Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. Н. Альшевская, О. В. Анистратова, М. Э. Мошарова

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Утверждено редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО «КГТУ»
в качестве учебного пособия для обучающихся в бакалавриате
по направлениям подготовки
19.03.03 Продукты питания животного происхождения

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 641.1 (075)

Рецензенты:
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
ФГБОУ ВО «КГТУ» Д. Л. Альшевский
генеральный директор ООО «Балтик-Сервис» Н. Л. Бахрамова

Альшевская, М. Н.
Научные основы технологических процессов: учебное пособие для студ. бакалавриата по направлению подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения / М. Н. Альшевская, О. В. Анистратова, М. Э. Мошарова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 267 с.
ISBN 978-5-94826-622-0

В первой части учебного пособия представлены рекомендации по изучению дисциплины, теоретический материал по научным основам технологических процессов сырья животного происхождения. В каждой главе приведены вопросы и задания для закрепления материала. Вторая часть учебного пособия содержит методические рекомендации по проведению лабораторных работ, а также сами лабораторные работы для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения.
Рис. 63, табл. 21, список лит. – 13 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой технологии продуктов питания 12 ноября 2021 г., протокол № 4

Учебное пособие рекомендовано к опубликованию методической комиссией механико-технологического факультета ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 18 ноября 2021г., протокол № 2

ISBN 978-5-94826-622-0

УДК 641.1 (075)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.
© Альшевская М. Н., Анистратова О.В., Мошарова М.Э., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……5
Часть I. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ……8
1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИИ КАК НАУКИ..... 10
1.1 Технология как наука, ее основные задачи..... 10
1.2 Пищевая промышленность России..... 12
1.3 Эволюция развития технологии и техники перерабатывающих производств..... 16
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТОК КАК СИСТЕМА ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ..... 20
2.1 Технологическая система..... 20
2.2 Важнейшие технологические понятия и определения..... 21
2.3 Строение технологического потока..... 29
2.4 Морфология технологических операций. Идеальный технологический поток31
2.5 Системный анализ технологического потока..... 36
3. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ..... 42
3.1 Строение, химический состав мышечной, жировой и соединительной тканей мяса..... 42
3.2 Строение, химический состав мышечной, жировой и соединительной тканей мяса рыбы..... 45
3.3 Строение, химический состав молока..... 51
3.4 Функционально-технологические свойства сырья животного происхождения..... 54
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ..... 69
4.1 Принципы консервирования пищевых продуктов по Я.Я. Никитинскому..... 70
4.2 Роль воды при технологической обработке пищевых продуктов..... 73
5.ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ..... 77
5.1 Холодильная технология как один из наиболее эффективных методов консервирования пищевых продуктов..... 77
5.2 Посол, как способ консервирования сырья животного происхождения..... 96
5.3 Копчение как комбинированный способ консервирования пищевой продукции..... 106
5.4 Сушка, как способ консервирования продуктов животного происхождения..... 113
5.5 Технология теплового консервирования..... 124
6. ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ..... 127
6.1. Изменения мяса при охлаждении и хранении в охлажденном виде..... 127

6.2Изменения мяса при замораживании и хранении в замороженном виде 129
6.3 Изменение свойств мясного сырья при посоле 137
6.4 Изменения свойств мяса и мясопродуктов при тепловой обработке 140
6.5 Изменения мясопродуктов при копчении 144
6.6 Влияние сушки на свойства мясных продуктов 146
6.7 Изменения рыбы при охлаждении и хранении в охлажденном виде 147
6.8 Изменения рыбы при замораживании и хранении в замороженном виде 148
6.9 Изменения рыбного сырья при посоле 151
6.10 Изменения свойств рыбного сырья при тепловой обработке 154
6.11 Влияние копчения на свойства рыбных продуктов 157
6.12 Изменения рыбного сырья при сушке и вялении 158
6.13 Изменения молока при охлаждении и хранении в охлажденном виде 160
6.14 Изменения молока при замораживании и хранении в замороженном виде 162
6.15 Изменения молока при механической обработка молоке 163
6.16 Изменение составных частей молока при тепловой обработке 165
Часть II. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ 169
7 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ 172
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 172
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 179
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 190
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 199
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 213
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 222
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 228
8 ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 235
ЛИТЕРАТУРА 236
ПРИЛОЖЕНИЯ 237
ПРИЛОЖЕНИЕ А 237
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 241
ПРИЛОЖЕНИЕ В 243
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 250

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в пище – извечная потребность всего живого. Однако наука о питании имеет эволюционный характер, а не есть набор раз и навсегда установленных истин. Физиологические потребности человека в основных пищевых веществах и энергии изменяются вместе с изменениями условий труда и быта. Не остаются неизменными набор и качество продовольственного сырья и продуктов питания, технологические приемы их переработки и хранения, существенно влияющие на химический состав и питательную ценность этих продуктов. И от качества научных разработок в пищевой промышленности, а затем производства и продвижения на рынке продуктов питания, выполнения медико-биологических требований в соответствии с современной наукой о питании зависит эффективность осуществления его защитной и оздоровительной функции для человека в быстро меняющемся мире.

