитамином А) из расчета  $0,08 \div 0,1$  % масляного раствора (концентрацией 0,2 %) препарата или в пересчете на чистый препарат до 2,0 мг/кг. Подкрашивание масла  $\beta$ -каротином в нашей стране разрешено существующим ГОСТом.

*Неоднородный цвет масла (мраморное масло).* Появляется в соленом масле в результате неравномерного распределения в нем капель рассола различных размеров. Более светлые пятна и полосы появляются на тех участках монолита масла, где имеется много мелких капель с большой суммарной поверхностью; пятна и полосы с интенсивно-желтой окраской, – где имеется много крупных капель соленой плазмы со сравнительно небольшой суммарной поверхностью. Различная интенсивность окраски обусловлена различной преломляемостью света жиром и плазмой при неравномерном распределении рассола в плазме.

Чаще всего порок появляется вследствие недостаточной механической обработки масла после посолки сухой солью, а также при использовании крупнокристаллической соли. Причинами порока могут быть неравномерное распределение и наличие крупных капель плазмы, смешивание масла различной окраски; недостаточная зачистка штаффа при фасовании масла из монолита в потребительскую тару после холодильного хранения на холодильниках.

Во избежание порока следует тщательно диспергировать капли плазмы во время механической обработки масла, при фасовании

масла на холодильниках подбирать однородные по цвету партии масла, лучше зачищать поверхность монолита, не допускать образования штаффа.

*Фисташковый цвет топленого масла.* Причиной появления порока является повышение концентрации каротина в жидкой фракции жира при медленном замораживании в связи с дополнительным отвердеванием жира при температуре хранения ниже минус 5 °С.

Чтобы избежать появления фисташкового цвета, топленое масло следует хранить при температуре выше минус 5 °С. При обнаружении признаков порока следует перемещать масло в помещение с температурой выше минус 5 °С.

#### 2.12.6. Пороки посолки масла

*Излишняя посолка.* При излишней посолке в масле соли содержится выше нормы, допустимой действующим стандартом. Причина – ошибки при расчете количества вносимой соли. В этом случае масло относится к нестандартной продукции.

*Неравномерная посолка.* Характеризуется различным содержанием соли в отдельных участках монолита масла, а также различной степенью посолки масла в отдельных единицах упаковки продукта одной партии. В масле с неравномерной посолкой возможно появление неоднородного цвета продукта («мраморное масло»). Причиной порока чаще всего является недостаточная механическая обработка масла. Причиной порока может быть неравномерная посолка сухой солью, использование крупнокристаллической соли. Во избежание порока следует пользоваться мелкокристаллической солью, не допускать окончания механической обработки масла до равномерного распределения соли в нем.

*Нерастворившаяся соль.* Находится в масле в виде отдельных кристаллов или их скоплений в виде комочков. Указанный недостаток посолки масла появляется при неравномерной посолке, использовании крупнокристаллической соли, сокращении выдержки масла после внесения соли, преждевременном окончании обработки масла и сопровождается появлением неоднородного цвета масла и крупных капель влаги в нем.

Чтобы избежать наличия нерастворившихся кристаллов соли в масле, необходимо использовать соль, соответствующую требова-

ниям стандарта, увеличивать продолжительность механической обработки масла до полного растворения соли. При использовании рассола для посолки масла исключается возможность появления этого недостатка посолки.

### 2.12.7. Недостатки упаковки масла и маркировки тары

При упаковке крупными монолитами в транспортную тару неплотное наполнение тары маслом может быть: при плохо отрегулированной работе формовочных машин; небрежном ручном наполнении тары маслом; небрежной укладке в тару упаковочного материала и его заделка на поверхности монолита; при несоблюдении температурного режима при фасовании и упаковке масла и нарушении режимов работы маслообразователя.

При неплотном наполнении тары маслом образуются пустоты внутри монолита, а также между поверхностью монолита масла и пергаментом и других упаковочных материалов. В пустотах создаются условия, благоприятные для развития плесени.

*Неудовлетворительная сборка тары* в результате несоблюдения технических условий сборки и подготовки тары. При этом недостатке упаковки увеличивается влияние внешних условий на масло: может снизиться стойкость масла при хранении и может быть вытекание жира из тары при хранении топленого масла.

В целях недопущения недостатков упаковки и сборки тары следует тщательно контролировать соблюдение требований технологической инструкции по упаковке масла и технических условий по сборке тары, применять казеиновую эмаль для бочек, используемых для фасования и хранения топленого масла.

*Неправильная маркировка тары.* Маркировка считается неправильной, если она выполнена с нарушением установленных требований по маркировке тары с маслом, нечетко и небрежно. Правильность маркировки необходимо проверять в транспортной таре на каждой единице тары (ящике, бочке), а в потребительской таре – на каждой единице продукта (брикетах, банках, стаканчиках).

