

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИБАТУЛЛИНА Л.А., ГАФАРОВ Ф.А., КАНАРЕЙКИНА С.Г.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ
ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

УФА – 2019

УДК 637.1/.3

ББК 36.95

И 13

Рецензент: доцент кафедры ТОП и ПРС, к.с.-х.н., Гусев А.Н.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Башкирского государственного аграрного университета

Ибатуллина Л.А.

И 13 Физико-химические основы и общие принципы переработки
молочного сырья : учебное пособие / Л. А. Ибатуллина, Ф. А. Гафаров, С. Г.
Канарейкина. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2019. – 83 с.

Учебное пособие выполнено в соответствии с требованиями, предъявляемыми квалификационной характеристикой ФГОС ВО подготовки магистров по направлению 19.04.03 Продукты питания животного происхождения. Учебное пособие предназначено для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков в исследовании физико-химических основ переработки молочного сырья, изложены краткие теоретические сведения, описана методика выполнения работ.

Оглавление

Введение.....	4
1 Молоко как полидисперсная система.....	6
1.1 Общая характеристика дисперсных систем.....	6
1.2 Молоко как коллоидная система.....	8
1.3 Молоко как эмульсия жира в плазме.....	18
1.4 Молоко как истинный раствор.....	25
2 Лабораторные работы	
2.1 Лабораторная работа №1. Гомогенизация молока, сущность процесса. Факторы влияющие на эффективность гомогенизации. Стабильность жировой эмульсии молока.....	27
2.2 Лабораторная работа №2 Определение эффективности гомогенизации молока.....	35
2.3 Лабораторная работа №3. Изучение динамики изменения содержания лактозы в процессе сквашивания.....	45
2.4 Лабораторная работа №4. Изучение процесса сбивания сливок	48
2.5 Лабораторная работа №5. Сепарирование молока. Изучение технологических факторов влияющих на обезжиривание молока.....	52
2.6 Лабораторная работа №6 Изучение технологических факторов влияющих на обезжиривание молока.....	61
2.7 Лабораторная работа №7 Изучение тепловой обработки молочного сырья (пастеризация, стерилизация).....	66
2.8 Лабораторная работа №8 Мембранные методы обработки молочного сырья. Разделение молочного сырья методом ультрафильтрации	79
2.9 Лабораторная работа №9 Вакуумная обработка молочного сырья. Дезодорация и деаэрация молочного сырья	89
2.10 Лабораторная работа №10 Изучение влияния технологических факторов на продолжительность свертывания молока и качество сгустка.....	94
Библиографический список.....	101

ВВЕДЕНИЕ

Физико-химические основы переработки молока самым тесным образом связаны с химическим составом молока, структурой его компонентов и их физико-химическими свойствами.

Физико-химические свойства молока обуславливаются концентрацией, степенью дисперсности и другими характеристиками его составных компонентов, присутствующих в различных фазах молока, и взаимодействующих между собой в единой полидисперсной системе. Все физико-химические свойства в зависимости от влияния на них дисперсных фаз можно условно разделить на свойства, на которые существенно влияют частицы всех дисперсных фаз и свойства, зависящие от истинно растворимых составных компонентов молока. Частицы всех дисперсных фаз молока влияют на плотность, кислотность и окислительно-восстановительный потенциал. Вязкость и поверхностное натяжение определяются составными компонентами, находящимися в эмульгированном и коллоидном состояниях. Компоненты молока в состоянии молекулярной и ионно-молекулярной дисперсии обуславливают осмотическое давление, электропроводность, температуру замерзания.

Физико-химические свойства используют для оценки качества молока-сырья, отдельные характеристики свойств используют при теплофизических расчетах, при создании современного оборудования и приборов контроля состава и свойств молока, для расчета скорости разделения в центробежном поле сепаратора и в других случаях.

По изменениям физико-химических свойств сырого молока можно судить об изменении его качества и последствиях внешних воздействий на него. Например, при фальсификации молока водой изменяется содержание сухих веществ в молоке и понижается его плотность; при нарушениях функции молочной железы повышается содержание хлоридов и увеличивается электропроводность; при низком санитарно-гигиеническом

уровне получения молока увеличивается содержание в нем бактерий, следствием чего является повышение титруемой кислотности молока и т.д.

Под органолептическими свойствами молока понимают свойства, воспринимаемые органами чувств: внешний вид, цвет, консистенция, вкус и запах, которые зависят от содержания всех составных компонентов молока и его физико-химических показателей.

К технологическим свойствам молока видимо можно отнести свойства, которые в значительной степени определяют проведение тех или иных технологических процессов в производстве молочных продуктов. Например, термоустойчивость молока отражает способность молока сохранять стабильность белковой фазы при нагревании; сычужная свертываемость – способность молока свертываться под действием сычужного фермента, что очень важно в производстве сыров, творога, белковых концентратов. В производстве взбитых молочных продуктов одним из основных технологических свойств исходного сырья является его способность к пенообразованию.

Все свойства молока: физико-химические, органолептические и технологические обусловлены составляющими его компонентами и, следовательно, зависят от тех же факторов, что и состав молока. В процессе обработки молока (центробежная очистка, пастеризация, гомогенизация и др.) и при переработке молока на различные молочные продукты возможны изменения физико-химических и органолептических свойств. Следовательно по отдельным физико-химическим и органолептическим показателям можно контролировать степень энергетических и механических воздействий, направленность и скорость физико-химических и биохимических процессов, а также состав, свойства и качество готовых продуктов и их соответствие требованиям стандартов.

1 МОЛОКО КАК ПОЛИДИСПЕРСНАЯ СИСТЕМА

1.1. Общая характеристика дисперсных систем

Дисперсной системой называют гетерогенную систему, в которой одно вещество, находящееся в диспергированном состоянии (дисперсная фаза), равномерно распределено в массе другого (дисперсионная среда). То есть дисперсная система представляет собой гетерогенную систему, состоящую из двух фаз: дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Дисперсные системы классифицируют в зависимости от величины частиц дисперсной фазы: грубодисперсные, тонкодисперсные, молекулярно-дисперсные, коллоидно-дисперсные, ионо-дисперсные и в зависимости от агрегатного состояния частиц дисперсной фазы: твердые – дисперсии, жидкие – эмульсии.

Грубодисперсные системы – это системы, содержащие в качестве дисперсной фазы наиболее крупные частицы диаметром более 0,1 мм. Примером грубодисперсной системы является скоагулированный казеин в молоке.

Тонкодисперсные системы – это системы, содержащие в качестве дисперсной фазы частицы диаметром от 500 до 10^5 нм. Их можно частично различить с помощью микроскопа оптического. Примером тонкодисперсной системы является жировая фаза в молоке, которая с плазмой молока образует систему двух несмешивающихся жидкостей – эмульсию.

Молекулярно-дисперсные системы – это системы, содержащие в качестве дисперсной фазы частицы, размер которых не превышает 1 нм. В таких системах диспергированное вещество нельзя обнаружить с помощью оптических средств. В данном случае речь идет об истинных растворах. Такие системы образуют различные неэлектролиты (растворимые в воде вещества). Примером такой системы являются растворенная в молоке

лактоза, водорастворимые витамины, растворимые небелковые азотистые соединения, органические кислоты.

Коллоидно-дисперсные системы – это системы, размеры частиц дисперсной фазы которых занимают промежуточное положение между частицами дисперсной фазы в тонкодисперсных системах и молекулярно-дисперсных и составляют от 1 до 500 нм. Коллоидные частицы при наличии на их поверхности электрического заряда и сольватно-ионных оболочек (из молекул растворителя) находятся во взвешенном состоянии и без изменения условий долго могут не выпадать в осадок.

В коллоидно-дисперсном состоянии в молоке находятся сывороточные белки, казеин и большая часть фосфатов кальция.

Ионно-дисперсные системы – это растворы различных электролитов, распадающихся на соответствующие ионы. В молоке в ионно-дисперсном состоянии находится часть растворимых солей в форме катионов и анионов, ионы водорода.

Таким образом, молоко представляет собой сложную полидисперсную систему, в которой жир эмульгирован, а белки присутствуют в гомогенном растворе остальных составных компонентов молока. Однако, провести строгую границу между дисперсными фазами и дисперсионной средой молока нельзя, так как водные растворы одних веществ являются дисперсионной средой для других. При синтезе молока между отдельными дисперсными фазами устанавливается тесная взаимосвязь, что приводит к образованию единой равновесной системы молока. Например, раствор солей стабилизирует мицеллы казеина, некоторые белковые вещества, входя в состав оболочек жировых шариков, стабилизируют жировую эмульсию и т.д. Нарушение равновесной системы молока и потеря устойчивости ее компонентов происходит под воздействием каких-либо факторов: температуры, pH, механических воздействий и др.

Инженер-технолог молочной промышленности должен иметь четкое представление о взаимосвязи между отдельными составными частями

молока, так как на практике приходится выбирать режимы обработки и переработки молока, которые не нарушали бы взаимосвязь и единство полидисперсной системы (производство молока пастеризованного, сливок, консервов), либо наоборот, осуществлять наиболее полное выделение одного или нескольких компонентов из полидисперсной системы (производство масла, творога, молочного сахара, молочного белка).

1.2 Молоко как коллоидная система

Молоко представляет собой коллоидный раствор молочного белка и коллоидного фосфата в молочной сыворотке. Размеры коллоидных частиц молока составляют (в нм): мицелл казеина – от 40 до 300, β -лактоглобулина – от 25 до 50, α -лактальбумина – от 15 до 20, фосфата кальция – от 10 до 20. Частицы сывороточных белков молока представлены отдельными макромолекулами, а также их димерами и полимерами. Их макромолекулы свернуты в компактные глобулы, имеющие отрицательный заряд и очень прочные гидратные оболочки. Они обладают большой устойчивостью в молоке, не коагулируют при достижении изоэлектрической точки. Выделить их можно путем уменьшения растворимости – введением в молочную сыворотку элетролита (высаливанием) или нагреванием молока до высокой температуры, при которой они денатурируют, агрегируют с казеином и частично коагулируют.

Казеин в молоке содержится в виде мономеров (так называемый растворимый казеин – около 5%) и в форме полимеров (субмицеллярный и мицеллярный казеин – около 95%).

Коллоидный фосфат кальция малорастворим в воде и образует неустойчивую коллоидную систему. Его растворимость повышается под влиянием казеина, вместе с которым он входит в состав мицелл.

Из всех фаз молока коллоидная система самая чувствительная к воздействию различных факторов. Изменения в молоке наиболее заметны

при нарушении коллоидного состояния, так как при этом происходит коагуляция белков. Неустойчивое поведение коллоидных частиц зависит от их размеров и связанной с этим общей поверхностью.

Особый интерес представляет структура и величина частиц важнейшего компонента коллоидной системы – казеина.

1.2.1 Структура мицелл казеина, обуславливающая коллоидное состояние золь

Хотя окончательно вопрос структуры мицелл казеина не решен, на базе исследований последних лет с использованием электронно-микроскопических и других методов предпочтение отдается модели субмицеллярного строения рыхлых пористых мицелл. Согласно этому представлению мицеллы казеина имеют почти сферическую форму, средний диаметр около 100 нм (колебания от 40 до 300 нм) и молекулярную массу в среднем $6 \cdot 10^8$. Количество мицелл казеина в молоке намного больше, чем жировых шариков (до $15 \cdot 10^{15}$ против $15 \cdot 10^8$ в 1 см³).

Мицеллы казеина состоят из нескольких сотен субмицелл диаметром 10-15 нм. Субмицеллы – это агрегаты основных фракций казеина (α_s -, β - и κ -), соединенных между собой гидрофобными, электростатическими, водородными связями и кальциевыми мостиками. Полипептидные цепи фракций казеина свертываются в субмицелле таким образом, что большинство гидрофобных групп составляют ее ядро, а гидрофильные располагаются на поверхности субмицелл. Гидрофильная часть содержит отрицательно заряженные кислотные группы аспарагиновой и глутаминовой кислот (COO^-) и фосфорной кислоты (PO_3^{2-}). Гидрофильные свойства субмицелл и мицелл усиливают ориентированные наружу гликомакропептиды κ -казеина, располагающегося большей частью на поверхности субмицелл, причем субмицеллы различаются содержанием κ -казеина. Субмицеллы с незначительным содержанием κ -казеина

расположены внутри мицелл, а с высоким содержанием – на поверхности.. Объединение субмицелл в мицеллы происходит, по мнению многих исследователей, с помощью коллоидного фосфата кальция и, возможно, за счет цитрата кальция и гидрофобных взаимодействий. Точный состав коллоидного фосфата кальция и механизм его взаимодействия с казеином пока не установлен, но выяснено, что удаление его из молока вызывает нарушение структуры мицелл. В соответствии с последними представлениями о строении мицеллы казеина поверхность ее имеет «волосковый слой», который распространяется в дисперсную среду на 10-15 нм и препятствует сближению мицелл. «Волосковый слой» представляет собой выступающие с поверхности мицелл гидрофильные участки полипептидных цепей к-казеина – гликомакропептиды. Мицеллы имеют пористую структуру, что обуславливает проникновение внутрь мицелл, воды и ферментов.

В свежем молоке мицеллы казеина обладают относительной устойчивостью – не коагулируют при механических воздействиях (очистка, сепарирование, гомогенизация) и при нагревании молока до высоких температур. Для снижения их устойчивости, то есть для коагуляции, необходимо воздействие таких факторов, как понижение рН, повышение концентрации ионов кальция, внесение сычужного фермента.

Факторы устойчивости казеина представляют большой практический интерес. В настоящее время в литературе их рассматривают с позиции теории ДЛФО (теории развитой Дерягиным Б.В., Ландау Л.Д., Фервеем Е. И Овербеком Дж.). Согласно теории ДЛФО устойчивость к коагуляции коллоидных растворов зависит от соотношения молекулярных сил притяжения и электростатических сил отталкивания между коллоидными частицами. В свежем молоке силы электростатического отталкивания между мицеллами казеина преобладают над силами молекулярного притяжения (Ван-дер-Ваальса-Лондона), за счет чего коллоидная система молока находится в устойчивом состоянии.

В нативном состоянии мицеллы казеина имеют на своей поверхности одинаковый заряд за счет преобладания отрицательно заряженных карбоксильных и фосфатных групп. По закону электронейтральности поверхностный заряд на стороне дисперсионной среды должен быть компенсирован равным по величине противозарядом. Противозаряд образуют противоположно заряженные гидратированные ионы кальция, называемые противоионами, и небольшое количество одинаково заряженных анионов. Часть противоионов размещается в форме адсорбционного неподвижного слоя относительно отрицательно заряженной поверхности мицеллы, а остальные ионы вследствие теплового движения диффузно рассеяны. Упрощенное изображение мицеллы казеина с двойным электрическим слоем приведено на рисунке 1.1.

Таким образом, на границе раздела фаз образуется двойной электрической слой за счет положительно заряженных противоионов кальция, другие гидратированные ионы кальция, а также анионы, образуют диффузный двойной электрический слой. Электростатическое отталкивание между мицеллами казеина наступает только в том случае, если их диффузные двойные слои проникают друг в друга.

В свежем молоке силы электростатического отталкивания между мицеллами казеина преобладают над силами молекулярного притяжения и коллоидная система находится в устойчивом коллоидном состоянии золя.

Факторами устойчивого коллоидного состояния золя являются наличие на поверхности мицелл преобладающего отрицательного заряда за счет полярных групп (фосфатных и карбоксильных), связывания полярными группами молекул воды и формирования хорошо развитой гидратной оболочки, образования относительно заряженной поверхности мицелл двойного электрического слоя.

1.2.2 Условия дестабилизации коллоидного состояния золя и формирование геля при различных способах коагуляции

Дестабилизация коллоидного состояния золя, в котором находится белковая фаза в свежем молоке, положена в основу производства различных групп молочных продуктов и осуществляется путем воздействия на факторы ее устойчивости. В практических условиях осуществляют переход системы из коллоидного состояния золя в коллоидное состояние геля при кислотной, сычужной или кислотно-сычужной коагуляциях белков. Способы кислотной коагуляции используют в производстве кисломолочных диетических напитков, сметаны, творога (кислотным способом), казеина (кислотным способом).

Сычужную коагуляцию казеина проводят в производстве сычужных сыров и казеина сычужного. Кисотно-сычужная коагуляция положена в основу производства кислотно-сычужных сыров и творога кислотно-сычужным способом.

При всех названных способах коагуляции происходит переход молока как коллоидной системы из золя в гель.

Гели – это коллоидные системы с особыми свойствами, в которых коллоидные частицы теряют подвижность и формируют структуры, пронизанные капиллярными промежутками, заполненными дисперсионной средой. Заполнение всего пространства с образованием геля происходит в результате ориентировки казеиновых частиц в трехмерный, напоминающий соты каркас геля с полостями, заполненными молочной сывороткой. Образование геля происходит под действием накапливающейся вследствие молочнокислого брожения молочной кислоты, либо под действием сычужного фермента, или при совместном воздействии молочной кислоты и сычужного фермента. Гели образуются только при нахождении системы в покое. Характерным свойством гелей является синерезис – самопроизвольное снижение водоудерживающей способности. При синерезисе быстрее

выделяется вода, заполняющая пустоты, затем капиллярная вода, а гидратная, связанная с казеином, остается. Повышение температуры способствует отдаче гидратной воды.

Процессы гелеобразования (коагуляции) в производстве молочных продуктов, структурно-механические и синергетические свойства белковых сгустков зависят от ряда факторов, с помощью которых регулируют процессы гелеобразования. К ним относятся: состав и свойства молока, состав бактериальных заквасок, их активность и доза; активность и доза сычужного фермента (или его заменителя); режимы пастеризации и гомогенизации молока; способ и продолжительность коагуляции белков.

Изучение закономерностей формирования сгустков в производстве молочных продуктов достаточно сложный и до конца не изученный процесс и является постоянным объектом исследований как отечественных, так и зарубежных ученых. Однако, с помощью кинетико-реологических методов достоверно установлено, что гелеобразование при кислотной коагуляции молока аналогично структурообразованию при сычужном или кислотно-сычужном свертывании и протекает в четыре стадии (фазы).

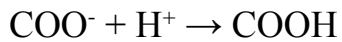
Первая стадия – индукционный период; вторая – стадия флокуляции (фаза интенсивной коагуляции); третья – стадия метастабильного равновесия (фаза уплотнения сгустка); четвертая – синерезис.

Механизм кислотной коагуляции казеина. Кислотная коагуляция происходит под воздействием кислотообразования в молоке (как результат молочнокислого брожения) или при непосредственном добавлении минеральной или органических кислот.

Процесс основан на осаждении казеина в изоэлектрической точке (рН 4,6-4,7), когда силы электростатического отталкивания между частицами белка ослабевают и начинают преобладать силы межмолекулярного взаимодействия.

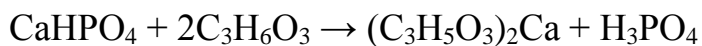
Повышение концентрации ионов водорода в молоке сдвигает равновесие между диссоциированными карбоксильными и фосфатными

группами на поверхности мицелл казеина и ионами водорода в сторону недиссоциированных карбоксильных и фосфатных групп.

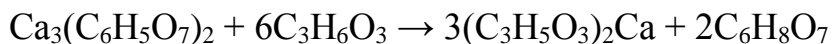


При этом происходит снижение отрицательного заряда белковых частиц. Кроме отрицательно заряженных групп на поверхности белковых частиц находятся положительно заряженные аминокислотные группы ($-\text{NH}_3^+$). При определенной концентрации ионов водорода (pH 4,6-4,7), происходит выравнивание отрицательных и положительных зарядов, то есть наступает изоэлектрическое состояние, в котором происходят конформационные изменения макромолекул белка, они теряют растворимость и соединяются между собой, формируя сетчатую трехмерную структуру сгустка или выпадают в виде хлопьев (при непосредственном внесении кислоты).

Под действием молочной кислоты нарушается структура казеинаткальцийфосфатного комплекса: от него отщепляются фосфат и органический кальций в виде лактата кальция и переходит в плазму.



Цитрат кальция тоже переходит в более растворимый лактат кальция



Структурно-механические свойства кислотного сгустка и процесс синерезиса зависят от режимов предварительной тепловой обработки молока и механической (гомогенизации). С повышением температуры пастеризации увеличивается прочность сгустка и снижается интенсивность отделения сыворотки (степень синерезиса). Это объясняется увеличением содержания в сгустках денатурированных сывороточных белков, которые, взаимодействуя с к-казеином, увеличивают заряд мицелл казеина, а следовательно его гидрофильные свойства.

Гомогенизация сырья способствует повышению вязкости сгустков и снижению степени и скорости отделения ими сыворотки за счет увеличения дисперсности жира с одновременной адсорбцией на поверхности шариков

плазменных белков, удерживающих сыворотку (гидрофильность) и затрудняющих синерезис сгустка, а также за счет повышения степени дисперсности частиц белковой фазы и, как следствие, увеличения их общей поверхности и усиления гидратации.

Механизм сычужной коагуляции казеина. Процесс коагуляции казеина под действием сычужного фермента (или его заменителя) носит необратимый характер и объясняется с позиции гидролитической теории. Механизм его заключается в следующем. Под действием внесенного сычужного фермента происходит гидролиз полипептидных цепей к-казеина ККФК (разрыв пептидных связей). Гидролиз цепей к-казеина происходит по чувствительной к сычужному ферменту пептидной связи между фенилаланином (остаток 105) и метионином (остаток 106). Схематично процесс представлен на рисунке 1.2.