В нашем переменчивом мире нет более устойчивой связи, чем связь между жизнью биологических объектов, в том числе человека, и питанием (сложный процесс взаимодействия между живым организмом и поступающими в него с едой пищевыми компонентами, необходимыми для выполнения его основных функций (энергетической, пластической, обеспечение организма ферментами или предшественниками для их синтеза в организме, защитно-реабилитационную, сигнально-мотивационную)).

Превращение сырья в пищевой продукт происходит в результате технологической обработки, которая в основном направлена на превращение сырья в продукт, готовый для употребления в пищу и/или удлинение его хранимоспособности (консервирование). Под влиянием технологических параметров обработки (механических, физических, химических, биохимических) происходит изменение химического состава, органолептических, реологических характеристик сырья, оно трансформируется в пищевой продукт с заданными потребительскими свойствами.

Дисциплина Б1.О.07.01 «Научные основы технологических процессов» относится к обязательной дисциплине общепрофессионального модуля подготовки бакалавров по направлению 19.03.03 Продукты питания животного происхождения.

Предметом изучения дисциплины «Научные основы технологических процессов» являются физические, химические и биохимические процессы, происходящие в продуктах животного происхождения при их обработке, а также технологические процессы, направленные на получение готовой пищевой продукции высокого качества.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные этапы научных исследований;
- основные начальные понятия о технологических процессах производства;
- основные физические процессы, протекающие при технологическом воздействии;

- общие закономерности возникновения и развития технических процессов, основные черты технологий производства, потребления, обслуживания, классификацию технологий и характерные черты основных групп технологий, особенности ресурсопотребления и экологические проблемы технологий, их связи с общим уровнем культуры населения, значение технологий для мировой и региональной экономики, эволюции технических решений и перспективы развития.

Уметь:

- пользоваться справочной и специализированной литературой для получения необходимой информации о конкретных технологиях;
- проводить анализ влияния основных технологических методов обработки на свойства готового продукта;
- оценивать влияние технологических факторов и физических процессов, протекающих при реализации технологических методов на свойства сырья и материалов.

Владеть:

- наиболее важными технологиями и навыками применения полученных знаний на практике;
- навыками оформлять отчеты и обосновывать результаты.

Для успешного освоения дисциплины «Научные основы технологических процессов», студент должен активно работать на лекционных и лабораторных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

При реализации дисциплины «Научные основы технологических процессов» организуется практическая подготовка путем проведения лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены задания и контрольные вопросы по лабораторным работам.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков средством «лабораторная работа» предусматривает двухбалльную шкалу – «зачтено» и «не зачтено», как при выполнении занятия в группе, так и индивидуально. При выполнении лабораторных работ группой обучающихся при оценивании учитывается степень участия каждого. При отсутствии у обучающегося доказательств участия в коллективной работе, последний не аттестуется. Оценка «не зачтено» выставляется, если студент не выполнил и не «защитил» предусмотренные рабочей программой дисциплины лабораторные работы.

Положительная оценка «отлично» (зачтено), «хорошо» (зачтено) или «удовлетворительно» (зачтено) выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу).

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена, проходящего в форме тестирования. К экзамену допускаются студенты, освоившие темы курса

и имеющие положительные оценки по лабораторному практикуму. Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации представлен в п. 8 данного учебного пособия.

Тест включает в себя тестовые задания и задачи, которые используются для оценки освоения знаний, умений и навыков по всем темам. Тестовые задания предусматривают выбор правильных вариантов ответов из предложенного перечня, а также написание правильного ответа на вопрос, указанный в задании, решением задачи является числовой ответ. Оценка определяется количеством допущенных при выборе ошибок. Методические рекомендации по оценке тестовых заданий представлены ниже:

Процент результативности (правильных ответов):		Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений:
80–100 %	–	отлично (зачтено)
70–79 %	–	хорошо (зачтено)
50–69 %	–	удовлетворительно (зачтено)
менее 50 %	–	ее удовлетворительно

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Учебное пособие состоит из двух частей. В первой части представлены рекомендации по изучению дисциплины, приведен теоретический материал для освоения каждой темы занятия и перечень вопросов для организации самостоятельной работы студентов.

Во второй части представлен методический материал для выполнения лабораторных работ.