## Контрольные вопросы

1. Каковы особенности технологии сливочного масла, вырабатываемого методом преобразования высокожирных сливок?
2. В чем заключается сущность технологии сливочного масла, вырабатываемого методом преобразования высокожирных сливок?
3. Какие факторы влияют на процесс сепарирования сливок при получении высокожирных сливок?
4. Как осуществляют стандартизацию состава высокожирных сливок (жир, влага, СОМО)?
5. Какова сущность процесса преобразования высокожирных сливок в масло?
6. Каковы особенности преобразования высокожирных сливок в масло в пластинчатых маслообразователях, а также в маслообразователях цилиндрического типа?
7. Какие модифицированные методы преобразования высокожирных сливок в масло Вы знаете?
8. В чем заключаются особенности фасования масла, выработанного различными методами?
9. С какой целью предусматривают термостатирование масла в таре?
10. Как изменяются свойства масла при его охлаждении и хранении (в таре)?
11. Какие изменения происходят в масле во время хранения?
12. Какие факторы влияют на стойкость и качество сливочного масла?
13. Какие методики прогнозирования ожидаемой консистенции сливочного масла Вы знаете?
14. Каковы особенности технологии кисломолочного масла, полученного различными методами?
15. Чем отличается топленое масло от молочного жира?
16. Каковы отличительные особенности технологии вологодского масла?
17. По каким показателям оценивают качество сливочного масла?
18. Каковы причины возникновения пороков консистенции (структуры) сливочного масла и методы их устранения?
19. Какие причины возникновения пороков вкуса и запаха сливочного масла и методы их устранения Вы знаете?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вышемирский Ф.А.** Маслоделие в России (история, состояние, перспективы). – Рыбинск: ОАО Рыбинский Дом печати, 1998. – 589 с.
2. **Вышемирский Ф.А.** Производство масла из коровьего молока в России. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 288 с.
3. **Горбатова К.К., Гунькова П.И.** Химия и физика молока и молочных продуктов: Учеб. для вузов. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 329 с.
4. ГОСТ Р 52054–2003 «Молоко коровье сырое».
5. ГОСТ Р 52435–2009 «Сливки-сырье».
6. ГОСТ Р 52969–2008 «Масло сливочное».
7. ГОСТ Р 52970–2008 «Масло сливочное с наполнителями».
8. ГОСТ Р 52971–2008 «Масло топленое и жир молочный».
9. Федеральный закон от 12.06.2008 № 88–ФЗ (Технический регламент на молоко и молочную продукцию).

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА.....	4
1.1. Периоды развития отечественного маслоделия.....	4
1.2. Виды масла. Классификация.....	9
1.3. Методы производства сливочного масла.....	12
1.4. Преимущества и недостатки различных методов производства сливочного масла.....	17
1.5. Молоко и сливки как сырье для производства сливочного масла.....	18
1.6. Пороки молока.....	29
1.7. Требования, предъявляемые к качеству молока и сливок.....	32
1.8. Транспортирование молока и сливок.....	39
1.9. Исправление пороков сливок.....	40
1.10. Производство сливочного масла методом сбивания сливок	45
1.11. Пастеризация сливок.....	45
1.12. Низкотемпературная подготовка сливок (физическое созревание).....	54
1.12.1. Особенности кристаллизации глицеридов в молочном жире.....	56
1.12.2. Особенности кристаллизации глицеридов в жировых шариках.....	62
1.12.3. Закономерности отвердевания молочного жира.....	63
1.12.4. Влияние различных факторов на фазовые изменения молочного жира.....	65
1.12.5. Режимы физического созревания сливок.....	67
1.12.6. Ускоренная низкотемпературная подготовка сливок к сбиванию.....	72



1.12.7. Влияние низкотемпературной подготовки сливок на физические свойства сливок.....	72
1.13. Сбивание сливок.....	74
1.14. Современные представления о процессе маслообразования при сбивании сливок .....	75
1.15. Сбивание сливок в маслоизготовителях периодического действия .....	79
1.15.1. Условия, влияющие на сбивание сливок .....	84
1.16. Сбивание сливок в маслоизготовителях непрерывного действия .....	92
1.17. Промывка масляного зерна .....	99
1.18. Механическая обработка сливочного масла .....	100
1.18.1. Механическая обработка масла в маслоизготовителях периодического действия (безвальцовых).....	106
1.18.2. Механическая обработка масла в маслоизготовителях непрерывного действия .....	109
1.18.3. Регулирование содержания влаги в масле .....	112
1.19. Регулирование состава масла по содержанию газовой фазы.....	116
1.20. Формирование структуры и консистенции сливочного масла.....	117
1.21. Влияние механической обработки на хранимоспособность масла .....	121
1.22. Гомогенизация масла .....	122
1.23. Фасование масла.....	123
<b>2. ПРОИЗВОДСТВО СЛИВОЧНОГО МАСЛА МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОЖИРНЫХ СЛИВОК .....</b>	<b>126</b>
2.1. Получение и нормализация высокожирных сливок.....	126
2.1.1. Факторы, влияющие на процесс сепарирования сливок при получении высокожирных сливок .....	130
2.1.2. Нормализация высокожирных сливок.....	132