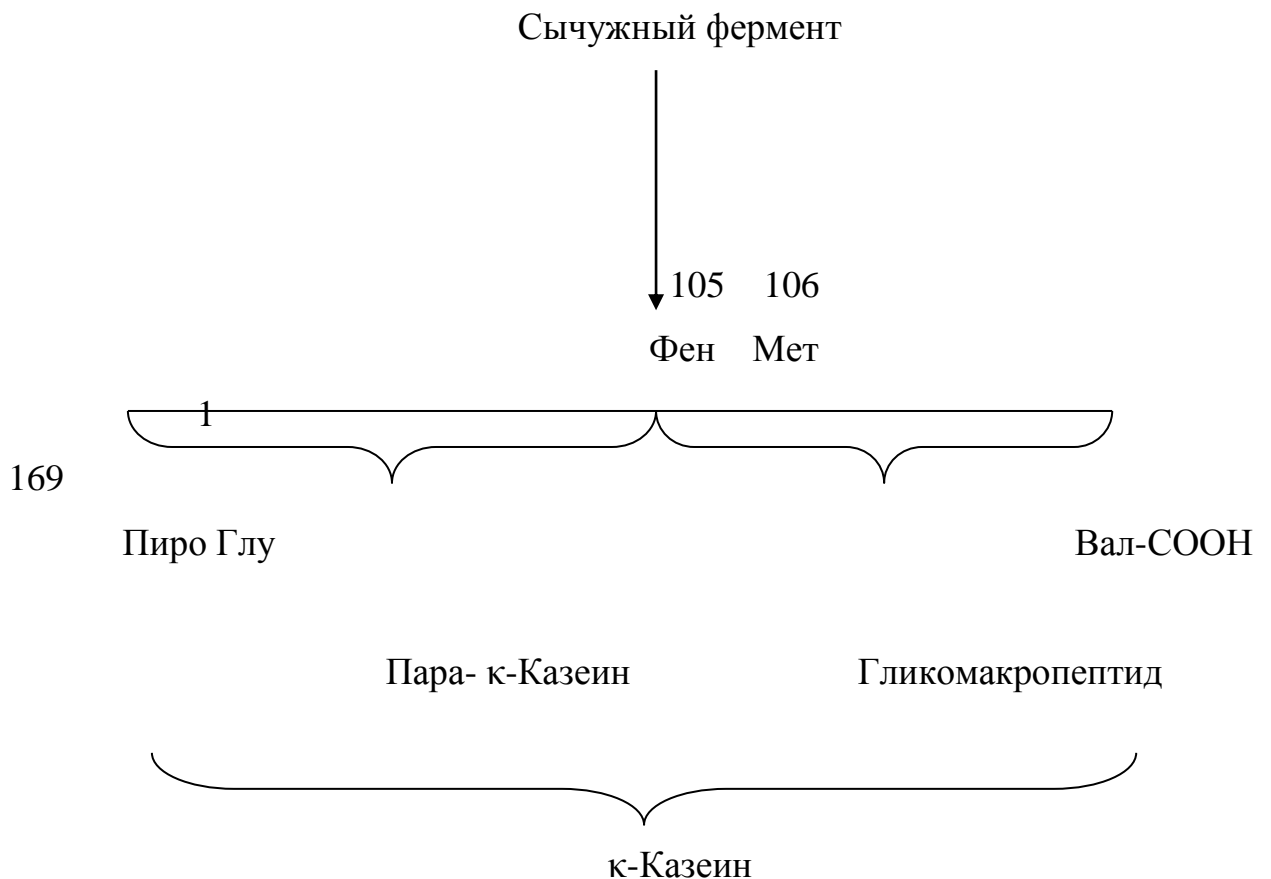


Рисунок 1.2 - Схема ферментативного гидролиза к-казеина

В результате ограниченного специфического протеолиза молекулы κ -казеина распадаются на гидрофобный пара- κ -казеин и гидрофильные гликомакропептиды. Поскольку гликомакропептиды κ -казеина несут большую часть отрицательного заряда на поверхности мицелл казеина, то при их отщеплении происходит потеря отрицательного заряда мицеллой и частичные разрушения гидратной оболочки. При таких условиях уменьшаются силы электростатического отталкивания между частицами и дисперсная система теряет устойчивость, следствием чего является появление первых хлопьев белка. Эта стадия характеризуется как индукционная. Потеря κ -казеином функций защитного коллоида по отношению к кальцийнеустойчивым α_S - и β -казеинам на этой стадии создает предпосылки для интенсивной коагуляции при участии в структурообразовании пара-казеина ионов кальция (вторая стадия). В этот период формируется пространственная сетка сгустка. Ответить на вопрос, за счет каких взаимодействий происходит процесс агрегации мицелл параказеина во время гелеобразования пока трудно. Это могут быть не только силы межмолекулярного притяжения, но и гидрофобные взаимодействия неполярных групп пара- κ -казеина, электростатические связи между положительно заряженными участками пара- κ -казеина и отрицательно заряженными участками α_S - и β -казеинов, кальциевые мостики между серинфосфатными группами этих фракций.

1.2.3 Совместное осаждение казеина и сывороточных белков при термокальциевом и термокислотном способах коагуляции

Рассмотрев условия дестабилизации коллоидного состояния казеина – состояние золя – и переход его в состояние геля при различных способах коагуляции, имеет смысл вспомнить о других физико-химических свойствах белков: влияние концентрации солей в системе на их растворимость и

отношение к нагреванию (см. подраздел 5.4 «Физико-химические свойства белков»).

На изменении этих свойств основаны практические способы совместного осаждения казеина и сывороточных белков: термокальциевая и термокислотная коагуляция.

Термокальциевую коагуляцию используют в производстве копреципитатов или молочного белка из обезжиренного молока и в производстве отдельных видов творога.

Термокислотная коагуляция положена в основу производства копреципитатов и группы сыров, получивших название «Сыры с термокислотной коагуляцией».

Термокальциевая коагуляция белков – коагуляция под действием сильного электролита – хлористого кальция – впервые была разработана и объяснена теоретически П.Ф.Дьяченко. Электролиты в водном растворе распадаются на сильно гидратированные ионы. Эти ионы конкурируют с коллоидами вследствие повышенной плотности своего заряда и отнимают гидратную воду у белков. На поверхности мицелл казеина происходит замещение ионов водорода в кислотных группах казеина (COOH) на ионы кальция. При этом, вследствие перехода ионов водорода в среду, активная кислотность повышается с pH 6,6 до pH 5,0. Присоединение ионов кальция к казеину приводит к значительному снижению его термоустойчивости и казеин при температуре 95-97°C коагулирует. Одновременно с ним коагулируют и денатурированные сывороточные белки, то есть достигается комплексная коагуляция казеина и сывороточных белков (95-97 % всех белков, а при кислотной – 90-95 %, сычужной – 86%). Для белков, осажденных этим способом характерна высокая степень минерализации.

Термокислотный способ коагуляции осуществляется путем добавления соляной кислоты, молочной (кислая сыворотка) или других органических кислот в нагретое до 95-97°C молоко. Механизм действия кислоты тот же что и при кислотной коагуляции. Нагревание молока до

высокой температуры обеспечивает денатурацию сывороточных белков, их взаимодействие с казеином и совместную коагуляцию при увеличении концентрации ионов водорода в среде. Степень минерализации белков, осажденных термокислотным способом, значительно ниже, чем при термокальциевом. Это связано с образованием более растворимых солей кальция (лактатов) и переходом их в сыворотку при термокислотной коагуляции.

1.3 Молоко как эмульсия жира в плазме

Молоко представляет собой эмульсию жировых шариков в молочной плазме. Под плазмой молока понимают свободную от жира молочную жидкость, в которой все остальные составные части молока присутствуют в неизменном виде.

Свежевыдоенное молоко – это двухфазная эмульсия. При охлаждении молока часть триацилглицеринов в жировых шариках выкристаллизовываются и образуется трех- и многофазная эмульсия (дисперсия). Диаметр жировых шариков в молоке колеблется от 0,1 до 22 мкм, в среднем от 3 до 6 мкм (преобладают). Распределение жировых шариков по величине зависит от ряда факторов: породы, стадии лактации животных, рационов кормления, режимов доения и механической обработки молока. Размеры жировых шариков имеют практическое значение, так как определяют степень перехода жира в продукт, например, при получении сливок сепарированием молока, а также при производстве масла, сыра, творога. Количество жировых шариков в молоке велико (около $15 \cdot 10^8$ в 1 см^3), что влечет за собой образование чрезмерно большой общей поверхности.

1.3.1 Факторы агрегативной устойчивости жировой эмульсии

Жировая эмульсия молока характеризуется высокой агрегативной устойчивостью, то есть способностью длительное время сохранять состояние

дисперсных частиц. Это обуславливается наличием на поверхности жирового шарика (глицеридного ядра) оболочки, препятствующей контакту и последующему слиянию глицеридных глобул при столкновении жировых шариков друг с другом, и ее особыми свойствами.

Состав и структура оболочек жировых шариков. В настоящее время установлено, что оболочка жировых шариков состоит из основных структурных компонентов: липидов и белков, имеет толщину (по данным разных авторов) от 30 до 70 нм и более и включает в свой состав, кроме липидов и белков, ферменты, жирорастворимые витамины, минеральные элементы.

Хотя состав и физико-химические свойства оболочечного материала изучены достаточно подробно, организация его компонентов в оболочке точно еще не определена.

Согласно рассматриваемой модели ОЖШ состоит из двух основных слоев: внутреннего (слой 1), в основном белкового, и внешнего (наружный слой 2), состоящего из фосфатидно-белковых комплексов. Со стороны глицеридного ядра жирового шарика к внутреннему белковому слою 1 обращен сольватный слой 4, состоящий из высокомолекулярных насыщенных триацилглицеринов, «смачивающих» гидрофобные кольца оболочечного белка внутреннего слоя оболочки. Со стороны водной фазы к гидрофильным группам гликопротеидов, входящих в состав наружного липопротеинового слоя 2, и гидрофильной части фосфолипидов, находящихся в этом слое, ориентирован гидратный слой, образованный молекулами воды.

Таким образом, оболочка жирового шарика состоит из двух слоев – внутреннего и наружного (внешнего). Внутренний слой образуется из плазматической мембраны секреторных клеток молочной железы, в основном белкового характера, и плотно прилегает к кристаллическому слою высокоплавких триацилглицеринов ядра. На внутренней мембране

адсорбирован внешний слой оболочки, состоящей из липопротеидных мицелл различного размера.

Так как оболочки жировых шариков содержат на поверхности полярные группы – фосфатные фосфатидилхолина и других фосфолипидов, карбоксильные и аминокислотные группы белков, карбоксильные группы сиаловой кислоты и других углеводных компонентов, то на поверхности шариков создается суммарный электрический заряд – отрицательный (их изоэлектрическое состояние наступает при рН молока около 4,5%). Относительно отрицательно заряженной поверхности жирового шарика адсорбируются катионы Ca^{++} , Mg^{++} , в результате чего образуется двойной электрический слой, аналогичный слою, который возникает на поверхности мицелл казеина. Таким образом, на поверхности жировых шариков возникает электрический потенциал около 15 мВ и электростатические силы отталкивания превышают силы молекулярного притяжения в соответствии с теорией устойчивости дисперсных систем (теорией ДЛФО). Дополнительное стабилизирующее действие оказывают гидратная оболочка, образующаяся вокруг полярных групп внешнего слоя и двойной электрический слой.

Всеми исследованиями отмечается достаточно высокая механическая прочность оболочек жировых шариков, однако, пока остается нерешенным вопрос, какие силы ответственны за поддержание их структуры. Предполагают, что высокая механическая прочность оболочки обусловлена прежде всего наличием в ней внутреннего слоя, состоящего из специфического гидрофобного белка, а также гидрофобными и электростатическими взаимодействиями между структурными компонентами оболочки.

Таким образом, анализируя рассматриваемые модели строения оболочек жировых шариков, можно сделать вывод, что несмотря на некоторые различия в организации их структурных компонентов, общим для них является способность стабилизировать жировую эмульсию. В нативном

молоке эмульсия жира в плазме достаточно устойчива.

К факторам стабильности жировой эмульсии молока следует отнести следующие. Во-первых, наличие на границе раздела фаз структурно-механического барьера – оболочки жирового шарика, являющейся модифицированной клеточной мембраной, внутренний слой которой состоит из специфического гидрофобного белка, обуславливающего ее механическую прочность. Именно структурно-механический барьер препятствует контакту и последующему слиянию глицеридных ядер друг с другом. Во-вторых, как уже отмечалось, в результате диссоциации ионогенных групп компонентов, входящих в состав наружного слоя оболочки, на поверхности жировых шариков возникает отрицательный электрический потенциал, следствием чего является их отталкивание при сближении. Дополнительное стабилизирующее действие оказывает образование двойного электрического слоя относительно заряженной поверхности жировых шариков и ее гидратация.

При хранении молока и при производстве большинства молочных продуктов необходимо сохранить стабильность эмульсии молочный жир – плазма, максимально исключив воздействие факторов ее дестабилизации, так как деэмульгированный жир в значительно большей степени подвержен ферментативному и окислительному воздействиям. При выработке сливочного масла, напротив, ставится задача дестабилизировать жировую эмульсию с целью выделения из нее дисперсной фазы. По этой причине имеет смысл проанализировать факторы нарушения устойчивости жировой эмульсии.

1.3.2 Факторы нарушения устойчивости жировой эмульсии

При различной степени нарушения устойчивости дисперсных систем типа эмульсий происходят процессы флокуляции и коалесценции.

Флокуляция – это вид коагуляции, при которой частицы дисперсной фазы образуют рыхлые агрегаты (флокулы). Флокуляция

происходит при сближении частиц на достаточно близкие расстояния. Образующиеся агрегаты (флокулы) жировых шариков непрочны и легко разрушаются при перемешивании, но при этом оболочки жировых шариков сохраняются. Этот процесс имеет место, например, при хранении сырого молока, его называют процессом отстаивания сливок. При отстаивании сливок изменяется равновесие распределения жировых шариков в молочной плазме главным образом за счет их различной плотности.

Коалесценция, в отличие от флокуляции, является причиной необратимого нарушения эмульсии и заключается в слиянии капель дисперсной фазы (агрегации глицеридных ядер) при их соприкосновении. Коалесценция происходит в том случае, если сближающиеся жировые шарики преодолевают кроме энергетического барьера электростатического отталкивания по теории ДЛФО структурно-механический барьер, обусловленный гидратацией и механической прочностью оболочки. Таким образом, только дестабилизация оболочек жировых шариков приводит к необратимому нарушению эмульсии – деэмульгированию.

В практике производства всех жиросодержащих молочных продуктов за исключением сливочного масла и молочного жира ставится задача максимально сохранить эмульсию молочный жир – плазма и насколько возможно стабилизировать ее. В производстве сливочного масла или молочного жира дестабилизацию эмульсии проводят сознательно, используя различные технологические приемы, заключающиеся в снижении стабилизирующей способности оболочек жировых шариков путем температурных и механических воздействий.

Основными факторами, которые могут вызвать нарушение устойчивости жировой эмульсии (деэмульгирование) являются следующие.

Излишне механические нагрузки при одновременном пенообразовании. Любой процесс, который при получении, транспортировке и переработке молока ведет к возникновению завихрений и пенообразованию, способствует дестабилизации оболочек жировых шариков.

Как правило, это имеет место при нарушении режимов работы насосов, мешалок, процессов механической обработки молока (центробежной очистки, гомогенизации), а также при неправильном монтаже молокопроводов и др. Вспенивание приводит к изменению поверхностного натяжения у части жировых шариков, так как они в таком случае будут окружены не водной, а газовой фазой. Под действием пузырьков воздуха поверхностное натяжение меняется таким образом, что оболочки жировых шариков частично нарушаются и становятся проницаемыми для жидкого жира, то есть происходит частичное деэмульгирование.

Высокотемпературный нагрев. Степень дестабилизации жировой эмульсии увеличивается по мере повышения температуры и длительности ее воздействия. При нагревании происходят изменения состава оболочек жировых шариков, заключающиеся в частичном переходе отдельных компонентов в молочную плазму, частичных изменениях структурных свойств белковой фракции оболочек и, как следствие, снижении механической прочности оболочки. Эти изменения приводят к снижению отрицательного заряда на поверхности жировых шариков, то есть к ее гидрофобизации.

Охлаждение и замораживание молока. Изменения оболочки жировых шариков и дестабилизация жировой эмульсии молока (частичная) происходят также при охлаждении молока (сливок) до температуры 10°C и ниже. Они связаны с кристаллизацией триацилглицеринов в глицеридном ядре, переходом части оболочечного вещества в плазму и, как следствие, потерей отрицательного заряда на поверхности жирового шарика. Понижение устойчивости жировой эмульсии (дисперсии) происходит также при замораживании молока или сливок. Изменения оболочек жировых шариков в данном случае вызываются нарушением их сольватации со стороны жировой и водной фаз. Дегидратация оболочек при замораживании объясняется диффузией к образовавшимся в плазме кристаллам льда молекул воды, связанной с оболочкой. В результате этих изменений, а также различий

коэффициента теплового расширения жира и льда при оттаивании замороженного молока происходит нарушение оболочек жировых шариков и выделение деэмульгированного жира.

Действие поверхностно-активных веществ. Поверхностно-активные вещества оказывают деэмульгирующее действие за счет их различной растворимости в жировой фазе и плазме, вследствие чего снижается поверхностное натяжение и происходит десорбция оболочечного вещества. Это свойство положено в основу кислотного метода количественного определения содержания жира в молоке и молочных продуктах. Для выделения молочного жира в деэмульгированном состоянии используют концентрированную серную кислоту и изоамиловый спирт в сочетании с подогревом и последующим центрифугированием. Изоамиловый спирт и образующийся в присутствии серной кислоты серный эфир являются более капиллярноактивными поверхностно-активными веществами, чем белки и фосфолипиды оболочек жировых шариков, и вытесняют их с поверхности. Кроме этого, изоамиловый спирт, как и серная кислота обладают сильными водоотнимающими свойствами, поэтому при их добавлении происходит дегидратация как оболочечных белков, так и белков плазмы. Под действием серной кислоты все белковые вещества молока, в том числе и белки жировых шариков «сгорают» с образованием растворимых соединений, что уменьшает вязкость смеси и повышает эффективность отделения свободного жира центрифугированием.

Для инженера-технолога очень важно знать факторы, которые обуславливают агрегативную устойчивость жировой эмульсии, уметь анализировать возможные последствия воздействия на жировую фазу различных приемов, способов, режимов обработки и переработки молока и выбирать параметры, позволяющие максимально сохранить ее стабильность, либо, напротив обеспечить дестабилизацию с целью выделения жировой фазы и получения сливочного масла.

1.4. Молоко как истинный раствор

После выделения из молока жира и осаждения белков остается молочная сыворотка, представляющая собой истинный раствор, в котором находятся остальные растворенные в воде компоненты либо в молекулярно-дисперсном, либо в ионно-дисперсном состоянии. В виде ионно- или ионно-молекулярного дисперсного раствора в молоке содержатся соли калия, натрия, кальция, магния. В состоянии молекулярно-дисперсного раствора находятся лактоза, водорастворимые витамины, небелковые азотистые соединения, органические кислоты, некоторые ароматические вещества.

Все соли калия и натрия (хлориды, гидро-, дигидрофосфаты, цитраты) диссоциированы практически полностью, то есть содержатся в ионно-дисперсном состоянии. Хлориды калия и натрия обуславливают осмотическое давление и электропроводность молока, а фосфаты входят в состав его буферной системы.

В ионно-молекулярном состоянии в молоке содержится часть цитратов и фосфатов кальция и магния. Остальная часть этих солей находится в коллоидном состоянии. Между ними устанавливается равновесие. Соотношение этих форм играет важную роль в стабилизации белковых частиц молока. Так, фосфаты кальция в форме истинного раствора являются источниками образования ионов кальция, от активности которых зависят размер и устойчивость мицелл казеина при тепловой обработке, а также скорость сычужной коагуляции.

Лактоза в молоке образует молекулярный раствор двух изомерных форм: α -гидратной и β -формы, которые при 20°C находятся в соотношении 37,75% (α -форма) и 62,25 (β -форма). Знание физико-химических свойств изомерных форм лактозы необходимы в практике производства сгущенных молочных консервов, а также молочного сахара. Соотношение всех истинно растворимых веществ в молоке имеет определенную закономерность, при которой молоко имеет соответствующее осмотическое

давление, температуру замерзания и кипения, и другие физико-химические свойства. Изменение содержания одного из компонентов в фазе истинного раствора влечет за собой изменение концентрации другого, чтобы сохранить физико-химические свойства биологической системы. Причем эта «корректировка» происходит на стадии синтеза молока. Например, для поддержания постоянного для молока осмотического давления при повышении содержания хлоридов в молоке в конце лактации происходит снижение содержания лактозы.

Таким образом в молоке содержатся несколько взаимно влияющих друг на друга систем с различными физико-химическими видами равновесий. Равновесные отношения между различными фазами обуславливают сложную структуру молока и ее чувствительность к физическим, химическим и биологическим воздействиям. Наиболее четко выражены равновесные отношения между коллоидной системой и истинным раствором.

На практике стоит задача выбрать такой щадящий режим обработки молока, чтобы влияние на равновесные отношения в нем было по возможности незначительным.

В то же время при производстве ряда продуктов необходимо провести разделение полидисперсной системы молока на ее главные составные части, причем с минимальным влиянием на свойства компонентов молока. Чем лучше удастся разделение системы на отдельные фазы, тем выше выход продукта.