ЧАСТЬ I

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Научные основы технологических процессов», студент должен активно работать на лекциях и лабораторных занятиях, а также организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области инновационной деятельности пищевых производств, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

На лекциях дисциплины «Научные основы технологических процессов» рассматриваются следующие вопросы: наука пищевая, ее основные задачи, эволюция развития технологии и техники перерабатывающих производств, важнейшие технологические понятия и определения, морфология технологических операций, функционально-технологические свойства сырья животного происхождения, принципы и способы консервирования пищевых продуктов, основные технологические приемы обработки продуктов животного происхождения и происходящие изменения основных веществ в процессе технологической обработки.

Для успешного освоения дисциплины необходимо формирование знаний в области понятий о технологических процессах производства; основных физических, химических и биохимических процессов, протекающих при технологическом воздействии; общих закономерностей возникновения и развития технических процессов, классификации технологий, особенностей ресурсопотребления и экологических проблем технологий, их связи с общим уровнем культуры населения, значения технологий для мировой и региональной экономики, эволюции технических решений и перспективы развития.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Количество часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1	2	3	4
1	Введение	1	0,5
2	Основные этапы развития и задачи технологии как науки	1	0,5
3	Технологический поток как система процессов пищевой промышленности	4	1

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
4	Функционально-технологические свойства сырья животного происхождения	4	-
5	Технологические основы консервирования пищевых продуктов	2	1
6	Основные технологические приемы обработки продуктов животного происхождения	12	4
7	Изменение основных веществ в процессе технологической обработки	6	1
Итого		30	8

Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИИ КАК НАУКИ

1.1 Технология как наука, ее основные задачи

Слово «технология» появилось у древних греков как термин для обозначения мастерства изготовления вещей и объединяло два понятия: techne – искусство, ремесло и logos – слово, учение.

В современном понимании термин «технология» обозначает науку о способах и средствах переработки материала с целью получения готовых продуктов, способных удовлетворять потребностям человека. Или, по-другому, технология – совокупность знаний, имеющая три составляющие: 1) принципы производства; 2) оборудование для производства; 3) кадры, имеющие профессиональные навыки.

Основателем технологии, как отдельной дисциплины, является немецкий ученый Иоган Бекман (1739–1811), написавший ряд сочинений по технологии и предложивший сам этот термин.

В общем виде само понятие технологии можно представить в виде следующей последовательности:

Для повышения производительности труда, облегчения и уменьшения доли ручного труда предназначена техника. Техника (от греч. techne – искусство, мастерство) – это совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления процессов производства и обслуживания непроизводственных потребностей общества. В более узком смысле под техникой подразумеваются машины, механизмы, приборы, устройства, орудия той или иной отрасли производства. Этот термин часто употребляется также для совокупной характеристики навыков и приемов, используемых в какой-либо сфере человеческой деятельности, и является синонимом мастерства.

Современную технологию характеризуют такие критерии, как массовость продукции (поскольку массовое производство требует строгой воспроизводимости результатов, а для этого необходима стандартизация всех процедур, действий, придание технологическим правилам, инструкциям характера объективных законов) и сложность продукции. Суть критерия сложности в том, что невозможно воспроизвести ни одно изделие наивысшего уровня сложности и качества, не воспроизведя в точности всю его технологию и материалы.

Пищевая технология – это наука о способах и средствах переработки продовольственного сырья в пищевые продукты.

Превращение сырья в пищевой продукт происходит в результате технологической обработки, которая в основном направлена на облегчение процесса распада трудноперевариваемых в организме человека нутриентов, на более полную подготовку продукта в биохимическом, физиологическом и вкусовом

отношении. Под влиянием технологических параметров обработки (механических, физических, химических, биохимических) происходит изменение химического состава, органолептических, реологических характеристик сырья, оно трансформируется в пищевой продукт (ПП) с заданными потребительскими свойствами.

Пищевая продукция – продукты животного, растительного, микробиологического, минерального, искусственного или биотехнологического происхождения в натуральном, обработанном или переработанном виде, которые предназначены для употребления человеком в пищу, в том числе специализированная пищевая продукция, питьевая вода, расфасованная в емкости, питьевая минеральная вода, алкогольная продукция (в том числе пиво и напитки на основе пива), безалкогольные напитки, биологически активные добавки к пище (БАД), жевательная резинка, закваски и стартовые культуры микроорганизмов, дрожжи, пищевые добавки и ароматизаторы, а также продовольственное (пищевое) сырье.

Продовольственное (пищевое) сырье – продукты животного, растительного, микробиологического, минерального, искусственного или биотехнологического происхождения и питьевая вода, используемые для производства (изготовления) пищевой продукции.