2.2. Термомеханическая обработка высокожирных сливок .....	138
2.2.1. Физико-химические основы преобразования высокожирных сливок в масло.....	139
2.2.2. Кристаллизация глицеридов в молочном жире и обращение фаз.....	139
2.2.3. Температурные зоны преобразования высокожирных сливок в масло.....	142
2.2.4. Термомеханическая обработка высокожирных сливок в трехцилиндровом маслообразователе .....	144
2.2.5. Термомеханическая обработка высокожирных сливок в пластинчатом маслообразователе .....	148
2.3. Модифицированные методы преобразования высокожирных сливок в масло .....	152
2.3.1. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с применением вакуум-маслообразователя .....	152
2.3.2. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с применением нейтральных к продукту газов (азота и CO <sub>2</sub> ).....	156
2.3.3. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с получением масляного зерна в жидкой среде .....	157
2.3.4. Модифицированный метод преобразования высокожирных сливок в масло с поточной фасовкой в брикеты .....	158
2.4. Образование структуры и консистенции сливочного масла.....	158
2.4.1. Образование структуры масла при выработке методом преобразования высокожирных сливок.....	160
2.4.2. Образование термоустойчивой структуры сливочного масла .....	164
2.4.3. Изменение структуры масла при охлаждении в состоянии покоя .....	166

2.4.4. Регулирование структуры и консистенции сливочного масла .....	167
2.5. Посолка, подкрашивание и витаминизация сливочного масла.....	168
2.5.1. Посолка масла .....	168
2.5.2. Подкрашивание и витаминизация сливочного масла .....	171
2.6. Термостатирование сливочного масла.....	173
2.7. Фасование и упаковывание сливочного масла, маркировка тары и хранение масла .....	175
2.7.1. Фасование и упаковывание сливочного масла в транспортную тару.....	176
2.7.2. Фасование сливочного масла в потребительскую тару .....	177
2.7.3. Маркировка транспортной тары на заводе-изготовителе.....	183
2.7.4. Маркировка масла в потребительской таре .....	184
2.7.5. Хранение сливочного масла на заводах-изготовителях.....	185
2.8. Изменения, происходящие в масле во время хранения .....	186
2.8.1. Упрочнение структуры сливочного масла, выработанного методом сбивания сливок .....	186
2.8.2. Изменение степени дисперсности капель плазмы в масле .....	189
2.8.3. Изменение содержания жирорастворимых витаминов ..	190
2.8.4. Изменение содержания свободного жидкого жира .....	191
2.9. Стойкость и качество сливочного масла .....	192
2.9.1. Основные источники формирования вкуса и запаха сливочного масла .....	192
2.9.2. Факторы, влияющие на качество и стойкость сливочного масла .....	193

2.9.3. Прогнозирование ожидаемой стойкости сливочного масла .....	222
2.10. Производство отдельных видов масла .....	223
2.10.1. Масло сладкосливочное .....	223
2.10.2. Сладкосливочное масло (массовая доля влаги 16, 20, 25, 35 %), выработанное методом сбивания сливок .....	226
2.10.3. Сладкосливочное масло (массовая доля влаги 16, 20, 25, 35 %), выработанное методом преобразования высокожирных сливок .....	228
2.10.4. Кислосливочное масло .....	232
2.10.5. Топленое масло и молочный жир .....	238
2.10.6. Молочный жир .....	242
2.10.7. Вологодское масло .....	243
2.10.8. Масло сливочное с вкусовыми наполнителями .....	247
2.10.9. Масло с регулируемым жирнокислотным составом.....	257
2.10.10. Разновидности консервного сливочного масла.....	264
2.10.11. Масло сливочное с облепихой .....	268
2.11. Оценка качества сливочного масла .....	269
2.12. Пороки сливочного масла.....	273
2.12.1. Пороки вкуса и запаха масла кормового и технического происхождения .....	273
2.12.2. Пороки микробиологического и химического происхождения.....	276
2.12.3. Пороки вкуса и запаха химического происхождения...	280
2.12.4. Пороки консистенции (структуры) сливочного масла	283
2.12.5. Пороки цвета масла .....	291
2.12.6. Пороки посолки масла.....	292
2.12.7. Недостатки упаковки масла и маркировки тары .....	293
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	295

Арсеньева Тамара Павловна

**ТЕХНОЛОГИЯ  
СЛИВОЧНОГО МАСЛА**

Учебное пособие

*Ответственный редактор*

Т.Г. Смирнова

*Титульный редактор*

Т.В. Белянкина

*Компьютерная верстка*

Н.В. Гуральник

*Дизайн обложки*

Н.А. Потехина

*Печатается*

*в авторской редакции*

---

Подписано в печать 20.11.2013. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 17,7. Печ. л. 19,0. Уч.-изд. л. 18,75

Тираж 500 экз. Заказ № С 90

---

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9