2 Лабораторные работы

2.1 Лабораторная работа №1

Гомогенизация молока, сущность процесса. Факторы влияющие на эффективность гомогенизации. Стабильность жировой эмульсии молока

1 Цель работы: изучение сущности процесса гомогенизации и факторов влияющих на эффективность гомогенизации и стабильность жировой эмульсии молока.

2 Краткие теоретические сведения

Гомогенизацией молока и молочного сырья называется процесс диспергирования (дробления) жировых шариков под действием перепада давления. При гомогенизации размер жировых шариков уменьшается примерно в 10 раз и, в соответствии с формулой Стокса, скорость всплывания уменьшается в 100 раз. На практике она уменьшается еще значительно, так как в результате гомогенизации увеличивается плотность жировых шариков за счет участия белков плазмы молока в формировании новых оболочек жировых шариков маленького размера. Гомогенизация воздействует как на жировую, так и на белковую фазу молока и сливок. Происходит дробление жировых шариков. Увеличивается их количество, повышается стойкость жировой эмульсии. Стабильность белков при гомогенизации снижается, изменяется структура и форма белковых частиц, наблюдается их агрегация. Гомогенизированное молоко и сливки наряду с предотвращением отстоя жирового слоя имеют ряд преимуществ. Благодаря увеличению вязкости улучшается вкус, консистенция и цвет продукта. Гомогенизированное молоко и сливки легче и полнее усваиваются. Кисломолочные продукты, полученные из гомогенизированного сырья, имеют равномерный плотный вязкий сгусток. При выработке творога из гомогенизированного молока примерно в 8-10 раз уменьшается отход жира в сыворотку. Гомогенизированные молочные и сливочные смеси для

мороженого легче взбиваются, готовый продукт обладает лучшим вкусом и более нежной консистенцией.

Гомогенизация – это процесс дробления (диспергирования) жировых шариков путем воздействия на молоко значительных внешних усилий, вызываемых перепадом давления. Цель гомогенизации – предотвращение самопроизвольного отстаивания жира в производстве и хранении молочных продуктов.

Условия, при которых гомогенизация эффективна, следующие:

- 1 Молочный жир должен находиться в жидком состоянии.
- 2 Дробление жировых шариков возможно только при внешнем воздействии.
- 3 Необходимо образование нового защитного слоя каждого жирового шарика.

Механизм дробления жировых шариков объясняется следующим образом. В гомогенизирующем клапане на границе седла гомогенизатора и клапанной щели резко изменяется сечение потока. Во время движения по каналу седла и клапанной щели жировая капля меняет направление и скорость движения. При переходе через щель передняя часть капли увлекается с огромной скоростью в поток, вытягивается и отрывается от нее. В то же время оставшаяся часть капли продолжает двигаться через сечение и дробится на мелкие частицы.

В молоке после гомогенизации не происходит скоплений шариков жира и почти не наблюдается отстоя сливок. Однако в гомогенизированных сливках могут образовываться агрегаты и скопления шариков жира, что можно объяснить следующим образом. В процессе гомогенизации резко увеличивается общая площадь поверхности шариков жира и происходит изменение состава оболочек. Нативных оболочечных компонентов недостаточно для того, чтобы покрыть возросшую поверхность шариков жира. Поэтому дефицит оболочечного вещества компенсируется за счет адсорбирования белков молочной плазмы – казеина и сывороточных белков.

В гомогенизированном молоке и сливках формируются новые оболочки шариков жира из нативных оболочечных компонентов, казеина и денатурированных сывороточных белков. (рисунок 1).

ПЛАЗМА



Рисунок 2.1.1 Структура оболочки жирового шарика после гомогенизации (по Вальстра и Джлнкшену)

В молоке, характеризующемся низким содержанием жира, процесс адсорбции поверхностно - активных веществ плазмы происходит быстро, что приводит к восстановлению и даже повышению стабильности жировой эмульсии.

При гомогенизации сливок, особенно с повышением содержания жира, формирование новых оболочек шариков идет медленнее, чем в молоке, и часть жира остается незащищенной. Для образования новых оболочек необходимо иметь в сливках отношение СОМО / жир выше 0,6 – 0,85.

Эффективность гомогенизации определяют по отстаиванию жира методом центрифугирования по изменению оптической плотности и размерам жировых шариков. В гомогенизированном молоке диаметр жировых шариков не должен превышать 2 мкм.

Повышение дисперсности молочного жира приводит к получению более однородной, гомогенной и устойчивой системы. Повышение устойчивости системы без отстоя сливок необходимо во многих производствах молочных продуктов. Кроме того, гомогенизация увеличивает вязкость молока, сливок и молочных смесей, что положительно влияет на консистенцию готовых продуктов.

Гомогенизация широко используется в производстве молочных консервов, детских и лечебно-профилактических продуктов на молочной основе.

Для гомогенизации жидких молочных продуктов применяют гомогенизаторы. Наиболее широко в промышленности используются гомогенизаторы клапанного типа, рабочим органом которых является плунжерный насос и гомогенизирующая головка. Для гомогенизации вязких продуктов, таких, как масло, плавленый сыр и т. п., используются гомогенизаторы-пластификаторы клапанного типа. В гомогенизаторах клапанного типа сырье подается плунжерным насосом в клапан и продавливается через узкую щель между клапаном и седлом, высота которой не превышает 0,1 мм. Давление в клапане составляет 20-45 МПа, скорость потока незначительная. При прохождении жидкости через щель давление резко снижается, а скорость потока возрастает до 150-250 м/с. Основными факторами, определяющими эффективность гомогенизации, являются давление гомогенизации и скорость истечения жидкости через клапанную щель. Установлено, что дробление частиц происходит преимущественно в месте перехода потока молока из канала в седле в клапанную щель. При прохождении жировой капли из зоны малых скоростей в зону высоких капля вытягивается в нить и начинается дробиться на мелкие частицы. Чем выше

скорость в клапанной щели, тем интенсивнее вытягивается нить из капли, тем она тоньше и тем мельче частицы ее распада. Средний диаметр жировых шариков в гомогенизированном молоке обратно пропорционален квадратному корню давления гомогенизации. Эта зависимость действительна для условий гомогенизации цельного молока при температуре 60°C в диапазоне давлений от 0,3 до 20 МПа.

Образование скоплений (кучек, комочков) жировых шариков - результат столкновения и сцепления жировых шариков под влиянием соударения при броуновском движении. При этом силы отталкивания одноименно заряженных жировых шариков не в состоянии противодействовать межмолекулярным силам притяжения молочного жира на отдельных участках, мало защищенных белковыми оболочками сблизившихся жировых шариков, однако слияния последних (коалесценции) не происходит, поскольку эти участки поверхности жира все же защищены настолько, что препятствуют дестабилизации эмульсии. Повышенная концентрация жировой эмульсии способствует образованию скоплений, поскольку частота соударений возрастает. Соли-стабилизаторы (фосфаты и цитраты), повышающие отрицательный заряд белковых оболочек, ослабляют образование комочков.

На процесс образования скоплений жировых шариков существенно влияет температура гомогенизации. При низких температурах гомогенизации (ниже 50°C) наблюдается усиленное образование жировых скоплений, высокая вязкость и пониженная взбиваемость смеси, поэтому целесообразно гомогенизировать смесь при температуре, близкой к температуре пастеризации.

Гомогенизация бывает одноступенчатая и многоступенчатая. Одноступенчатая гомогенизация описана выше. При двухступенчатой гомогенизации жидкость проходит последовательно через две рабочих головки. Гомогенизация проходит в две ступени: на первой ступени - при давлении 15 МПа, а на второй - при 1-2 МПа. В этом случае рабочее

давление в нагнетательной камере равно сумме перепадов, т. е. 16-17 МПа. Применение двухступенчатой гомогенизации позволяет получить более устойчивую эмульсию, особенно высокожирную. Во многих эмульсиях после одноступенчатой гомогенизации наблюдается агломерация жировых частиц и ухудшение эффекта диспергирования. Цель второй ступени гомогенизации состоит в раздроблении этих неустойчивых образований. Для этого не требуется значительного механического воздействия, поэтому перепад давления на второй ступени гомогенизации значительно меньше, чем на первой.

В промышленности применяют отдельную гомогенизацию. Она отличается от полной тем, что гомогенизации подвергают только сливки, а затем гомогенизированные сливки смешивают с молоком. Отдельная гомогенизация позволяет повысить производительность процесса и снизить механическое воздействие на составные части плазмы молока

Эффективность гомогенизации зависит главным образом от применяемых давления и температуры, а также от массовой доли жира в молочном сырье. Чем выше жирность, тем ниже давление гомогенизации. При определении режимов гомогенизации необходимо учитывать качество сырья и сезон его получения. При гомогенизации молочного сырья с повышенной кислотностью и низкой термостойкостью давление гомогенизации необходимо снижать. В весенне-летний период получения молока и сливок, когда понижено содержание сухих веществ и легкоплавких глицеридов, давление гомогенизации повышают. В осенне-зимний период молочное сырье характеризуется повышенным содержанием сухих веществ и тугоплавких глицеридов, поэтому давление гомогенизации понижают.

Перспективным является использование нетрадиционных способов гомогенизации: ультразвуком, кавитационной обработкой и другими физическими методами.

3 Оборудование, приборы и материалы

Гомогенизатор марки MPW – 302, оптический микроскоп и специальные микроизмерительные инструменты (объект – микрометр и окулярная линейка), центрифуга для пробирок, специальные пипетки для центрифугирования, цилиндры вместимостью 250 мл, аппаратура и реактивы для определения содержания жира в молоке, натуральное молоко.

4 Методика выполнения работы

Лабораторный гомогенизатор подготавливают к работе. Ознакомиться с характеристиками прибора и принципами его работы.

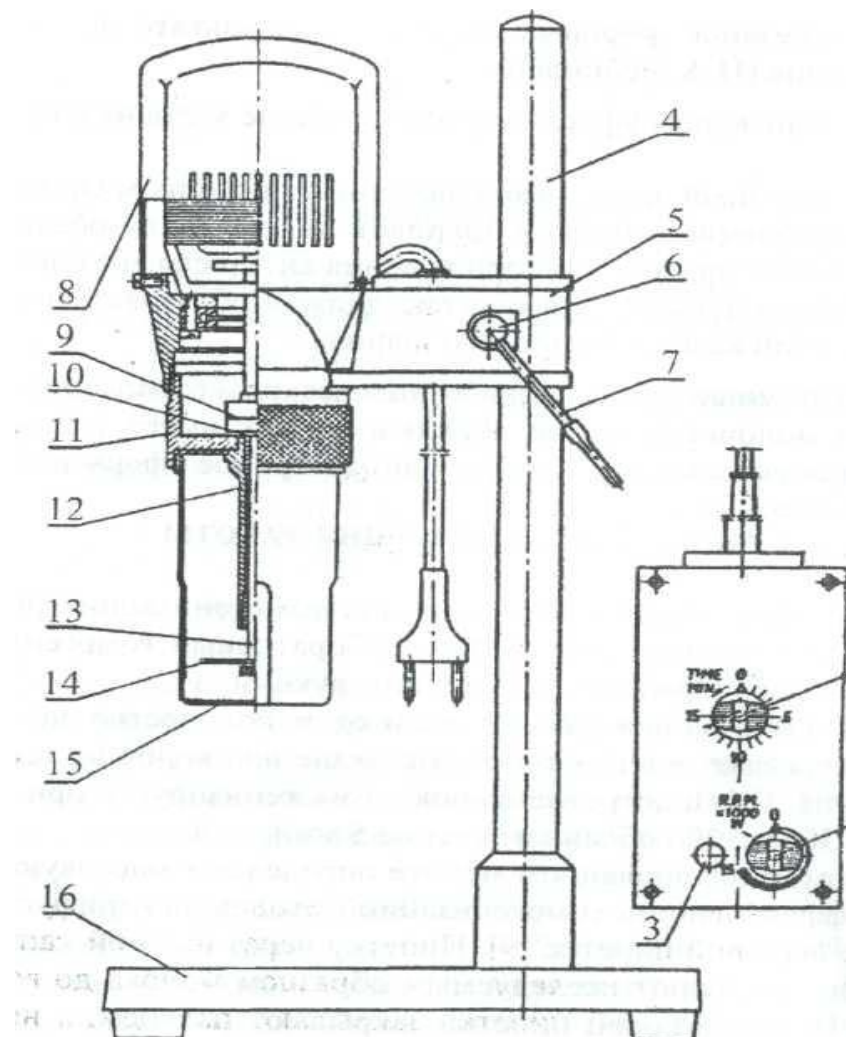


Рисунок 2.1.2 Гомогенизатор марки MPW-302

1 - часовой выключатель; 2 - потенциометр; 3 - контрольная лампочка; 4 - штатив; 5 - корпус; 6 - зажим колонки; 7 - рычаг зажима; 8 - защитный кожух электродвигателя; 9, 10 - промежуточные кольца; 11 - прокладное кольцо; 12 - кожух оси; 13 - ось; 14 - один из сменных ножей; 15 - резервуар; 16 - подставка

Для выполнения работы молоко в количестве не менее 200 см³ нагревают в термостойком стакане или колбе до температуры 50-60 °С. Подогретое молоко гомогенизируют при числе оборотов 3000-5000 об/мин в течение 5 мин.

В гомогенизированном молоке определяют органолептические показатели и сравнивают их с показателями негомогенизированного молока.

Результаты сенсорных анализов записываются в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.1 Результаты органолептической оценки

Наименование образца	Цвет	Вкус	Запах	Консистенция
1				
2				
3				
4				

Зависимость качества питьевого пастеризованного молока по степени дисперсности жировой фазы от показателя эффективности диспергирования жира приведена ниже.

Эффективность диспергирования жира в молоке, %	Не менее 60	50—60	40—45	Менее 40
Качество питьевого пастеризованного молока	Отличное	Хорошее	Удовлетворительное	Плохое

Эффективность диспергирования жира в продуктах с разной массовой долей жира, с учетом результатов производственной проверки, будет следующей (%): пастеризованного коровьего молока — 50; сливок с

массовой долей жира 8 и 10% - 45, 20% — 40, 35% — 30; сливок для производства сметаны с массовой долей жира 20% - 40, 25 и 30% - 35.

5 Оформление работы

Излагается сущность метода гомогенизации. Заполняются таблицы. Сравнивают органолептические показатели исследуемых проб молока. Определяют влияние гомогенизации на вкусовые качества молока. Выбирается режим гомогенизации при которой наблюдаются ощутимые изменения вкуса.

6 Контрольные вопросы

1. Назначение и сущность гомогенизации?
2. Какие технологические факторы влияют на дисперсность молочного жира при гомогенизации?
3. В чем заключается метод определения эффективности гомогенизации центрифугированием?
4. Какие методы определения эффективности гомогенизации вы знаете? Их достоинства и недостатки.
5. Назовите способы и режимы гомогенизации.
6. Как влияет гомогенизация на состав и свойства молока?
7. При производстве каких продуктов гомогенизация является обязательной?

2.2 Лабораторная работа №2

Определение эффективности гомогенизации молока

1 Цель работы: определение эффективность гомогенизации молока методами отстаивания и центрифугирования жира.

2 Краткие теоретические сведения

Гомогенизация – это процесс дробления (диспергирования) жировых шариков путем воздействия на молоко значительных внешних усилий, вызываемых перепадом давления. Цель гомогенизации – предотвращение самопроизвольного отстаивания жира в производстве и хранении молочных продуктов.

Условия, при которых гомогенизация эффективна, следующие:

1 Молочный жир должен находиться в жидком состоянии.

2 Дробление жировых шариков возможно только при внешнем воздействии.

3 Необходимо образование нового защитного слоя каждого жирового шарика.

Механизм дробления жировых шариков объясняется следующим образом. В гомогенизирующем клапане на границе седла гомогенизатора и клапанной щели резко изменяется сечение потока. Во время движения по каналу седла и клапанной щели жировая капля меняет направление и скорость движения. При переходе через щель передняя часть капли увлекается с огромной скоростью в поток, вытягивается и отрывается от нее. В то же время оставшаяся часть капли продолжает двигаться через сечение и дробится на мелкие частицы.

В молоке после гомогенизации не происходит скоплений шариков жира и почти не наблюдается отстоя сливок. Однако в гомогенизированных сливках могут образовываться агрегаты и скопления шариков жира, что можно объяснить следующим образом. В процессе гомогенизации резко увеличивается общая площадь поверхности шариков жира и происходит изменение состава оболочек. Нативных оболочечных компонентов недостаточно для того, чтобы покрыть возросшую поверхность шариков жира. Поэтому дефицит оболочечного вещества компенсируется за счет адсорбирования белков молочной плазмы – казеина и сывороточных белков. В гомогенизированном молоке и сливках формируются новые оболочки

шариков жира из нативных оболочечных компонентов, казеина и денатурированных сывороточных белков. (рисунок 1).

ПЛАЗМА



Рисунок 2.2.1 Структура оболочки жирового шарика после гомогенизации (по Вальстра и Джлнкшену)

В молоке, характеризующемся низким содержанием жира, процесс адсорбции поверхностно - активных веществ плазмы происходит быстро, что приводит к восстановлению и даже повышению стабильности жировой эмульсии.

При гомогенизации сливок, особенно с повышением содержания жира, формирование новых оболочек шариков идет медленнее, чем в молоке, и часть жира остается незащищенной. Для образования новых оболочек необходимо иметь в сливках отношение СОМО / жир выше 0,6 – 0,85.

Эффективность гомогенизации определяют по отстаиванию жира методом центрифугирования по изменению оптической плотности и

размерам жировых шариков. В гомогенизированном молоке диаметр жировых шариков не должен превышать 2 мкм.

Повышение дисперсности молочного жира приводит к получению более однородной, гомогенной и устойчивой системы. Повышение устойчивости системы без отстоя сливок необходимо во многих производствах молочных продуктов. Кроме того, гомогенизация увеличивает вязкость молока, сливок и молочных смесей, что положительно влияет на консистенцию готовых продуктов.

3 Оборудование, приборы и материалы

Гомогенизатор марки MPW – 302, оптический микроскоп и специальные микроизмерительные инструменты (объект – микрометр и окулярная линейка), центрифуга для пробирок, специальные пипетки для центрифугирования, цилиндры вместимостью 250 мл, аппаратура и реактивы для определения содержания жира в молоке, натуральное молоко. При отсутствии гомогенизатора берут готовое гомогенизированное молоко.

4 Методика выполнения работы

В молоке, предназначенном для гомогенизации, определяют массовую долю жира. Лабораторный гомогенизатор подготавливают к работе.

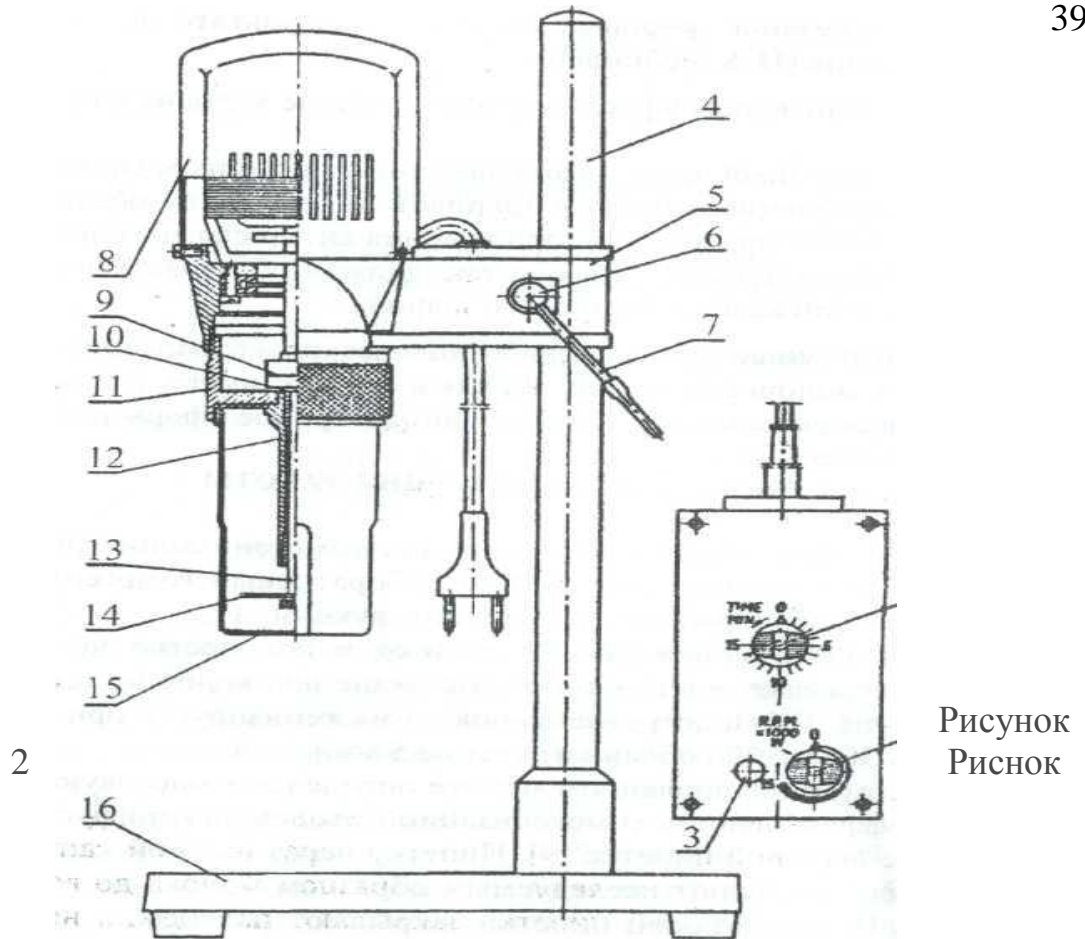


Рисунок
Риснок

Гомогенизатор марки MPW-302

1 - часовой выключатель; 2 - потенциометр; 3 - контрольная лампочка;
4 - штатив; 5 - корпус; 6 - зажим колонки; 7 - рычаг зажима; 8 - защитный кожух электродвигателя; 9, 10 - промежуточные кольца; 11 - прокладное кольцо; 12 - кожух оси; 13 - ось; 14 - один из сменных ножей; 15 - резервуар;
16 - подставка

Для выполнения работы молоко в количестве не менее 200 см^3 нагревают в термостойком стакане или колбе до температуры $50-60 \text{ }^\circ\text{C}$. Подогретое молоко гомогенизируют при числе оборотов $3000-5000 \text{ об/мин}$ в течение 5 мин.

В гомогенизированном молоке определяют эффективность гомогенизации методом отстаивания жира, методом центрифугирования жира, методом определения размеров жировых шариков.

4.1 Метод отстаивания жира

Сущность метода состоит в определении процентного отношения нестабильной жировой фазы к общему количеству жировой фазы в эмульсии после выдерживания ее определенное время при установленных условиях.

Для определения эффективности гомогенизации методом отстаивания жира молоко выдерживают в течение 48 ч при 8°C без перемешивания в мерном цилиндре вместимостью 250 мл. Затем отбирают верхние 100 мл молока и определяют содержание жира в молоке, оставшемся в цилиндре.

Отстаивание жира $O_{ж}$ (%) рассчитывается по формуле

$$O_{ж} = 100 (Ж_{м} - Ж_{н}) / (Ж_{м} - k \cdot Ж_{н}) \quad (2.1)$$

где $Ж_{м}$ — массовая доля жира в молоке, %;

$Ж_{н}$ — массовая доля жира в нижнем слое молока, оставшегося в цилиндре, %;

k — отношение объема нижнего слоя молока в цилиндре к общему объему молока (при отборе 100 мл верхнего слоя $k = 0,6$).

Жировая молочная эмульсия обладает высокой стабильностью, если процент отстаивания жира в ней после 48 часового выдерживания не превышает 10.

4.2 Метод центрифугирования жира

Сущность метода состоит в определении объема выделившейся в жиромере недостаточно диспергированной жировой фазы при установленном режиме центрифугирования.

Выполнение работы. Молоко до и после гомогенизации с массовой долей жира, превышающей 3 %, нормализуют обезжиренным молоком или дистиллированной водой по жиру до 2,5 %.

Сливки до и после гомогенизации нормализуют обезжиренным молоком или дистиллированной водой по жиру до 2,5 %.

Стерилизованное концентрированное молоко, сгущенное цельное молоко с сахаром, сухое цельное молоко, смеси для мороженого нормализуют дистиллированной водой по жиру до 2,5 %.

Подготовленные образцы молока и молочных продуктов разводят рабочим раствором (реактив 1) в соотношении 1:3. После тщательного перемешивания отбирают 20 см³ полученной смеси и вносят в молочный

жиромер. Оставшуюся часть жиромера заполняют дистиллированной водой в количестве 1,0-1,5 см³, т.е. наливают столько, чтобы выделившийся слой недостаточно диспергированной жировой фазы находился в проградуированной части жиромера. Жиромеры перевертывают, ставят в водяную баню, выдерживают 10 мин при температуре 65°C, после чего центрифугируют в течение 5 мин.

Сразу после остановки центрифуги (без применения тормоза) жиромеры вынимают и, не переворачивая, отсчитывают по шкале объем недостаточно диспергированной жировой фазы N_1^I , N_1^{II} . На каждую пробу исследуемого образца делают по два параллельных определения. Находят среднее арифметическое показание жирометров N_1 . Расхождение между параллельными определениями не должно превышать одного малого деления, т. е. 0,1 % по жирометру.

Результаты анализов и расчетов записываются в таблицу 2.2.1

Таблица 2.2.1 Результаты анализов и расчетов

Наименование образца	N_1^I	N_1^{II}	N_1	N_0
1	2	3	4	5

Рассчитывается эффективность диспергирования жира Ξ (%) по следующей формуле:

$$\Xi = (1 - N_1 / N_0) \cdot 100, \quad (2.2.1)$$

где N_1 - объем выделившейся в жирометре недостаточно диспергированной жировой фазы для гомогенизованного молока, деления шкалы молочного жирометра;

N_0 - объем выделившейся в жирометре жировой фазы для негомогенизованного молока, деления шкалы молочного жирометра.

В случае отсутствия возможности определения объема выделившейся в жирометре жировой фазы в негомогенизованном молоке показатель N_0 определяют из следующего соотношения:

$$N_0 = 6 J_M, \quad (2.2.2)$$

где J_m — массовая доля жира в исследуемой нормализованной пробе образца.

Установленный показатель эффективности диспергирования жира в смесях для мороженого с массовой долей жира до 10 % умножают на коэффициент 2, а в смесях для мороженого с массовой долей жира, превышающей 10 %, умножают на коэффициент 1,5.

Зависимость качества питьевого пастеризованного молока по степени дисперсности жировой фазы от показателя эффективности диспергирования жира приведена ниже.

Эффективность диспергирования жира в молоке, %	Не менее 60	50—60	40—45	Менее 40
Качество питьевого пастеризованного молока	Отличное	Хорошее	Удовлетворительное	Плохое

Эффективность диспергирования жира в продуктах с разной массовой долей жира, с учетом результатов производственной проверки, будет следующей (%): пастеризованного коровьего молока — 50; сливок с массовой долей жира 8 и 10% - 45, 20% — 40, 35% — 30; сливок для производства сметаны с массовой долей жира 20% - 40, 25 и 30% - 35.

Приготовление реактива. Вскрывают одну упаковку сухого препарата для определения эффективности диспергирования жира. Содержимое без потерь высыпают в мерную колбу вместимостью 1000 см³, добавляют дистиллированную воду до метки, закрывают притертой пробкой и хорошо перемешивают. Полученный раствор (рабочий раствор) применяют для разведения молока и молочных продуктов при оценке их качества по степени дисперсности жировой фазы.

4.3 Определение размеров жировых шариков гомогенизированного молока

Перед началом работы необходимо произвести оценку делений окулярной линейки без учета увеличения в микроскопе с помощью объект – микрометра, цена деления которого 0,01 мм или 10 мкм. Для более точного определения цены деления пользуются таблицей 2.2.2.

Таблица 2.2.2 Зависимость значения окулярного микрометра от увеличения окуляра и объектива

Окуляр	Объектив	Общее увеличение	Цена деления шкалы микрометра, мкм
7	8	56	21,3
7	20	140	8,5
7	40	280	4,2
7	90	630	1,9
10	8	80	17,2
10	20	200	6,9
10	40	400	3,4
10	90	900	1,5
15	8	120	15,0
15	20	300	6,0
15	40	600	3,0
15	90	1350	1,3

Молоко разбавляют водой (1:10) или 1-2 %-ным раствором глицерина (1:25).

Одну каплю разбавленного молока наносят на предметное стекло, накрывают ее покровным стеклом и осторожно прижимают покровное стекло к предметному. Для герметизации препарата края покровного стекла смазывают вазелином. Препарат оставляют стоять при комнатной температуре от 15 мин. до 1 часа для всплывания жировых шариков. После выдержки препарат помещают на столик микроскопа и с помощью окуляр – микрометра определяют размеры жировых шариков при увеличении в 600 раз (объектив 40, окуляр 15).

Жировые шарики разделяют на фракции (группы) по размерам диаметров в зависимости от увеличения микроскопа и установленной цены деления окуляр – микрометра. Точность пределов этих фракций составляет

одно или половину деления окуляр – микрометра. Например, если цена одного деления шкалы окуляр – микрометра равна 1 мкм, то пределы фракций будут следующими: I – от 0 до 1 мкм; II – от 1 до 2 мкм; III – от 2 до 3 мкм и т.д.

В одном образце молока подсчитывают 600 – 1000 жировых шариков. размеры жировых шариков каждой фракции выражаются средним диаметром $(2 + 3) / 2 = 2,5$ мкм.

Данные измерений записываются в таблицу 2.2.3.

Таблица 2.2.3 Результаты микропирования жировых шариков

№ фракции	Диаметр жировых шариков фракции, мкм	Средний диаметр жировых шариков, мкм	Количество жировых шариков	Количество жировых шариков, % от общего кол-ва
1				
2				
ИТОГО			600 - 1000	100

5 Оформление работы

Излагается сущность каждого из методов определения эффективности гомогенизации. Заполняются таблицы. Сравнивают методы определения эффективности гомогенизации по продолжительности, трудоемкости, аппаратному оформлению. Выбирается метод для применения в промышленности и научных исследованиях.

6 Контрольные вопросы

8. Назначение и сущность гомогенизации?
9. Какие технологические факторы влияют на дисперсность молочного жира при гомогенизации?
10. В чем заключается метод определения эффективности гомогенизации центрифугированием?
11. Какие методы определения эффективности гомогенизации вы знаете?
Их достоинства и недостатки.
12. Назовите способы и режимы гомогенизации.
13. Как влияет гомогенизация на состав и свойства молока?

2.3 Лабораторная работа №3

Изучение динамики изменения содержания лактозы в процессе сквашивания

Цель работы: изучение влияния количества закваски, ее состава, активности и температуры сквашивания на интенсивность кислотообразования, продолжительность свертывания и на изменение содержания лактозы в продукте. По полученным данным устанавливают интенсивность кислотообразования в разные фазы процесса сквашивания и динамику содержания лактозы в продукте.

Задачи: сквашивание молока, исследование влияния качественных и количественных показателей на интенсивность кислотообразования, продолжительность свертывания, дать заключение по исследованию изменения содержания лактозы в продукте.

2 Оборудование, приборы и материалы

Термостаты с автоматическим регулированием температуры, рефрактометр ФЭК; аппаратуру и реактивы для определения кислотности, плотности, стерильные пипетки, колбы (молочные бутылки), горелки; первичная и пересадочная лабораторные закваски, обезжиренное или цельное натуральное молоко высшего или первого сорта по ГОСТ - Р 52054-2004.

3 Методы исследования

Кислотность определяют титрованием, плотность — ареометрическим методом; вкус, запах и консистенцию — органолептически, содержание лактозы — рефрактометрическим методом.

4 Порядок выполнения работы

Работа выполняется в *4 вариантах*:

- *1 вариант* - влияние состава закваски
- *2 вариант* - влияние количества закваски
- *3 вариант* - влияние активности закваски
- *4 вариант* - влияние температуры сквашивания.

В колбы или молочные бутылки заливается обезжиренное или цельное молоко (по две емкости на один вариант), закрывают ватными пробками и пастеризуют в водяной бане при 92-95°C в течение 20-30 мин. В процессе выдержки молока при заданной температуре постоянно перемешивается для равномерного прогрева. После пастеризации молоко охлаждается до температуры заквашивания. В охлажденное молоко вносится 2-3 % пересадочной лабораторной закваски, тщательно перемешивается и помещается в термостат при соответствующей температуре.

1 вариант - для определения влияния состава закваски по две колбы с пастеризованным молоком заквашиваются заквасками разного состава (например, закваска для творога и сметаны, ряженки и йогурта и др.) при свойственных им температурах заквашивания. Сквашивают молоко также при температурах, соответствующих каждому составу.

2 вариант - влияние количества закваски устанавливается, заквашивая пастеризованное и охлажденное до одинаковой температуры молоко разным количеством (3 и 5%) одной и той же закваски (по две колбы). Молоко сквашивается в одинаковых условиях.

3 вариант - для того чтобы выявить влияние температуры сквашивания, в четыре колбы с молоком вносят одну и ту же закваску при двух разных температурах (разница не менее 5°C). При этих же температурах проводят сквашивание.

4 вариант - влияние активности закваски определяется также в двух вариантах, заквашивая две колбы первичной лабораторной и две пересадочной лабораторной заквасками одного и того же вида. Количество закваски и температура сквашивания одинаковые.

Для определения кислотности и содержания лактозы из каждой емкости каждого варианта сразу после заквашивания и через каждые последующие 30 мин в процессе сквашивания отбираются пробы. По второй емкости отмечается время начала свертывания и образования плотного сгустка, после чего сквашенный продукт переносится из термостата в холодильник.

По полученным данным строятся графики изменения кислотности и содержания лактозы в процессе сквашивания. На графике выделяют фазу медленного нарастания кислотности, соответствующую фазе ассимиляции микроорганизмов (lag-фаза), и фазу интенсивного нарастания кислотности. Определяется скорость роста кислотности в этих фазах ($^{\circ}\text{T}/\text{ч}$). Устанавливается продолжительность сквашивания и кислотность, при которой образовался сгусток. Полученные результаты сопоставляются с изменением содержания лактозы в продукте и устанавливают влияние исследованных факторов на продолжительность фазы ассимиляции, скорость роста кислотности, продолжительность сквашивания.

В параллельных колбах, в которых сквашивание проходило без перемешивания, визуально определяется качество сгустка, его прочность, а также вкус и консистенцию.

5 Оформление работы

Описывается последовательность выполнения работы. Дается характеристика исследования сквашиваемых продуктов. Строится график.

Таблица 2.3.1 Характеристика заквасок

№ варианта	Закваска	Количество, %	Температура сквашивания, $^{\circ}\text{C}$	Кислотность в конце сквашивания, $^{\circ}\text{T}$	Массовая доля лактозы, %	Скорость роста кислотности, $^{\circ}\text{T}/\text{ч}$	
						минимальная	максимальная

Приводится характеристика вкуса и консистенции образцов сквашиваемых продуктов (таблица 2). Делается вывод о влиянии состава

закваски, температуры сквашивания, количества и активности закваски на продолжительность свертывания и lag-фазы, скорость роста кислотности и на изменение содержания лактозы в продукте.

Таблица 2.3.2 Органолептическая оценка продукта

№ варианта	Закваска	Органолептическая оценка		
		вкус	запах	консистенция

6 Контрольные вопросы

- 1 Назовите микроорганизмы, используемые в производстве кисломолочных продуктов.
- 2 Как влияет температура на продолжительность сквашивания?
- 3 От чего зависит продолжительность lag-фаз?
- 4 В чем различие между мезофилами и термофилами?
- 5 Охарактеризуйте стационарную фазу.
- 6 Назовите причины отмирания клеток (старение культуры).
- 7 Нарисуйте кривую роста бактериальной популяции, охарактеризуйте основные фазы роста культуры.
- 8 Сущность молочнокислого брожения.
- 9 Распад лактозы в процессе молочнокислого брожения.

2.4 Лабораторная работа №4

Изучение процесса сбивания сливок

Цель работы: изучение влияния количества и состава сливок, температуры сбивания и скорости вращения маслоизготовителя на интенсивность маслообразования, продолжительность сбивания и на изменение содержания жира в продукте. По полученным данным устанавливают интенсивность маслообразования в разные фазы процесса сбивания и динамику содержания жира в продукте.

Задачи: сбивание сливок, исследование влияния качественных и количественных показателей сливок на интенсивность маслообразования,

продолжительность сбивания, дать заключение по исследованию изменения содержания жира в продукте.

2 Оборудование, приборы и материалы

Маслообразователь, термостаты с автоматическим регулированием температуры, прибор «Клевер 1М», рефрактометр, аппаратура и реактивы для определения жирности кислотным методом, пипетки, колбы (молочные бутылки), горелки; натуральные сырые сливки. по ГОСТ - Р 52054-2004.

3 Методы исследования

Кислотность определяют титрованием, массовую долю жира – на приборе «Клевер» или кислотным методом; вкус, запах и консистенцию - органолептически, содержание белка– рефрактометрическим методом.

4 Порядок выполнения работы

Работа выполняется в *4 вариантах*:

- *1 вариант* - влияние состава сливок
- *2 вариант* - влияние количества сливок в маслоизготовителе
- *3 вариант* - влияние частоты вращения маслоизготовителя
- *4 вариант* - влияние температуры сбивания.

В кастрюли на 3-4л или специальные молочные кастрюли- иогуртницы с рубашкой заливаются сырые сливки (по 1000мл на один вариант), закрывают крышками и пастеризуют в водяной бане при 92—95°С в течение 20-30 мин. В процессе выдержки сливок при заданной температуре постоянно перемешивается для равномерного прогрева. После пастеризации сливки охлаждаются до температуры сбивания. Из охлажденных сливок берут пробу для анализа химического состава. Далее сливки тщательно перемешиваются и помещаются в маслоизготовитель при соответствующей температуре.

1 вариант - для определения влияния состава сливок на интенсивность маслообразования по две кастрюли с пастеризованными сливками разного состава (например 25 и 30% жирности или др.) сбиваются при свойственных им одинаковых температурах. В процессе выработки продолжительность процесса соответствующих каждому составу, выход масла и его состав.

2 вариант - влияние количества сливок в маслоизготовителе или степень заполнения бочки аппарата. Устанавливается путем сбивания сливок одинаковых по качеству, но при разной степени заполнения бочки. Сбивая пастеризованные и охлажденные до одинаковой температуры сливки разным количеством заполнения в одинаковых условиях.

3 вариант - для того чтобы выявить влияние температуры сбивания, вносят одинаковое количество сливок при двух разных температурах (разница не менее 5°C). При этих же температурах проводят сбивание.

4 вариант - влияние частоты вращения маслоизготовителя определяется также в двух вариантах. Сбиваются две партии сливок одинакового количества и качества при разных скоростях вращения аппарата. Температура сбивания одинаковые.

Для определения влажности и содержания жира из каждой емкости каждого варианта через каждые последующие 30 мин в процессе сбивания и сразу после сбивания отбираются пробы. По каждой емкости отмечается время начала пенообразования и образования масляного зерна, после чего сбивание продолжается до полного завершения процесса.

По полученным данным строятся графики изменения продолжительности этапов составляющих процесс маслообразования. содержания лактозы в е сквашивания. На графике выделяют фазу медленного нарастания пены, интенсивного нарастания пены, фазу угасания пены, и фазу образования макового зерна и фазу образования

масляного зерна. Определяется продолжительность этих фаз. Устанавливается продолжительность сбивания и жирность образовавшегося масла. Полученные результаты сопоставляются с изменением содержания жира и влаги в продукте и устанавливают влияние исследованных факторов на продолжительность отдельных фаз и в целом на продолжительность сбивания.

В параллельных выработках, в которых проходило сбивание, визуально определяется качество масла, его цвет, запах а также вкус и консистенцию.

5 Оформление работы

Описывается последовательность выполнения работы. Дается характеристика исследования сбиваемых продуктов. Строится график.

Таблица 2.4.1 Характеристика процесса

№ варианта	Масса сливок, г	Масса масла, г	Температура сбивания, С°	Массовая доля жира, %	Массовая доля влаги, %	Продолжительность, (мин)	
						минимальная	максимальная

Приводится характеристика вкуса и консистенции образцов сквашиваемых продуктов (таблица 2.4.2). Делается вывод о влиянии состава закваски, температуры сквашивания, количества и активности закваски на продолжительность свертывания и lag-фазы, скорость роста кислотности и на изменение содержания лактозы в продукте.

Таблица 2.4.2 Органолептическая оценка продукта

№ варианта	Органолептическая оценка			
	цвет	вкус	запах	консистенция

6 Контрольные вопросы

- 1 Назовите требования к сырью используемые в производстве масла.
- 2 Как влияет температура на продолжительность сбивания?
- 3 От чего зависит продолжительность фазы пенообразования?

- 4 В чем различие между глицеридами и жирными кислотами?
- 5 Охарактеризуйте фазу образования макового зерна.
- 6 Назовите причины потерь жира с пахтой .
- 7 Нарисуйте кривую роста продолжительности сбивания, в зависимости от исследуемого параметра. фазы роста культуры.
- 8 Сущность процесса маслообразования.
- 9 Сущность процесса флотации.

2.5 Лабораторная работа №5

Сепарирование молока. Изучение технологических факторов влияющих на обезжиривание молока

1 Цель работы: освоить методику сепарирования молока, изучить динамику изменения содержания жира в обезжиренном молоке в процессе сепарирования.

2 Краткие теоретические сведения

Молоко разделяется в сепараторах под действием центробежной силы. Скорость и направление движения частиц в межтарелочном пространстве представляют собой результирующую скорости осаждения частиц (скорости Стокса) и скорости потока. Скорость Стокса $V_{ст}$ м/с выражается уравнением:

$$V_{ст} = 2\pi^2 \cdot n^2 \cdot R \cdot d^2 (\rho_1 - \rho_2) / 9 \cdot \mu, \quad (2.5.1)$$

где n - частота вращения барабана сепаратора, с⁻¹;

R - расстояние, на котором находится рассматриваемый жировой шарик или частица механической примеси, м;

d - диаметр жирового шарика или частицы, м;

ρ_1 - плотность плазмы молока, кг/м³;

ρ_2 - плотность жирового шарика или частицы, кг/м³;

μ - вязкость плазмы молока, Па с.

Скорость потока жидкости V_n м/с в межтарелочном пространстве барабана сепаратора определяется по формуле :

$$V_n = M/2n \cdot R_T \cdot h \cdot z, \quad (2.5.2)$$

где M - производительность сепаратора, м³/с;

R_T - радиус сечения тарелки, при котором определяется скорость потока, м;

h - расстояние между тарелками по нормали, м;

z - число тарелок, шт.

Направление скорости движения жировых шариков в сливкоотделителе и частиц механических примесей в молокоочистителе схематично изображено на рисунке 2.5.1.

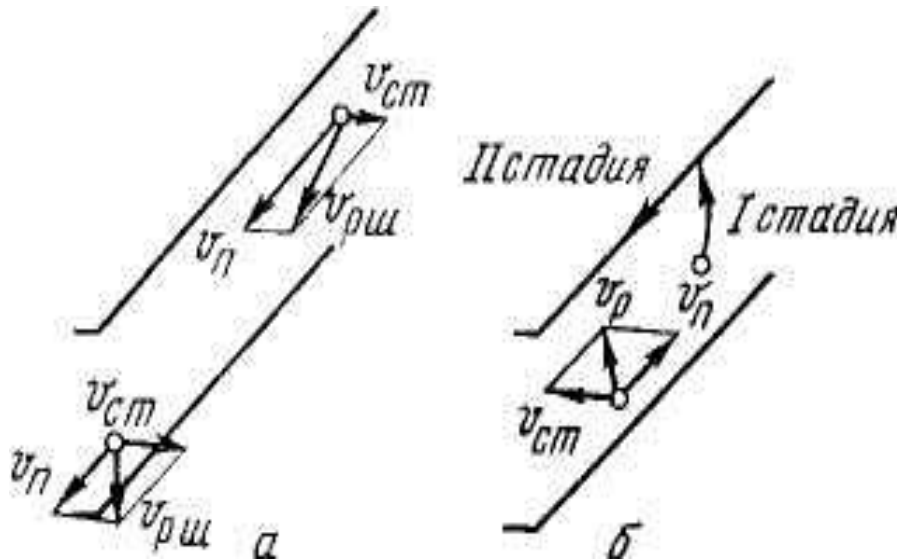


Рисунок 2.5.1 Схема направления скоростей движения дисперсной частицы в межтарелочном пространстве *а* - сливкоотделителя; *б*-молокоочистителя

Движение жировых шариков в межтарелочном пространстве состоит из двух стадий: на первой стадии жировые шарики проникают через толщу плазмы и осаждаются на поверхности тарелки, а на второй стадии жировые шарики продвигаются по верхней поверхности тарелок к центру барабана.

Одновременно с выделением жировых шариков из молока также в две стадии осаждаются механические примеси, т.е. частицы, имеющие

большую плотность ($1330 \div 1920 \text{ кг/м}^3$), чем плотность ($1027 \div 1030 \text{ кг/м}^3$) плазмы молока. Они проникают через толщу плазмы молока, но как более тяжелые, достигая периферии по нижней поверхности тарелки, отбрасываются в грязевое пространство. Вместе с ними осаждаются форменные элементы крови, белковые частицы молока, бактериальные клетки и т. д.

Качество обезжиривания при сепарировании молока характеризуется содержанием жира в обезжиренном молоке, а также степенью перехода жира в сливки (степень обезжиривания $\alpha_{\text{ж}}$ в %), которая определяется по формуле :

$$\alpha_{\text{ж}} = 100 \cdot \frac{J_{\text{сл}} \cdot (J_{\text{м}} - J_{\text{об}})}{J_{\text{м}} \cdot (J_{\text{сл}} - J_{\text{об}})}, \quad (2.5.3)$$

где $\alpha_{\text{ж}}$ — степень обезжиривания, %;

$J_{\text{м}}$, $J_{\text{сл}}$, $J_{\text{об}}$ — массовая доля жира соответственно в цельном молоке, сливках, обезжиренном молоке, %.

Качество работы сепаратора можно характеризовать индексом сепарирования K , который рассчитывается по формуле :

$$K = J_{\text{об}} / J_{\text{об1}}, \quad (2.5.4)$$

где $J_{\text{об1}}$ — массовая доля жира в обезжиренном молоке при повторном сепарировании обезжиренного молока, %.

Чем меньше индекс сепарирования, тем лучше качество обезжиривания и тем совершеннее сепаратор. Индекс сепарирования позволяет сравнивать качество работы сепараторов при испытании их на разном молоке.

3 Устройство и подготовка сепаратора к работе

Правила безопасности при работе на сепараторе следующие. Перед пуском сепаратора необходимо проверить правильность сборки барабана, крепление приемно-выводного устройства. Электродвигатель должен быть заземлен.

Категорически запрещается снимать, поправлять или устанавливать приемно-выводное устройство во время вращения барабана сепаратора. Запрещается работать при обнаружении посторонних шумов, при задевании барабана за детали приемно-выводного устройства, при повышенной вибрации сепаратора, с разбалансированным барабаном.

Категорически запрещается работать на сепараторе при частоте вращения выше указанной в паспорте.

Запрещается тормозить барабан посторонними предметами или другими способами, не предусмотренными инструкцией, а также разбирать сепаратор во время вращения барабана.

Запрещается работать на сепараторе с барабаном, собранным с деталями от другого барабана.

Лабораторный сепаратор («Сатурн», «Салют») состоит из следующих основных узлов (рисунок 2.5.2): электропривода, барабана и приемно-выводного устройства

Электропривод представляет собой пластмассовый корпус, внутри которого размещен электродвигатель 11 на упругих резиновых опорах. На вал электропривода вертикально устанавливается барабан 5. Барабан 5 сепаратора обязательно балансируется на заводе изготовителе. Для обеспечения безаварийной работы необходимо перед пуском сепаратора проверить вертикальность его установки относительно поверхности рабочего стола.

Приемно-выводное устройство служит для подачи молока в барабан, вывода сливок и обезжиренного молока после сепарирования. Оно состоит из приемника молока 1 с краном 2, поплавковой камеры 4 с поплавком 3, приемника сливок 6 и приемника обезжиренного молока 7.

Барабан 5 состоит (рисунок 2.5.4) из основания 9, тарелкодержателя 8, резинового уплотнительного кольца 7, тарелок промежуточных 5, 6, разделительной тарелки 4, регулировочного винта 2, крышки барабана 3, затяжной гайки 1. Сборку барабана производят в определенном порядке (рисунок 2.5.5). В паз основания барабана 1 вставляется уплотнительное

кольцо 2, затем тарелкодержатель 3 так, чтобы штифт основания барабана вошел в отверстие основания тарелкодержателя. Тарелки 4 устанавливаются последовательно: первая тарелка - с выступающими шипиками, следующая –

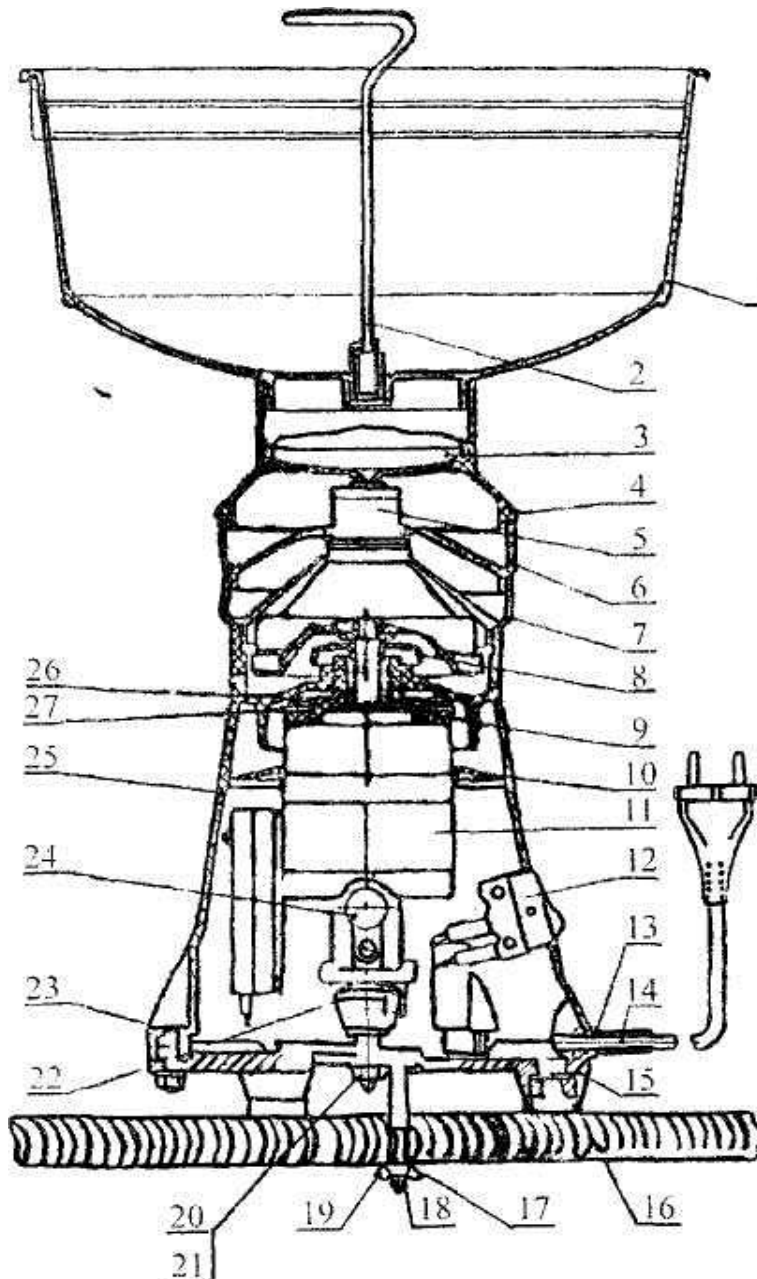


Рисунок 2.5.1 Общий вид электросепаратора

- 1- приемник молока; 2 - краник; 3 - поплавок; 4 - поплавок-камера;
 5 - барабан; 6 - приемник сливок; 7 - приемник обезжиренного молока;
 8 - муфта; 9 - верхняя опора; 10 - шиток; 11 - электродвигатель;
 12 - выключатель; 13 - втулка; 14 - шнур; 15 - основание; 16 - амортизатор;
 17 - шайба; 18 - шпилька; 19, 21 - шика; 20 - винт регулировочный;

22 - нижняя опора; 23-болт; 24 - щетка; 25 - корпус; 26 - винт; 27 - щиток гладкая и т.д.

Последние -разделительная тарелка 5 и крышка барабана 6. При этом фиксатор с винтом регулировки жирности сливок разделительной тарелки должен войти в паз крышки барабана и в паз основания барабана. Герметизацию барабана проводят завинчиванием гайки 7.

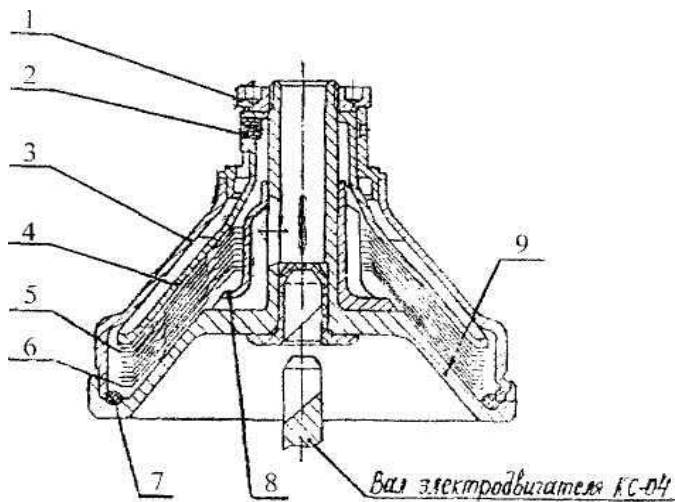


Рисунок 2.5.2 Схема барабана в сборе

1 - гайка специальная; 2 - винт регулировочный; 3 - крышка барабана;
4 - тарелка верхняя; 5 - тарелка промежуточная; 6 - тарелка; 7 - кольцо
уплотнительное; 8 - тарелкодержатель; 9 - основание барабана

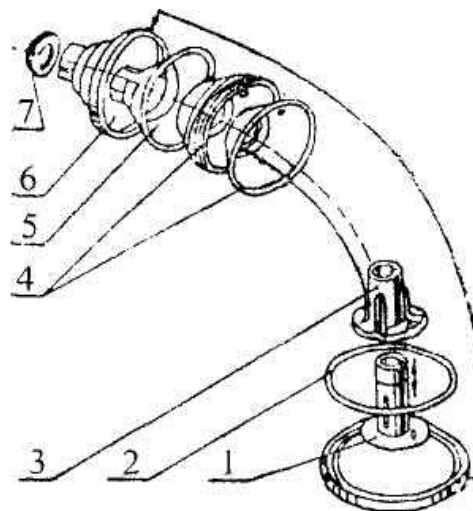


Рисунок 2.5.3 Последовательность сборки барабана

1 - основание барабана; 2 - кольцо уплотнительное; 3 - тарелкодержатель;
4 - тарелки; 5 - тарелка верхняя; 6 - крышка барабана; 7 - специальная гайка

Затем последовательно устанавливают барабан на посадочный корпус привода, приемник обезжиренного молока 7, приемник сливок 6, поплавковую камеру 4 с поплавком 3, приемник молока 1, кран 2 (см. рисунок 3.1).

4 Оборудование, приборы и материалы

Для работы используют сепаратор малой производительности («Волга», «Салют», «Сатурн»); аппаратуру и реактивы для определения массовой доли жира в молоке, сливках и обезжиренном молоке; натуральное молоко кислотностью не выше 20°Т; моющие и дезинфицирующие растворы; весы.

5 Методика выполнения работы

Работу начинают с подготовки сепаратора. Чистые детали дезинфицируют и собирают барабан и сепаратор в целом. Перед сборкой барабана взвешивают его крышку. При установлении барабана на вал электродвигателя, проверяют положение сливочного винта и отверстия для выхода обезжиренного молока. Проверяют правильность сборки сепаратора в целом.

Молоко, предназначенное для сепарирования, взвешивают и определяют в нем содержание жира. Массовую долю жира в молоке, сливках и обезжиренном молоке определяют кислотным методом Гербера или на приборе Клевер 1М.

Сепаратор пускают в работу. После достижения барабаном рабочей частоты вращения в него подают нагретое до 35-40°С молоко. Сразу отбирают первую пробу обезжиренного молока и далее через определенные промежутки времени в сухую посуду отбирают пробы обезжиренного молока (всего 4-5 проб). В отобранных пробах определяют массовую долю жира и кислотности.

После окончания сепарирования молока через барабан пропускают часть обезжиренного молока для вытеснения остатков сливок и прекращают сепарирование. Повторно отбирают пробу обезжиренного молока, определяют в ней содержание жира. После полной остановки барабана сепаратор разбирают. Крышку барабана сепаратора взвешивают. По разности между массой крышки до и после сепарирования определяют количество сепараторной слизи, визуально знакомятся с ее качеством, рассчитывают выход сепараторной слизи в процентах от массы просепарированного молока. Барабан сепаратора и приемную посуду моют.

Полученные сливки и обезжиренное молоко взвешивают отдельно и определяют в них массовую долю жира. Для определения потерь $P_{ж}$ в кг, жира составляют жиробаланс сепарирования

$$P_{ж} = [m_{м} \cdot Ж_{м} - (m_{сл} \cdot Ж_{сл} + m_{об} \cdot Ж_{об})] / 100, \quad (2.5.5)$$

где $m_{м}$ – масса сепарированного молока, кг;

$m_{сл}$ – масса сливок, полученная при сепарировании, кг;

$m_{об}$ – масса обезжиренного молока, кг;

$Ж_{м}$, $Ж_{сл}$, $Ж_{об}$ – массовая доля жира соответственно в молоке, сливках, обезжиренном молоке, %.

Относительные потери жира $P_{отн}$ в % от количества переработанного жира рассчитывается по формуле

$$P_{отн} = 10000 \cdot P_{ж} / m_{м} \cdot Ж_{м}, \quad (2.5.6)$$

Фактический расход молока $P_{м}$ на 1 кг сливок определяется по формуле:

$$P_{м} = m_{м} / m_{сл}. \quad (2.5.6)$$

Пересчитывается расход молока фактической жирности на расход молока базисной жирности $P_{мб}$ в кг

$$P_{мб} = P_{м} \cdot Ж_{м} / Ж_{мб}. \quad (2.5.7)$$

где $Ж_{мб}$ – базисная массовая доля жира в молоке, %.

сепаратора). С этой целью через барабан сепаратора после достижения им рабочей частоты вращения пропускают горячую воду температурой 50-60 °С

в количестве 5-6 объемам вместимости барабана сепаратора. Первую порцию обезжиренного молока, равную одному объему барабана сепаратора, при сепарировании молока отбирают в отдельную посуду, так как она разбавлена водой, и ее не анализируют. Далее повторяют работу, как описано выше, заканчивая ее построением графика.

6 Оформление работы

Описывается подготовка сепаратора к работе, пуск сепаратора, сепарирование и остановка сепаратора согласно руководства по эксплуатации данного сепаратора. Выполняются расчеты по определению потерь расхода сырья на единицу сливок. Заполняется таблица 6.1.

Таблица 2.5.1 Содержание жира в продуктах сепарирования

Молоко				Обезжиренное молоко			Сливки			Потери жира		Расход молока Р _м кг на 1 кг сливок	На 1 кг сливок
Масса, кг	Массовая доля жира, %	Масса жира, кг	Масса, кг	Массовая доля жира, %	Масса жира, кг	Масса, кг	Массовая доля жира, %	Масса жира, кг	кг	%			

Строят график изменения массовой доли жира в обезжиренном молоке при сепарировании. Обосновывают изменение массовой доли жира в обезжиренном молоке в процессе сепарирования. Отмечают влияние прогрева барабана сепаратора на обезжиривание молока. Строят график изменения массовой доли жира в обезжиренном молоке для саморазгружающихся сепараторов. Определяют индекс сепарирования К, принимая Ж_{об} по стадии установившегося режима.

7 Контрольные вопросы

1. Перечислить правила безопасности работы на сепараторе.
2. Для чего необходимо перед сепарированием пропускать горячую воду через барабан сепаратора?

3. Назовите средний состав сепараторной слизи.
4. В чем состоит подготовка сепаратора к работе?
5. Как отбираются пробы молока, сливок и обезжиренного молока?

2.6 Лабораторная работа №6

Изучение технологических факторов влияющих на обезжиривание молока

1 Цель работы: определить влияние полноты загрузки сепаратора, частоты вращения барабана сепаратора и температуры молока на эффективность сепарирования.

2 Краткие теоретические сведения

На эффективность сепарирования влияют технологические факторы: температура сепарирования, кислотность молока, загрязнение молока механическими примесями, размер и плотность жировых шариков, массовая доля жира в молоке, частота вращения барабана сепаратора, производительность сепаратора и т.д.

Повышение температуры выше 40-45°C приводит к снижению эффективности сепарирования, т.е к увеличению жира в обезжиренном молоке.

Повышение температуры сепарирования способствует денатурации сывороточных белков молока, агломерации их с казеином и появление белковых хлопьев, поэтому грязевое пространство сепаратора быстро заполняется, что приводит к ухудшению выделения жира.

При высоких температурах сепарирования происходит сильное вспенивание сливок и обезжиренного молока. Также происходит дробление жировых шариков из-за дестабилизации белково-лецитиновой оболочки, при этом эффективность обезжиривания снижается, так как часть мелких жировых шариков уходит в обезжиренное молоко. При сепарировании

молока при низких температурах экономится электроэнергия, не происходит быстрого развития жизнедеятельности микроорганизмов, жировые шарики подвергаются меньшему воздействию, поэтому сливки более стабильны. Недостатки холодного сепарирования - снижение эффективности сепарирования.

Повышенная кислотность молока приводит к частичной коагуляции белков, которые заполняют грязевое пространство и зазоры между тарелками. Это ухудшает обезжиривание молока и увеличивает отход жира в обезжиренное молоко.

Если *молоко сильно загрязнено* механическими примесями, то они концентрируются не только на внутренней поверхности кожуха в области грязевого пространства, но и на тарелках, что ухудшает сепарирование молока и понижает степень обезжиривания. Увеличение механических загрязнений также повышает бактериальное загрязнение молока, так как температура сепарирования оптимальна для развития микрофлоры.

От размера, плотности жировых шариков молока зависит степень обезжиривания при сепарировании. Чем меньше размер жировых шариков, тем труднее их выделить из молока, поскольку их плотность повышается из-за увеличения доли белкового адсорбционного слоя оболочки. Плотность жировых шариков определяется как средняя величина плотности жира и белковой оболочки. Отношение размера жирового шарика к толщине оболочки обуславливается главным образом его диаметром. Чем меньше диаметр, тем больше доля оболочки и сильнее влияние белкового слоя, увеличивающего плотность жирового шарика. При минимальном размере жирового шарика наступает равенство плотностей жира $\rho_{ж.ш.}$ и плазмы молока $\rho_{н1}$. Когда $\rho_{н1} = \rho_{ж.ш.}$, скорость Стокса для такого шарика будет равна нулю. Это означает, что жировые шарики при сепарировании переходят в обезжиренное молоко и не попадают в сливки. Критический диаметр жирового шарика, не выделяющегося из плазмы молока, составляет $\approx 0,2$ мкм.

Сильное механическое воздействие на молоко перед сепарированием может вызвать образование комочков или, наоборот, дробление крупных жировых шариков на более мелкие.

При большой частоте вращения барабана наблюдается меньший отход жира в обезжиренное молоко (превышать её можно лишь на 10-15 %). При меньшем поступлении молока в барабан оно более продолжительное время находится под действием центробежной силы, поэтому имеется большая вероятность полного выделения жира. С целью лучшего обезжиривания приток молока уменьшают на 10-15 %.

3 Оборудование, приборы и материалы

Сепаратор; аппаратура и реактивы для определения содержания жира и сухих веществ, кислотности и плотности молока, сливок и обезжиренного молока; натуральное молоко кислотностью не более 20 °Т; моющие и дезинфицирующие растворы; секундомер.

4 Выполнение работы

Работа начинается с подготовки сепаратора, соблюдая правила сборки и правила безопасности.

Молоко сепарируют 3-4 раза при различных производительностях сепаратора. Производительность в открытых сепараторах регулируют, изменяя уровень молока в поплавковой камере и используя разные вкладыши, уменьшающие диаметр насадки. Производительность сепаратора M , м³/с, рассчитывается по формуле

$$M = \mu \cdot f \sqrt{2H \cdot g} , \quad (2.6.1)$$

где μ - коэффициент истечения молока ($\mu = 0,7-0,75$);

f – площадь сечения насадки, м²;

H – уровень молока в поплавковой камере, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Наряду с расчетной непосредственным замером определяется фактическая производительность сепаратора. Для этого поплавковая камера помещается над градуированной емкостью. Через поплавковую камеру, поддерживая постоянный уровень, пропускается молоко. По секундомеру определяется время истечения определенно объема молока и рассчитывается производительность сепаратора M , (m^3/c), по формуле

$$M = m_m / \tau, \quad (2.6.2)$$

где m_m – количество молока, прошедшее через поплавковую камеру за время τ , m^3 ;

τ – время истечения молока, с.

Влияние частоты вращения барабана на эффективность сепарирования устанавливаются на сепараторе, регулируя частоту вращения барабана с помощью платы управления. Молоко сепарируют 3 раза. При 1-ом сепарировании частоту вращения барабана устанавливается в положении минимум. При 2-ом сепарировании регулятор частоты вращения барабана устанавливается в среднее положение. При 3-м сепарировании регулятор частоты вращения барабана устанавливается в положение максимум. Устанавливаемая частота вращения барабана может быть как меньше рекомендуемой в паспорте, так и больше. Однако она не должна превышать максимально допустимого значения для данного сепаратора.

Влияние температуры молока на эффективность сепарирования определяют, сепарируя его при трех-пяти разных температурах с интервалом в 10-15 °С. Сепарирование при низких температурах проводят без прогрева барабана сепаратора горячей водой.

В каждом из перечисленных выше заданий настоящей работы все параметры сепарирования, кроме исследуемого, должны быть одинаковыми: все варианты сепарирования в здании проводят на одном и том же молоке; температура сепарирования во всех вариантах задания, за исключением третьего, должна быть одинаковой; частота вращения, за исключением

второго задания, а производительность, за исключением первого задания, должны быть также одинаковыми.

Перед каждым последующим сепарированием барабан сепаратора необходимо мыть. После разгона барабана и достижения установившегося режима сепарирования через равные промежутки времени от начала процесса отбирают пробы сливок и обезжиренного молока. Затем сепарирование прекращают. После остановки барабана его разбирают и моют. В пробах сливок и обезжиренного молока определяют содержание жира. По полученным данным рассчитывается степень обезжиривания в % по формуле 2.4 и строится график в зависимости содержания жира в обезжиренном молоке и степени обезжиривания от исследованных факторов.

По результатам выполненной работы делают выводы о влиянии исследованных факторов на содержание жира в обезжиренном молоке и степень обезжиривания, дают объяснение полученным закономерностям.

Аналогично исследуется влияние кислотности и механической загрязненности молока на изменение содержания жира в обезжиренном молоке в процессе сепарирования.

5 Оформление работы

Описываются условия и порядок выполнения работы. По полученным данным строятся графики. Дается теоретическое обоснование полученным закономерностям.

6 Контрольные вопросы

1. Какими показателями определяется эффективность сепарирования?
2. Как влияют свойства молока на эффективность сепарирования?
3. Объяснить по результирующей скорости жирового шарика в тарелочном пространстве влияние производительности, частоты вращения и температуры сепарирования на изменение эффективности сепарирования.

4. Назовите порядок и режим мойки сепаратора.

2.7 Лабораторная работа №7

Изучение тепловой обработки молочного сырья (пастеризация, стерилизация)

Существует много способов воздействия на молоко высоких температур с целью уничтожения в нем микрофлоры. Под пастеризацией понимают нагревание молока, начиная с 63°C и кончая температурой, близкой к точке кипения. Стерилизация – нагревание молока выше температуры кипения. При пастеризации уничтожаются вегетативные формы микробов, при стерилизации – одновременно и споры. На практике применяют длительную, кратковременную и мгновенную пастеризацию. При длительной пастеризации молоко нагревают до 63-65°C и выдерживают 30 мин. Кратковременная пастеризация проводится при температуре 75-80°C с выдержкой в течение 15-20 с, мгновенная пастеризация осуществляется при температуре 80-90°C без выдержки.

Под действием высоких температур свойства молока изменяются. Из молока улетучиваются газы, в том числе углекислый, поэтому кислотность молока снижается на 0,5 – 1° Т. При температуре более 85°C частично изменяются свойства казеина. Но большее воздействие испытывает альбумин, уже при 60 – 65°C он начинает денатурироваться. Нарушается и солевой состав молока. Так, растворимые фосфорнокислые соли переходят в нерастворимые.

Из-за частичного свертывания белков и образования нерастворимых солей на поверхностях пастеризаторов откладывается осадок – молочный камень (пригар). Пастеризованное молоко хуже свертывается под действием сычужного фермента, чем свежее. Это объясняется выпадением в осадок кальциевых солей. Добавление раствора хлористого кальция восстанавливает способность молока свертываться. Нагревание молока разрушает ферменты.

Вследствие образования осадка белков, жира и солей кальция на стенках посуды теряется 15 – 20% питательных веществ. Поэтому кипятить заводское пастеризованное молоко не рекомендуется.

Цель пастеризации – продлить срок хранения, уничтожив микрофлору. При этом нельзя забывать, что кажущееся доброкачественным молоко может быть и опасным, если в нем остались болезнетворные микробы.

2.7.1 Определение термоустойчивости молока

1 Цель работы: научиться проводить анализ термоустойчивости молока по алкогольной и кипячительной пробам.

2 Алкогольная проба

Большая часть молока, заготавливаемого в стране, перерабатывается на молочные продукты. При выработке этих продуктов на молоко воздействует ряд технологических операций, среди которых важное значение имеют высокие температуры, поэтому при оценке молока важно установить его термоустойчивость по алкогольной пробе. Сущность этой пробы заключается в том, что при смешивании в разных объемах спирта определенной концентрации с молоком белки полностью или частично коагулируют, что указывает на нетермостабильное молоко. Для определения термоустойчивости по алкогольной пробе используют водные растворы этилового спирта (68, 70, 72, 75 и 80%). Требуемые водные растворы готовят по нормативам. В приготовленном растворе с помощью ареометра проверяют плотность, которая при 20°C в зависимости от концентрации будет следующей.

<i>Плотность (г/см³) при 20°C</i>	<i>Концентрация спирта (%)</i>
0,8904	68
0,8855	70
0,8805	72

0,8728	75
0,8593	80

Приготовленный раствор не должен отличаться от заданной концентрации более чем на 0,5 деления шкалы ареометра.

3 Техника определения

- 1) Установить температуру молока и спирта, равную $20 \pm 2^\circ\text{C}$.
- 2) В сухую чашку Петри поместить 2 мл молока и добавить 2 мл спирта
- 3) требуемой концентрации. Круговыми движениями смесь в чашке размешать и оставить в покое на 2 мин.
- 4) Затем осмотреть консистенцию смеси. Если на дне чашки при истекании смеси не обнаруживаются хлопья белка, то молоко выдерживает алкогольную пробу и является термоустойчивым. Молоко подразделяют на следующие группы в зависимости от того, при какой концентрации раствора спирта не обнаруживаются хлопья белка.

<i>Группа</i>	<i>Концентрация спирта (%)</i>
I	80
II	75
III	72
IV	70
V	68

Более устойчивое молоко первой группы. Белки молока ниже пятой группы могут коагулировать. Такое молоко непригодно для переработок при высоких температурных режимах.

Молоко, предназначенное для производства продуктов детского питания и стерилизованных продуктов, должно быть по термоустойчивости не ниже второй группы.

2.7.2 Кипятильная проба

Служит для выявления свежести молока и показывает возможность его пастеризации. Для этого небольшую порцию молока прокипятить в пробирке. Молоко кислотностью выше 25°Т при кипячении свертывается. Кипятильная проба помогает выявлять смешанное молоко, в котором есть часть молока повышенной кислотности. Например, при анализе смеси молока кислотностью 26 и 17°Т кипятильная проба положительна (молоко свертывается), хотя титруемая кислотность может быть не выше 22°Т.

Таблица 2.7.1 Количество этилового спирта и воды (при 20°) для получения требуемой концентрации раствора

Содержание спирта в полученном растворе (%)	Объём спирта и воды (мл)									
	98%-ный спирт	Вода	97%-ный спирт	вода	96%-ный спирт	вода	95%-ный спирт	вода	94%-ный спирт	вода
68	694	336	701	328	708	319	716	310	723	302
69	704	326	711	317	719	308	726	299	734	290
70	714	315	722	306	729	297	737	288	745	279
71	724	304	732	295	740	287	747	277	755	268
72	735	294	742	285	750	275	758	266	766	257
73	745	283	753	274	760	265	768	255	777	245
74	755	273	763	263	771	253	779	244	787	234
75	765	261	773	252	781	242	789	233	798	223
76	776	251	784	241	792	231	800	221	809	212
77	786	240	794	230	802	220	811	210	819	200
78	796	230	804	219	812	209	821	199	830	189
79	806	218	814	208	823	198	832	187	840	177
80	816	207	825	197	833	187	842	176	851	166
81	827	196	835	186	844	176	853	165	862	154
82	837	186	845	175	854	164	863	154	872	143

Задание

- 1) В 4-х пробах исследуемого молока определите термоустойчивость по алкогольной пробе. Предварительно необходимо установить титруемую

кислотность каждой пробы. Сделать заключение о термоустойчивости молока с различной кислотностью.

- 2) Исследовать три пробы молока на возможность их пастеризации по кипяtilьной пробе. Первая проба должна иметь нормальную кислотность 16-18°Т, вторая – 25-27°Т, третья проба составляется из смеси первых двух проб и определяется ее кислотность. По полученным результатам сделать заключение.

2.7.3 Определение эффективности пастеризации молока

1 Цель работы: определить эффективность различных режимов пастеризации молока путем сравнения количества остаточной микрофлоры

Молоко пастеризуют при разных режимах и определяют эффективность пастеризации.

2 Оборудование, приборы и материалы

Для работы используют различного типа пастеризационные установки, обеспечивающие возможность тепловой обработки молока при разных режимах, термостат, микроскоп; аппаратуру для определения общего количества бактерий посевом на чашки Петри с мясопептонным агаром; молоко сырое натуральное кислотностью не выше 20 °Т; мясопептонный агар для микробиологических исследований; моющие растворы.

3 Методы исследования

Общее количество бактерий определяют в 1 мл молока посевом на чашки Петри с мясопептонным агаром.

Для посева готовят следующие разведения; сырого молока - 1:10000, 1:100000, пастеризованного молока - 1:10, 1:100, 1:1000.

Каждое из выбранных разведений должно быть засеяно по 1 мл в чашки Петри и залито расплавленным и остуженным до 40°C мясопептонным агаром. Для этого после тщательного взбалтывания соответствующего разведения из него берут стерильной пипеткой 1 мл; край чашки Петри слегка приподнимают, конец пипетки доводят до середины дна чашки и содержимое пипетки переносят в чашку Петри. На крышках чашек указывают вид исследуемого материала, разведение и дату посева. Затем, осторожно приподняв с одного края крышку чашки Петри, выливают расплавленную и охлажденную до 40°C питательную среду. Край пробирки перед вливанием проводят через пламя горелки, пробирку держат по возможности в наклонном положении. Сразу же после выливания питательной среды легким вращательным покачиванием чашки тщательно смешивают питательную среду с посевным материалом, но так, чтобы не смочить крышки. Затем чашку быстро ставят на горизонтальную поверхность. После застывания питательной среды чашки с посевами перевертывают крышками вниз и помещают в термостат при 37°C на 48 ч. Вместе с засеянными чашками выдерживают в тех же условиях контрольную чашку, в которую вносят вместо исследуемого материала 1 мл стерильной воды.

Количество выросших колоний подсчитывают в каждой чашке. Для подсчета берут те чашки, количество колоний, в которых не менее 50 и не более 300. Число колоний, выросших на каждой чашке, умножают на соответствующее разведение, получая количество бактерий в 1 мл молока. За окончательный результат принимают среднее арифметическое от результатов подсчета колоний в отдельных чашках.

4 Выполнение работы

Пастеризационную установку подготавливают к работе. Образцы пастеризованного молока получают при 3 - 4 значениях температуры с

интервалом 2-3°C (например, 72, 74, 76, 78 °C и т.д.) и одинаковой выдержке. При отсутствии пастеризационной установки в лабораторных условиях пастеризация может быть проведена в малых объемах с быстрым охлаждением, либо для исследования должны быть заданы режимы длительной пастеризации (например, при температурах 61, 63, 65°C с выдержкой 30 мин).

Образцы пастеризованного молока отбирают стерильной пипеткой в стерильную посуду. В образцах молока определяют общее количество бактерий, для чего готовят соответствующие разведения. Общее количество бактерий определяют, как описано выше, на мясопептоином агаре. По полученным результатам определяют эффективность пастеризации для разных режимов тепловой обработки по формуле.

$$\text{Эф}_\text{П} = 100 (N_\text{Н} N_\text{К}) / N_\text{Н}, \quad (2.7.1)$$

где $\text{Эф}_\text{П}$ – эффективность пастеризации;

$N_\text{Н}$ – количество микроорганизмов в 1 мл сырого молока;

$N_\text{К}$ – количество микроорганизмов в 1 мл молока после пастеризации.

Эффективность пастеризации, равная 99,98 – 99,99 %, считается достаточной при условии подавления жизнедеятельности наиболее теплоустойчивых патогенных микроорганизмов .

Аналогичным образом устанавливают влияние продолжительности выдержки на эффективность пастеризации при одной и той же температуре пастеризации (например, температура 63°C с выдержкой 10, 20 и 30 мин). Из полученных результатов выбирают два варианта с одинаковой или близкой эффективностью пастеризации. Режимы этих вариантов подставляют в формулу Дальберга, получают два уравнения с двумя неизвестными α и β . Решая уравнения, находят значения α и β . Получают математическое выражение, описывающее режимы тепловой обработки с одинаковым эффектом пастеризации. Зависимость представляют в полулогарифмических координатах (рисунок 4.1).

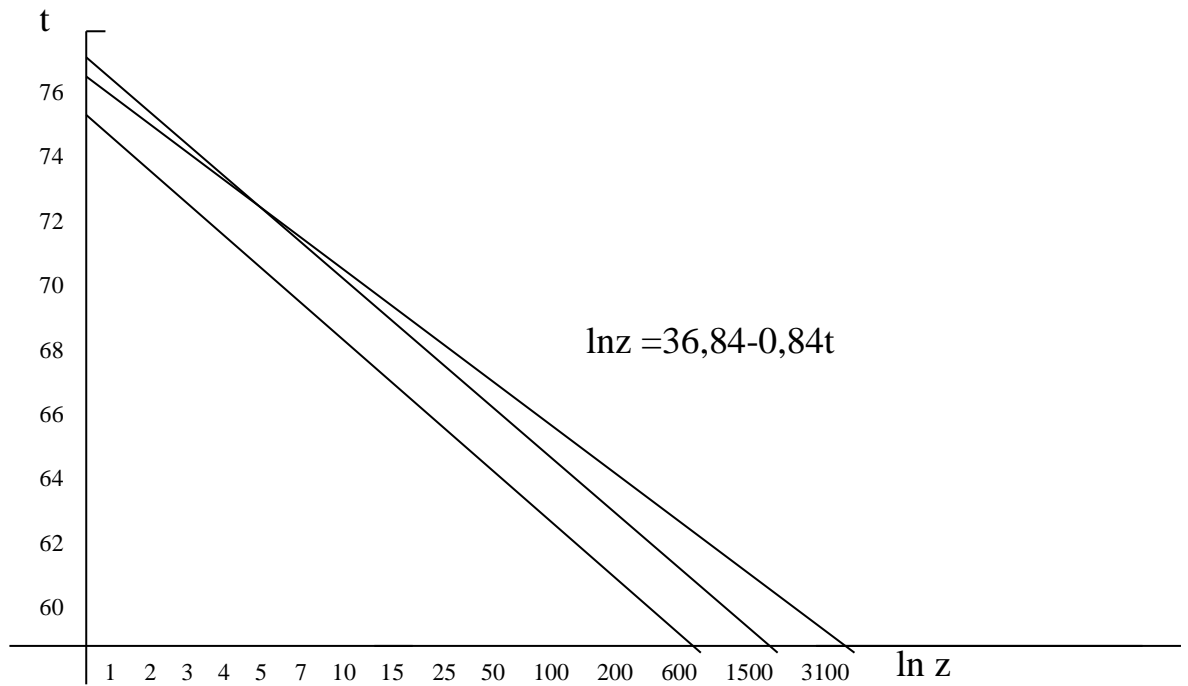


Рисунок 2.7.1 График режимов пастеризации

Математическую зависимость между этими величинами для достижения одинакового эффекта при прочих равных условиях определяют по формуле Дальберга:

$$\ln z = \alpha - \beta t, \quad (2.7.2)$$

где z – время, необходимое для инактивации микроорганизмов, с; α ,

β – коэффициенты, зависящие от термоустойчивости микроорганизмов и среды, в которой они находятся;

t – температура нагревания, °С.

С увеличением температуры пастеризации сокращается продолжительности выдержки, необходимой для получения определенного эффекта пастеризации. Режимы пастеризации, принятые для тепловой обработки молока I сорта, располагается в зоне между прямыми, описываемыми уравнением Дальберга. Нижняя граница зоны (I) характеризует режимы, обеспечивающие гибель термоустойчивых патогенных микроорганизмов, верхняя (II) – начало изменений в молоке.

Эффективность стерилизации принято определить логарифмом отношения начальной концентрации спор в продукте к конечной концентрации

$$\text{Эф}_{\text{СТ}} = \lg(C_{\text{Н}}/C_{\text{К}}). \quad (2.7.3)$$

Достаточной считается эффективность, равная 7. Эффективность стерилизации можно определять также по формуле:

$$\text{Эф}_{\text{СТ}} = 100(C_{\text{Н}}/C_{\text{К}})/C_{\text{Н}}, \quad (2.7.4)$$

где $C_{\text{Н}}$ – конечная концентрации спор в продукте;

$C_{\text{К}}$ – конечная концентрация спор в продукте.

Эффективность стерилизации считается достаточной, если уничтожено 99,99999% спор.

5 Оформление работы

Описать условия и режимы пастеризации образцов молока, рассчитать количество бактерии в образцах. Построить графики, определить коэффициенты в формуле Дальберга. Сделать выводы по полученным результатам. Полученные при лабораторном исследовании результаты занести в таблицы 2.7.1 и 2.7.2.

Таблица 2.7.1 Эффективность пастеризации при разных °t

Температура пастеризации	Сырье		Готовый продукт	
	№ пробы	Кол-во бактерий, КОЕ/мл	Кол-во бактерий, КОЕ/мл	Эффективность пастеризации, %
72	1			
	2			
	3			
	Среднее			
74	1			
	2			
	3			
	Среднее			
76	1			
	2			
	3			
	Среднее			
78	1			
	2			

	3			
	Среднее			

Таблица 2.7.2 Эффективность пастеризации при разной продолжительности выдержки при 63°C

Продолжительность выдержки	Сырье		Готовый продукт	
	№ пробы	Кол-во бактерий, КОЕ/мл	Кол-во бактерий, КОЕ/мл	Эффективность пастеризации, %
10	1			
	2			
	3			
	Среднее			
20	1			
	2			
	3			
	Среднее			
30	1			
	2			
	3			
	Среднее			

2.7.4 Влияние тепловой обработки молока на его свойства

1 Цель работы: определить изменения свойств молока прошедшего тепловую обработку при разных режимах пастеризации.

2 Материалы и методы исследования

Используют пастеризационную установку, стерилизатор, аппаратуру и реактивы для определения содержания жира, титруемой и активной кислотности, относительной вязкости, отстоя жира центрифугированием, лактоальбуминовой пробы, секундомер, лактоденсиметр, молоко натуральное сырое кислотностью не выше 20 °Т.

Содержание жира определяют кислотным методом Гербера; отстой жира-центрифугированием; кислотность-титрованием (в градусах Тернера) и потенциометрическим методом; степень денатурации сывороточных белков - по модифицированной лактоальбуминовой пробе; плотность-ареометрическим методом; относительную вязкость в капиллярном вискозиметре Оствальда; вкус, запах, цвет и консистенцию - органолептические.

3 Метод модифицированной лактоальбуминовой пробы

К 50 мл молока добавляют 3 мл 1 н. раствора уксусной кислоты. Выпавший в осадок казеин отделяют фильтрацией до получения полностью прозрачного фильтрата. Полученный фильтрат кипятят. Если сыворотка содержит белки, то прозрачная жидкость при кипячении мутнеет. Для количественного определения денатурации сывороточных белков часть прокипяченного фильтрата заливают в центрифужную градуированную пробирку вместимостью 10 мл, центрифугируют 5 мин, затем жидкость осторожно сливают, не задевая осадка. В ту же пробирку доливают новую порцию фильтрата, снова центрифугируют, сливают жидкость и так до тех пор, пока весь фильтрат не будет процентрифугирован. После центрифугирования последней порции определяют объем осадка. Степень тепловой денатурации сывороточных белков определяют по формуле

$$D = \frac{a-b}{a} \cdot 100, \quad (2.7.5)$$

где D-степень денатурации сывороточных белков молока, %;

a-объем осадка фильтрата сырого молока, мл;

б - объем осадка фильтрата молока после тепловой обработки, мл.

4 Определения относительной вязкости молока или сливок

В вискозиметр (Оствальда) через широкую трубку второго колена наливают 10 мл воды. Надев на другой конец прибора резиновую трубку, засасывают воду в первое колено на 1 см выше линии 1. Следить, чтобы в трубке не оставалось воды на уровне ниже капиллярной трубки.

Вода должна свободно вытекать через капиллярное отверстие. Когда уровень жидкости достигнет линии 1, включают секундомер и выключают в тот момент, когда жидкость опустится до линии. Скорость истечения воды определяют не менее трех раз. Температура воды должна быть точно 20 °С. Поэтому рекомендуется помещать вискозиметр в стеклянную ванну с водой, нагретой до 20 °С. Затем вискозиметр промывают испытуемым молоком (температура 20 °С), наполняют им (около 10 мл) и измеряют скорость истечения между линиями / и //. Относительную вязкость рассчитывают по формуле

$$\eta_{\text{отн}} = \rho \tau \eta_{\text{в}} / (\rho_{\text{в}} \tau_{\text{в}}) \quad (2.7.6)$$

где $\eta_{\text{отн}}$ - относительная вязкость, Па·с;

ρ - плотность испытуемого продукта при 20 °С, кг/м³;

τ и $\tau_{\text{в}}$ - продолжительность истечения испытуемого продукта и воды, с;

$\eta_{\text{в}}$ - абсолютная вязкость воды при 20 °С, Па·с ($\eta_{\text{в}} = 1,0032 \cdot 10^{-3}$ Па·с);

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воды при 20 °С, кг/м³ ($\rho_{\text{в}} = 9918,23$ кг/м³).

3.5 Выполнение работы

Образцы одного и того же молока нагревают до разных температур и выдерживают различное время. Режимы тепловой обработки молока принимают подобными установленным в промышленности для пастеризации и стерилизации молока (например, при 63 °С выдержка 30 мин, при 72-74 °С - 20 с, при 78-80 °С - 20 с, при 85-87 °С - 10 мин, при 95 °С - 3-5 мин, при 120 °С -

20 мин). После тепловой обработки образцы молока охлаждают до 20 °С. В сыром молоке и образцах молока после тепловой обработки определяют изменение вкуса, цвета, запаха, титруемую и активную кислотность, плотность, относительную вязкость. Молоко перед определением вязкости фильтруют при 20°С для отделения комочков жира во избежание засорения капилляра вискозиметра.

Определяют также степень отстаивания жира и степень денатурации сывороточных белков по лактоальбуминовой пробе. Отстой сливок рассчитывают по формуле

$$ОЖ = 100 (Жм - Жн) / (Жм - кЖн), \quad (2.7.7)$$

где ОЖ - отстаивание жира, %;

Жм - массовая доля жира в молоке, %;

Жн - массовая доля жира в нижнем слое молока, слитого из пипетки, %;

к - отношение объема нижнего слоя молока, слитого из пипетки, к общему объему молока в пипетке.

Результаты анализов и наблюдений записывают в таблицу 2.7.3.

Таблица 2.7.3 Свойства молока в зависимости от режимов тепловой обработки

Режим тепловой обработки		Степень денатурации сывороточных белков, %	Кислотность		Степень отстаивания жира, %	Относительная вязкость, Па·с	Органолептические показатели		
Температура, °С	Продолжительность, с		°Т	рН			Вкус и запах	Цвет	Консистенция

При различных режимах устанавливают влияние тепловой обработки на свойства молока.

Задание

Описать виды и режимы тепловой обработки молока. Описать влияние тепловой обработки на свойства молока. Заполнить таблицу. По полученным результатам сделать выводы об изменении свойств молока при тепловой обработке.

4 Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение процессов пастеризации и стерилизации. В чем их отличие?
- 2) Назовите основные режимы пастеризации молока, дайте их обоснование.
- 3) Напишите математическую зависимость между температурой пастеризации и продолжительностью выдержки, характеризующую режимы пастеризации молока (формула Дальберга).
- 4) Как определяется эффективность пастеризации, от чего она зависит?
- 5) Как определяется эффективность стерилизации, от чего она зависит?
- 6) Как влияет пастеризация на изменение свойств молока и его составных частей?
- 7) Как влияет стерилизация на изменение свойств молока и его составных частей?

2.8 Лабораторная работа №8

Мембранные методы обработки молочного сырья. Разделение молочного сырья методом ультрафильтрации

Цель работы: ознакомиться с основами разделения молочного сырья ультрафильтрацией.

2 Краткие теоретические сведения

Ультрафильтрация – фильтрация растворов под давлением с помощью полупроницаемых мембран. Для проведения ультрафильтрации молочного

сырья используют полупроницаемые мембраны с порами от 0,01 до 0,1 мкм, способные задерживать компоненты с молекулярной массой от 10^3 и выше.

При ультрафильтрации мембрана задерживает только высокомолекулярные соединения: казеиновые мицеллы размером 0,01.....0,1 мкм и молекулярной массой 10000 – 100000, сывороточные белки размером частиц 0,001....0,1 мкм и молекулярной массой 1000....10000, витамины, имеющие почти такие же размеры и молекулярную массу, что и сывороточные белки, лактозу с частицами размером 0,0001....0,001 и молекулярной массой 100...1000, и пропускает с фильтратом вещества, образующие «истинный» раствор (ионы, минеральные соли, лактоза, вода).

Химический состав молока в процессе ультрафильтрации претерпевает существенные изменения. Содержание золы таких микроэлементов, как кальций и фосфор, с повышением массовой доли белка увеличивается. Содержание кальция и натрия меняется незначительно. Массовая доля железа и цинка несколько увеличивается, а кобальта, никеля, марганца, меди почти не меняется. Массовая доля тиамина и рибофлавина, входящих в состав некоторых ферментов, возрастает в концентрате.

Также повышение белка и других компонентов в молоке в процессе ультрафильтрации приводит к изменению его физико-химических показателей. Величина pH не меняется или меняется незначительно, а вязкость молока увеличивается.

Так, при ультрафильтрации молочной сыворотки задерживается (концентрируется) белок, а в фильтрат уходят соли и лактоза. В фильтрат переходит около 30 % кальция, 90 % - калия и натрия, 70 % магния, 80 % хлора и 50 % фосфора, содержащихся в исходной сыворотке. Содержание витаминов в концентрате такое же, как и в исходной сыворотке. Белки сохраняют свои нативные свойства.

Необходимое давление для осуществления процесса ультрафильтрации (по принципу обратного осмоса) находится на уровне 0,1 – 1 МПа (1 – 10 атм).

В результате ультрафильтрации получается белковый концентрат, содержащий высокомолекулярные соединения молочной сыворотки и фильтрат (пермеат) – раствор лактозы, минеральных солей и других низкомолекулярных соединений.

Мембранные методы в молочной промышленности можно использовать для нормализации исходного сырья по жиру и белку, выделения и концентрирования жировой и белковых фаз, разделения и очистки от низкомолекулярных веществ. Это позволяет создавать принципиально новые технологии продуктов с минимальными энергетическими и материальными затратами, совершенствовать традиционные технологии с целью повышения пищевой ценности конечных продуктов и сокращения расхода сырья в единицу продукции.

Ультрафильтрация широко применяется для очистки различных жидкостей от микроорганизмов, вирусов и других высокомолекулярных объектов.

Для ультрафильтрации молочного сырья используются мембраны на основе полиамидов в двух модификациях - УМП-450С и УМП-600М.

Мембраны УМП-450С предназначены для ультрафильтрации молочной сыворотки, а УМП-600М - цельного, обезжиренного молока и пахты. Они имеют двухслойную структуру, образуемую тонкопористым активным слоем и крупнопористой подложкой, обеспечивающей механическую прочность мембран. Указанные марки мембран отличаются только диаметром пор. В качестве примера приводится техническая характеристика мембраны УМП – 450 С:

Активная кислотность, ед.	1-13
Температура среды, °С	0-80
Давление, Мпа	до 0,7
Селективность, %:	
по белкам	90
по лактозе	8

Средняя проницаемость мембран при ультрафильтрации молочного сырья, м³/(м²·ч)

при 10°С 8-10

при 50 °С 35-40

Мембранный элемент включает мембрану и дренажную пластину, которая обеспечивает целостность мембраны и отвод пермеата (рисунок 2.1).

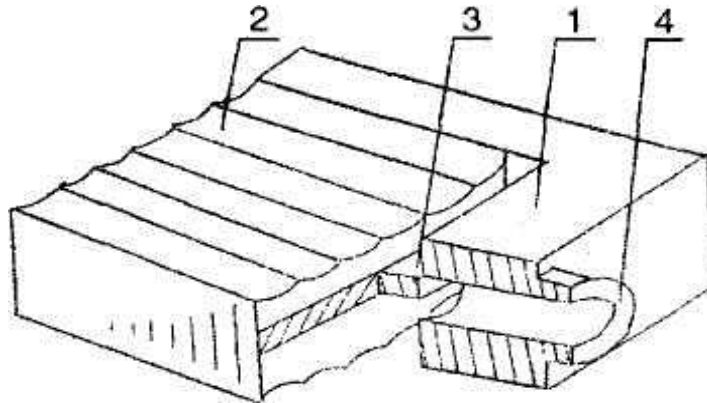


Рисунок 2.8.1 Мембранный элемент (дренажный узел)

1- опорная пластина; 2 - дренажные каналы; 3 - коллектор; 4 – выход пермеата

Мембранный модуль (рисунок 2.8.1) - это пакет мембранных элементов, разделенных уплотненными резиновыми прокладками. Верхняя и нижняя плиты имеют патрубки для отвода концентрата. Промышленная ультрафильтрационная установка представляет собой набор мембранных модулей, соединенных определенным образом.

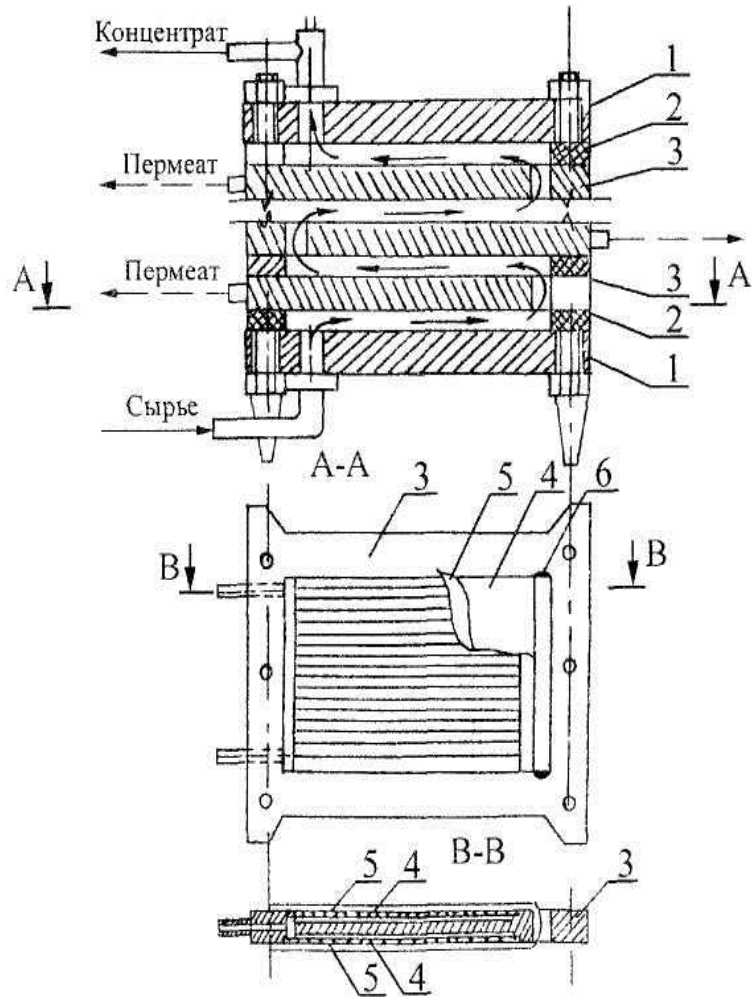


Рисунок 2.8.2 Мембранный модуль
 1 - прижимная плита; 2 - прокладка; 3 - опорная пластина; 4 - дренаж;
 5 - мембрана; 6 - уплотнительная вставка

3 Оборудование, приборы и материалы

Для работы применяют установку для ультрафильтрации, аппаратуру и реактивы для определения сухих веществ, белков, активной кислотности, сыворотку или обезжиренное молоко.

4 Методика выполнения работы

Работу выполняют на промышленной ультрафильтрационной установке (рисунок 2.8.3).

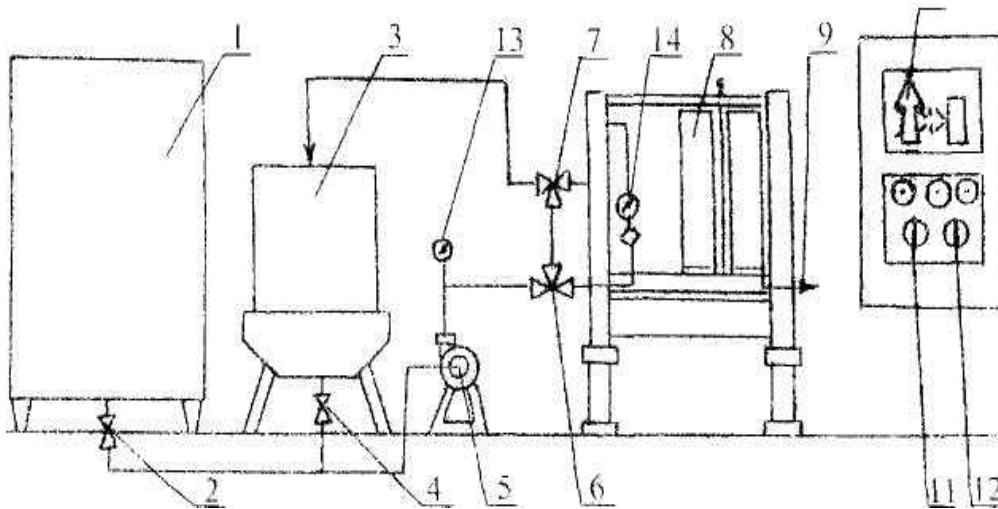


Рисунок 2.8.3 Схема лабораторной установки

1 - резервуар для хранения сыворотки; 2, 4, 6, 7 - запорная арматура;
 3 - резервуар для концентрирования компонентов молочного сырья; 5 - насос центробежный; 8 - ультрафильтрационный модуль; 9 - выход пер-меата;
 10 - главный рубильник лаборатории; 11 - тумблер подачи напряжения на ультрафильтрационную установку; 12 - тумблер включения центробежного насоса; 13, 14 – манометр.

Собирают установку для работы в периодическом режиме, устанавливают арматуру в положения, обеспечивающие забор молочного сырья из резервуара 1 насосом 5 в емкость 3.

Включают главный рубильник 10, рубильник подачи напряжения на установку 11 и тумблер центробежного насоса 12. Плавно открывают заслонку, набирают молочное сырье в емкость 3. Выключают центробежный насос 5 тумблером 12. Закрывают заслонку 6 – кран трехходовой и кран 2.

Открывают кран 4. Включают насос 5 тумблером 12, устанавливают заслонкой 6 давление по манометру 13 (0,1-0,2 МПа). Отмечают время начала концентрирования.

Концентрирование ведут при постоянном значении рабочего давления (0,1-0,2 МПа) и температуры (50 ± 5) °С.

Через каждые 20 мин отбирают пробы для определения показателей процесса.

Концентрирование компонентов осуществляется на ультрафильтрационной установке до степени концентрирования белка в 3 раза, что соответствует 10-15 % сухих веществ в концентрате.

В сыворотке определяют:

- титруемую кислотность, °Т,
- активную кислотность, рН,
- массовую долю сухих веществ, %,
- массовую долю белка, %,
- плотность, кг/м³.

4.1 Активная кислотность

Технологический параметр кислотности отражает количественное изменение содержания молочной кислоты в молоке. Возможность применения метода рН для характеристики кислотности основана на том, что с увеличением содержания молочной кислоты в продукте изменяется концентрация ионов водорода, т. е. величина рН.

Величина рН свежего сборного сырого молока, не содержащего молочную кислоту, в среднем составляет 6,68 при температуре 20 °С. Изменение рН сборного молока при скисании характеризуется соотношением

$$\text{pH}_m = 6,68 - 6,35 \cdot a_x \quad (2.8.1)$$

где a_x - массовая доля молочной кислоты, %.

Соотношение справедливо для диапазона $a_x = 0—0,09$ % молочной кислоты (17-27 °Т) при температуре молока 20 °С. Таким образом, 1 °Т соответствует 0,009 % молочной кислоты в диапазоне измерения титруемой кислотности от 16 до 27 °Т.

рН-метр для молока и молочных продуктов представляет собой устройство, преобразующее электродвижущую силу электродной системы, применяемой для измерения рН, в пропорциональный по значению постоянный ток. Прибор состоит из датчика со стеклянным электродом для измерения рН продукта в отдельных пробах, высокоомного показывающего

преобразователя с диапазоном измерения рН 3—8. Настраивают прибор по прилагаемой к нему инструкции.

Кислотность определяют в отдельных пробах молока объемом 30-50 см³ отбираемых из общей пробы в специальные стаканчики.

Наполнив стаканчик на 2/3 молоком, погружают электроды в стаканчик с продуктом и устанавливают его на возвращенный в первоначальное состояние столик. Стрелка прибора должна установиться через 15 с после погружения электродов в продукт. Производят отсчет показаний.

При установке новой пробы в случае перехода от пробы молока с высокой кислотностью (25-30 °Т) к пробе с низкой кислотностью (17-18 °Т) рекомендуется промывать электроды дистиллированной водой.

4.2 Массовая доля сухих веществ на рефрактометре

Правильность показаний рефрактометра проверяют по дистиллированной воде при (20 ±0,1) °С. При нанесении на призму 1-2 капль воды показание рефрактометра должно быть равным нулю. При отклонении показаний от нуля шкалу устанавливают на нулевое деление ключом.

Содержимое пробы перемешивают стеклянной палочкой и быстро наносят 1—2 капли пробы на сухую чистую поверхность нижней призмы рефрактометра, термостатируемого при (20 ± 0,1) °С. По правой шкале находят процентное содержание сухих веществ, совпадающее с границей раздела темного и светлого полей. При нанесении капль нельзя касаться палочкой поверхности призмы, чтобы ее не поцарапать; нельзя размазывать каплю по поверхности призмы: при этом частично испаряется влага.

Массовая доля влаги W, %, определяется по зависимости

$$W= 100-C, \quad (2.8.2)$$

где С- массовая доля сухих веществ (по показанию рефрактометра), %.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,2 %. За результат анализа принимают среднее арифметическое

двух параллельных определений.

4.3 Определение массовой доли белка

В коническую колбу на 100-150 см³ отмеривают пипеткой 20 см³ молока и 0,25 капель раствора с массовой долей фенолфталеина 1 %. Через 2 мин титруют 0,1Н раствором щелочи из бюретки до розовой окраски, соответствующей эталону. Затем в молоко добавляют 4 см³ или 5 см³ раствора с массовой долей формалина соответственно 40 % или 30 %.

Через 20 мин обесцветившийся раствор титруют тем же раствором щелочи до окраски эталона. Количество гидроксида натрия, пошедшего на второе титрование, умножают на коэффициент 0,959, получают массовую долю белка в молоке в процентах.

Для приготовления эталона в колбу отмеривают 20 см³ молока и 0,5 см³ раствора с массовой долей сернокислого кобальта 2,5 %. Эталон пригоден для работы в течение одного занятия.

Задание

Описывают сущность процесса ультрафильтрации и порядок выполнения работы. Рассчитывают экспериментальные значения селективности φ , % и проницаемости G , дм³(м²·ч) зависимости от времени и степени концентрирования по следующим выражениям:

$$\varphi = (1 - c_2 / c_1) 100 \quad (2.8.3)$$

где c_1, c_2 - соответственно концентрация растворенного вещества в разделяемом растворе и фильтрате, прошедшего через мембрану, %.

$$G = V / (F \cdot \tau), \quad (2.8.4)$$

где V - объем фильтрата, дм³;

τ - единица времени, ч;

F - единица рабочей поверхности мембраны, м².

Записывают в таблицу 2.8.1 результаты исследований по отбору проб и технологические параметры установки. использованием зависимости (формулы и т.п.)

Таблица 2.8.1 Результаты исследований

Время процесса, ч	Давление, МПа	Температура, °С	Производительность, дм ³ /ч		Проницаемость, дм ³ /(м ² ·ч)	Фильтрат					Концентрат						
			по концентрату	по фильтрату		Массовая доля белка, %	Массовая доля сухих веществ, %	рН	°Т	Массовая доля белка, %	Массовая доля белка, %	рН	°Т				

Заносят в таблицу 2.8.2 результаты показателей качества исходного сырья, концентрата и фильтрата. Делают выводы о характере изменения основных характеристик мембраны и степени концентрирования K_k при разделении ультрафильтрацией с

Таблица 2.8.2 Показатели качества исходного сырья, концентрата и фильтрата

Показатели качества	Сыворотка			Обезжиренное молоко		
	исходная	сгущенная	фильтрат	исходное	сгущенное	фильтрат
Массовая доля сухих веществ, %						
Массовая доля белка, %						
Кислотность, °Т						
Плотность, кг/м ³						

$$K_k = C_k / C_{и}, \quad (2.8.5)$$

где C_k - концентрация вещества в конечном продукте;

$C_{и}$ - концентрация вещества в исходном растворе.

5 Контрольные вопросы

1. Каковы принципы мембранной технологии?
2. В чем заключается сущность процесса ультрафильтрации?
3. Приведите основные параметры процесса ультрафильтрации, их определение.
4. Назовите классификацию полупроницаемых мембран.
5. Какое влияние оказывает концентрация, давление и температура на характеристики разделения?
6. Каковы основные области применения ультрафильтрации?
7. Назовите состав и свойства продуктов, выработанных с применением ультрафильтрации.
8. Приведите технологическую схему промышленной ультрафильтрационной установки А1-ОУП.

2.9 Лабораторная работа №9

Вакуумная обработка молочного сырья. Дезодорация и деаэрация молочного сырья

Цель работы: изучение технологии вакуумной обработки молочного сырья. Освоить суть технологических операций дезодорации и деаэрации при переработке молока.

Задачи: ознакомиться с процессом дезодорации молочного сырья и его применением в конкретных ситуациях. Изучить процесс деаэрации и его использование в производственных процессах. Влияния способа вакуумной обработки на качественные показатели молока и вырабатываемых продуктов. Дать заключение по эффективности способов вакуумной обработки молока.

2 Методы исследования

Проведение сравнительной характеристики двух проб молочных продуктов прошедшей и не прошедшей вакуумную обработку. Эффективность вакуумной обработки определяют сравнением органолептических свойств оцениваемых продуктов.

3 Порядок выполнения работы

Работа выполняется в 2 вариантах:

- *1 вариант* – Очистка молока методом фильтрования;
- *2 вариант* - Очистка молока методом центрифугирования на центробежном молокоочистителе.

Молоко предназначенное для исследования тщательно перемешивают и делят на две части. В две кастрюли на 3-4л или специальные молочные кастрюли заливаются по 1000мл молока. Одна часть молока подвергается очистке путем фильтрования через лавсановую ткань, другая часть молока сепарируется на сепараторе. После сепарирования сливки перемешиваются с обезжиренным молоком. Сепараторная слизь, накопившаяся в грязевом пространстве барабана, отделяется, взвешивается и анализируется на характер механических частиц. Из очищенного на сепараторе молока берут пробу для анализа остаточных механических примесей.

После фильтрации молока через лавсановый фильтр, берут пробу для его анализа на наличие механических примесей в очищенном молоке. Из фильтра берут пробу для изучения состава и характера выделенных механических примесей .

Далее образцы проб выделенных примесей тщательно сопоставляются и сравниваются между собой по составу. Там где выделено большее количество мелких частиц эффективность очистки будет более высокой.

Молоко полученное после очистки снова подвергается очистке через фильтр тонкой очистки.

4 Технология вакуумной обработки молочного сырья

4.1 Исправление пороков сливок

Для получения масла высокого качества необходимо соблюдение санитарно-гигиенических условий производства молока и первичная обработка его в хозяйстве. Все пороки молока, связанные с его получением, хранением и транспортированием, усиливаются в сливках в 8-10 раз, а в масле - в 20-25 раз. Поэтому при производстве масла требуется тщательная сортировка сырья в соответствии с ГОСТ 52054 «Молоко натуральное коровье - сырье» и ГОСТ 52253 «Масло и масляная паста из коровьего молока». Сливки, имеющие пороки, используются в производстве масла только после их устранения.

Известны четыре основных способа исправления пороков сливок:

1. промывка сливок водой;
2. деаэрация;
3. дезодорация;
4. вакриация.

Промывка сливок водой. С помощью этого способа удаляются привкусы сливок: нечистый, кормовой, кислый и дрожжевой. Носителем этих привкусов является плазма сливок. Исправление пороков сливок ведут в два этапа:

1 этап: сливки разбавляют водой до массовой доли жира 5-8% и подвергают сепарированию;

2 этап: полученные сливки на втором этапе вновь разбавляют обезжиренным молоком до массовой доли жира 5-8% и осуществляют повторное сепарирование.

Если не удалось исправить пороки вкуса, то промывку повторяют. Промывка сливок водой имеет недостатки:

- во-первых, сепарирование сопровождается большими потерями жира, что снижает степень использования молочного жира;
- во-вторых, в результате промывания процесс образования масляного зерна протекает быстрее и часть молочного жира не успевает перейти в масло, что приводит к повышенному отходу жира в пахту. Жирность пахты при производстве масла (из промытых сливок) составляет 1,5-1,7%. Стандартное содержание жира в пахте 0,3-0,7% (в зависимости от способа производства).

Деаэрация. Слабо выраженный запах можно удалить промыванием или продуванием воздухом тонкого слоя сливок, а также проветриванием сливок при их стекании по открытой поверхности оросительного охладителя.

Дезодорация - удаление из подогретых сливок нежелательных вкусовых и ароматических легколетучих веществ - это наиболее распространенный способ исправления пороков сливок. Во время дезодорации осуществляется паровая дистилляция легколетучих веществ. Дезодорацию осуществляют при пониженном давлении на специальных установках для термовакуумной обработки сливок ОДУ-3 и ОДУ-3М, которые входят в состав линии А1-ОЛО (производительность 1000 кг/ч) П8-ОЛФ (1000 кг/ч), соответственно. Дезодорация является промежуточным этапом процесса пастеризации, поэтому дезодорационные установки сочетают с теплообменными аппаратами в пастеризационно-охладительных установках. Сливки при температуре 80°C пропускают через дезодорационную установку. При разрежении 0,04-0,06 МПа сливки закипают через 4-5 с, и за счет вакуумной обработки удаляется испаренная влага, а с ней и посторонние запахи и привкусы.

Вакуриация - это термическая обработка сливок под вакуумом для удаления запахов и привкусов. При вакуриации сливки подгреваются паром посредством прямого контакта.

Применяются трехкамерные вакуриаторы:

- первая камера - остаточное давление составляет 0,065-0,08 МПа при температуре 95 °С;
- вторая камера - остаточное давление составляет 0,05-0,067 МПа при температуре 71,2-82,2°С;
- третья камера - остаточное давление составляет 0,007-0,001 МПа при температуре 43,5°С.

Вакуация - наиболее распространенный за рубежом способ исправления пороков сливок.

5 Контрольные вопросы

1. Приведите общую технологическую схему производства масла .
2. Что является сырьем в производстве масла?
3. Какие требования предъявляются к сырью в маслоделии?
4. В чем особенность приемки и оценки качества сливок в производстве масла?
5. Как определяют термостойкость сливок?
6. В чем состоят особенности получения сливок?
7. Как можно повысить качество сырья для производства масла?
8. Какие существуют способы исправления пороков сливок?
9. Дайте характеристику операции деаэрации с указанием режимов проведения.
10. Чем деаэрация отличается от дезодорации и вакуации?

6 Оформление работы

Описывается последовательность выполнения работы. Дается характеристика молока по физико-химическим показателям полученного разными методами вакуумной обработки. Делается сравнительный анализ продуктов. Приводятся результаты оценки органолептических показателей

молочного продукта полученного при разных способах вакуумной обработки молока. Делается заключение об эффективности того или иного метода вакуумной обработки молока.

2.10 Лабораторная работа №10

Изучение влияния технологических факторов на продолжительность свертывания молока и качество сгустка

Цель работы: изучение влияния технологических факторов на продолжительность свертывания молока и качество сгустка. По полученным данным устанавливают интенсивность кислотообразования в разные фазы процесса свертывания и качество образующегося сгустка.

Задачи: исследование влияния количества закваски, ее состава, активности и температуры сквашивания молока на количественные показатели образовавшегося сгустка на продолжительность свертывания.

2 Оборудование, приборы и материалы

Термостаты с автоматическим регулированием температуры, рефрактометр ФЭК; аппаратуру и реактивы для определения кислотности, плотности, стерильные пипетки, колбы (молочные бутылки), горелки; первичная и пересадочная лабораторные закваски, обезжиренное или цельное натуральное молоко высшего или первого сорта по ГОСТ - Р 52054-2004.

3 Методы исследования

Кислотность определяют титрованием, плотность - ареометрическим методом; вкус, запах и консистенцию - органолептически, качество сгустка по внешнему виду и на излом.

4 Порядок выполнения работы

Работа выполняется в 2 вариантах:

- *1 вариант* - влияние количества вносимой закваски
- *2 вариант* - влияние температуры сквашивания.

В колбы или молочные бутылки заливается обезжиренное или цельное молоко (по две емкости на один вариант), закрывают ватными пробками и пастеризуют в водяной бане при 92—95°C в течение 20—30 мин. В процессе выдержки молока при заданной температуре постоянно перемешивается для равномерного прогрева. После пастеризации молоко охлаждается до температуры заквашивания. В охлажденное молоко вносится исследуемое количество пересадочной лабораторной закваски, тщательно перемешивается и помещается в термостат при соответствующей исследуемой температуре.

1 вариант - определение влияния количества закваски на исследуемые показатели устанавливается, заквашивая пастеризованное и охлажденное до одинаковой температуры молоко разным количеством (3 и 5%) одной и той же закваски (по две колбы). Молоко сквашивается в одинаковых условиях. Тот же опыт можно повторить используя закваску другого состава и в тех же пропорциях.

2 вариант - для того чтобы выявить влияние температуры сквашивания, в четыре колбы с молоком вносят одну и ту же закваску при двух разных температурах (разница не менее 5°C). При этих же температурах проводят сквашивание.

Для определения кислотности из каждой емкости каждого варианта сразу после заквашивания и через каждые последующие 30 мин в процессе сквашивания отбираются пробы. По второй емкости отмечается время начала свертывания и образования плотного сгустка, после чего сквашенный продукт переносится из термостата в холодильник.

По полученным данным строятся графики изменения кислотности в процессе сквашивания. Определяется скорость роста кислотности в этих фазах ($^{\circ}\text{T}/\text{ч}$). Устанавливается продолжительность сквашивания и время при которой молоко начало схватываться и образовался сгусток. Полученные результаты сопоставляются с изменением кислотности продукта и устанавливают влияние исследованных факторов на продолжительность сквашивания и образования сгустка.

В параллельных колбах, в которых проходило сквашивание визуально определяется качество сгустка, его прочность, а также вкус и консистенцию.

5 Процесс свертывания молока

Средняя доза сычужного фермента составляет 2-2,5 г на 100 кг молока при оптимальных условиях сычужного свертывания (рН 5,8 -6,3 ед. и температура 40-41 $^{\circ}\text{C}$). Количество молокосвертывающего фермента для каждой варки сыра определяют с помощью прибора ВНИИМС (кружки сыродела). Он представляет собой алюминиевую или полиэтиленовую кружку вместимостью 1 л, на внутренней поверхности которой - шкала с делениями от 0 до 5,0, а на дне сделано отверстие для свободного истечения жидкости. В кружку сыродела, установленную на углу сыродельной ванны, наливают подготовленное к свертыванию молоко (с закваской и хлористым кальцием) из этой ванны. Отверстие в кружке оставляют открытым и располагают над сыродельной ванной для свободного истечения из него молока. Когда уровень налитого в кружку молока опустится до первого (нулевого) деления шкалы, отверстие в кружке закрывают пальцем и вносят 10 мл подготовленного раствора сычужного фермента", его быстро перемешивают шпателем и открывают отверстие. Молоко вновь начинает вытекать из отверстия, но в момент образования плотного молочного сгустка вытекание молока прекращается. В этот момент отмечают деление шкалы, на

котором остановился уровень молочного сгустка. Именно цифра на этом делении показывает какое количество сычужного фермента в граммах необходимо для свертывания 100 кг молока за 30 мин в данной сыродельной ванне. Экспериментально определенное количество ферментного препарата смешивают с равным количеством поваренной соли и растворяют в питьевой воде при температуре 40-41 °С из расчета 100-150 мл на 2,5 г (1 мерную ложку) фермента. Водный раствор молокосвертывающего препарата готовят за 20-30 мин до использования, при этом не следует применять излишне горячую воду (при температуре выше 40°С молокосвертывающий препарат инактивируется). Раствор фермента вливают в сыродельную ванну с молоком тонкой струей при постоянном перемешивании, которое продолжают после внесения фермента еще в течение 3-6 мин. Затем молоко оставляют в покое до образования сгустка. Продолжительность свертывания определяется видом сыра. Для твердых и сверхтвердых сыров продолжительность свертывания составляет (30±5) мин, для мягких сыров - от 50 до 90 мин. Готовность сгустка определяют пробой на излом. Повышенная доза сычужного препарата может быть причиной появления в сыре горького вкуса. Поэтому при пониженной способности молока к сычужному свертыванию необходимо, прежде всего, использовать другие приемы исправления этого недостатка: повышение степени зрелости молока; увеличение дозы бактериальной закваски или ее внесение в молоко в начале наполнения сыродельной ванны; увеличение в доступных пределах дозы хлористого кальция; повышение на 2-3°С температуры свертывания молока.

Перед свертыванием в молоко вносят закваску и хлорид кальция. Хлористый кальций применяют для обеспечения нормальной продолжительности

свертывания молока. Средняя доза хлористого кальция составляет 10-40 г безводной соли на 100 кг молока. Оптимальную дозу устанавливают в зависимости от свойств молока с учетом показаний прибора для сычужной пробы молока.

Для предупреждения возникновения излишнего газообразования в сырах вносят соли калия или натрия азотнокислого, доза которых составляет 10-30 г безводной соли на 100 кг молока.

' Приготовление сычужного раствора: смешивают по 2,5 г сычужного фермента и поваренной соли, растворяют в 95 мл питьевой воды с температурой 35°C.

Для обеспечения характерных органолептических показателей и рисунка сыра используют различные виды микроорганизмов. Обозначения микроорганизмов, используемых в составе заквасочной микрофлоры для изготовления сыров, в соответствии с ГОСТ Р 52686-2006 «Сыры. Общие технические условия», приведены в табл. 4.6. В зависимости от температурных границ роста и жизнедеятельности микрофлоры в сыроделии используются закваски и концентраты мезофильного, термофильного и смешанного типа.

Закваски и концентраты *мезофильного типа* включают микроорганизмы с температурными границами роста и жизнедеятельности: минимальная - от 5 °С до 10°C, оптимальная - от 30 °С до 37 °С, максимальная - от 40 °С до 45 °С. В состав заквасочной микрофлоры этого типа входят бифидобактерии (Ба, Бб, Би, Бл), брeвибактерии (Сс), мезофильные лактобациллы (Пк, Пп), лактококки (Кд, Кк, Кл), лейконостоки (Лд, Лк, Лл), плесени (Гк, Гр). Закваски и концентраты этого типа используются как источники основной микрофлоры при изготовлении сыров с низкой и промежуточной температурой второго нагревания, сыров из побочных продуктов переработки молока, мягких и рассольных сыров, сыров с плесенью, слизневых, кисломолочных, с чеддеризацией, как источник дополнительной микрофлоры при изготовлении сыров с высокой температурой второго нагревания.

Закваски и концентраты *термофильного типа* включают термофильные молочнокислые бактерии с температурными границами роста и жизнедеятельности: минимальная - от 15°C до 20 °С, оптимальная - от 40°C

до 45 °С, максимальная - от 60°С до 70 °С. В состав заквасочной микрофлоры этого типа входят: термофильные лактобациллы (Па, Пб, Пд, Пх, Пф) и термофильные молочнокислые стрептококки (Ст). Закваски и концентраты этого типа используют при изготовлении сыров с высокой температурой второго нагревания, сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой, некоторых видов мягких сыров.

Закваски и концентраты *смешанного типа* включают мезофильные и термофильные микроорганизмы.

Обработка сгустка

Процесс обработки молочного сгустка в сыроделии включает разрезку сгустка на кубики, постановку сырного зерна, вымешивание, второе нагревание и вымешивание сырного зерна после него. Целью обработки сгустка является частичное его обезвоживание, а также создание условий для развития микрофлоры закваски.

Степень и скорость обезвоживания молочного сгустка условно зависят от двух групп факторов. К первой группе относятся постоянные факторы: массовая доля жира и кальция; режимы тепловой обработки молочного сырья. Ко второй группе относятся температура обработки и кислотность сырной массы, а также размер сырного зерна. Эти факторы сыродел может направленно изменять в процессе выработки сыра. Процесс обезвоживания сгустка ухудшается с повышением массовой доли жира в молочном сырье и с ужесточением режимов пастеризации. Жировые шарики молока закрывают капилляры, по которым выделяется сыворотка из сгустка, и процесс обезвоживания ухудшается. А в результате пастеризации изменяются физико-химические свойства молока, связанные с увеличением гидрофильности казеина.

С помощью кислотности регулируют степень обезвоживания сгустка и специфический вкус сыра, характерный для каждого вида. Благодаря созданию условий для развития микрофлоры закваски повышается количество молочной кислоты, которая способствует ускорению выделения

сыворожки. Температура, так же как и кислотность, позволяет регулировать процесс выделения сыворожки. Повышение температуры и увеличение кислотности усиливают процесс обезвоживания молочного сгустка. Большое влияние на процесс обезвоживания сгустка оказывает размер сырного зерна. С его уменьшением увеличивается общая поверхность молочного сгустка и усиливается процесс выделения сыворожки.

Разрезка сгустка осуществляется специальными режущими устройствами, которыми оснащена сыродельная ванна или сыроизготовитель (рис. 4.3). Сначала сгусток разрезают вертикально расположенными режущими элементами поперек и получают кубики в зависимости от вида вырабатываемого сыра с размером сторон около 7-10 мм. Затем сгусток разрезают горизонтально (повдоль) режущими инструментами с горизонтальным расположением. Процесс разрезки продолжается в течение 10-15 мин и зависит от прочности сгустка. Плотный сгусток режут быстро, чтобы предотвратить его уплотнение, а нежный - медленно, чтобы предупредить образование сырной пыли, которая увеличит потери производства.

6 Оформление работы

Описывается последовательность выполнения работы. Дается характеристика исследования сквашиваемых продуктов. Приводятся результаты оценки качества сгустка при воздействии разных исследуемых факторов на этот процесс. Строится график[4].

Таблица 2.10.1 Характеристика показателей молочного продукта

№ варианта	Закваска	Количество, %	Температура сквашивания, С ⁰	Кислотность в конце сквашивания, °Т	Продолжительность, %	Прочность сгустка, °Т/ч	
						минимальная	максимальная

Приводится характеристика вкуса и консистенции образцов сквашиваемых продуктов (таблица 2.10.2). Делается вывод о влиянии состава закваски, температуры сквашивания, количества закваски на

продолжительность свертывания молока на изменение качества сгустка в процессе его образования.

Таблица 2.10.2 Органолептическая оценка продукта

№ варианта	Закваска	Органолептическая оценка		
		вкус	запах	консистенция

7 Контрольные вопросы

- 1 Назовите микроорганизмы, используемые в составе заквасок для кисломолочных продуктов.
- 2 Как влияет температура на продолжительность сквашивания?
- 3 Сущность процесса старения гели.
- 4 В чем различие между мезофилами и термофилами?
- 5 Охарактеризуйте психрофильные микроорганизмы.
- 6 Назовите причины отмирания клеток (старение культуры).
- 7 Нарисуйте кривую роста бактериальной популяции, охарактеризуйте основные фазы роста культуры.
- 8 Сущность молочнокислого брожения.
- 9 Распад лактозы в процессе молочнокислого брожения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Войнов, Н.А. Современные проблемы и методы биотехнологии [Текст] / Н.А. Войнов. - Изд-во: СФУ, 2009. - 271 с.
2. Шалапугина, Э.П. Технология молока и молочных продуктов. [Текст]: учебное пособие./ Э.П. Шалапугина – М.: Дашков и К, 2011. – 303 с.
3. Ибатуллина Л.А. Химия и физика молока. [Электронный ресурс] : учебное пособие /Ф. А. Гафаров, С. Г. Канарейкина ;

Башкирский ГАУ. - Уфа : [Изд-во Б ГАУ], 2015. - 145 с. Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/9620.doc>

4. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. [Текст]: учебное пособие./ К.К.Горбатова. -СПб.:Гиорд,2003.-350с.
5. Шалыгина, А.М. Общая технология молока и молочных продуктов. [Текст]: учебник. /А.М.Шалыгина, Л.В.Калинина.-М.:КолосС.2004. – 89 с.
6. Крусь, Г.Н. Технология молока и молочных продуктов [Текст]: учебник /Г.Н. Крусь.- М.: КолосС, 2006.-455с.
7. Рогов, И.А. Пищевая биотехнология [Текст]: учебник в 4кн.,кн.1: Основы пищевой биотехнологии/И.А Рогов, Л.В.Антипова, Г.П.Шуваева. – М.: КолосС, 2004.- 440 с.
8. Крусь, Г.С. Методы исследования молока и молочных продуктов. [Текст]:учебник / Г.Н.Крусь, А.М.Шалыгина, З.В.Волокитина.- М.: Колос, 2004.- 440с.
9. Ганина, В.И. Техническая микробиология продуктов животного происхождения. [Текст]:учебное пособие/ В.И.Ганина, Н.С.Королева, С.А.Фильчакова.-М.: Дели принт, 2008.-351с.