Основными способами переработки являются: копчение, посол, сушка, вяление, стерилизация и другие способы, позволяющие получить качественный и безопасный для человека пищевой продукт, готовый к употреблению в пищу.

Средства переработки – оборудование, с помощью которого сырье превращается в готовую продукцию.

Движущей силой развития пищевой технологии являлось стремление максимально удовлетворить растущие потребности населения в продуктах питания.

Задачами пищевой технологии как науки являются:

1. Выявление закономерностей основных процессов пищевой технологии (химических, физических, биохимических и др.) с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов, требующих наименьших затрат времени и сырьевых ресурсов.

2. Обеспечение населения полноценными качественными и безопасными продуктами питания с органолептическими показателями, способными максимально удовлетворить гастрономическим вкусам населения, которые обеспечат не только физиологические потребности человека, но и будут являться продуктами лечебно-профилактического назначения.

Требования, предъявляемые к продуктам питания разного назначения, варьируются и имеют свою специфику.

Однако не зависимо от назначения, выпускаемые пищевые продукты должны быть гарантированно **безопасны**, поскольку продукты питания – источник жизни и здоровья нации и характеризоваться высокими качественными показателями.

Безопасность пищевой продукции – состояние пищевой продукции, свидетельствующее об отсутствии недопустимого риска, связанного с вредным воздействием на человека и будущие поколения.

Качество пищевых продуктов – совокупность характеристик пищевых продуктов, способных удовлетворять потребности человека в пище при обычных условиях их использования. Качество конкретной продукции характеризуется ее пищевыми достоинствами, готовностью продукта к употреблению в пищу или для переработки, возможностью храниться перед употреблением в пищу, безвредностью, эстетичностью.

1.2 Пищевая промышленность России

Наиболее впечатляющее развитие пищевой технологии как науки за всю историю человечества наблюдается за последние 100 лет и связано это, конечно, с развитием пищевой промышленности.

Пищевая промышленность – стратегически важная отрасль экономики страны, от которой во многом зависит национальная безопасность и благополучие населения, часть промышленности, объединяющая совокупность однородных пищевых и перерабатывающих предприятий, производимых конечный продукт пищевого назначения, перерабатывающих, как правило, сырье сельскохозяйственного происхождения и располагающих материально-технической базой в виде системы машин и аппаратов и персоналом. Доля пищевой промышленности в общем объеме промышленного производства составляет 14 %. В отраслевой структуре промышленного производства пищевая промышленность занимает третье место после топливной промышленности (20 %) и машиностроения (19 %) и входит в число лидеров по выпуску промышленной продукции.

В зависимости от преобладающей роли сырьевого или потребительского фактора в составе пищевой промышленности выделяют три группы отраслей:

а) отрасли, предприятия которых целесообразно размещать у источников сырья. К ним относятся производства с невысоким выходом готовой продукции (материалоемкие отрасли);

б) отрасли, предприятия которых тяготеют к местам потребления готовой продукции. К ним относятся производства, выпускающие скоропортящиеся изделия, и с высоким выходом готовой продукции;

в) отрасли, начальные технологические процессы которых направлены на переработку сельскохозяйственного сырья у его источников, а завершающие (расфасовка, розлив и т. п.) размещаются в пунктах потребления готовых изделий. Таковы, например, мясная и некоторые другие отрасли.

Отрасли пищевой промышленности классифицируют также по различным направлениям в зависимости от характерных признаков, лежащих в основе формирования отрасли – от назначения продукции, характера используемого сырья, применяемой технологии и т. д.

В зависимости от особенностей организации производства различают также сезонные и несезонные отрасли.

К сезонным отраслям относятся, как правило, большинство перерабатывающих отраслей, т. е. отраслей, специализированных на первичной обработке сезонного сельскохозяйственного сырья.

По способу обработки сырья, т. е. в зависимости от применяемой технологии и соответственно используемой системы машин и аппаратов, пищевая промышленность делится на отрасли с преобладанием биохимических, микробиологических и химических процессов и отрасли с превалирующей механической обработкой сырья. К первым, использующим аппаратурные процессы, относятся, например, масложировая и свеклосахарная отрасли промышленности, ко вторым, применяющим систему машин – кондитерская, мукомольная, макаронная и др.

В состав пищевой промышленности на современном этапе входят 30 отраслей с более чем 60 подотраслями и видами производства. Она объединяет более 22 тыс. предприятий различных форм собственности и мощности (их количество за последние 10 лет возросло в несколько раз) с общей численностью работающих около 1,4 млн. человек.

Наглядно структура основных отраслей в общей структуре российской пищевой промышленности изображена на рисунке 1.1.

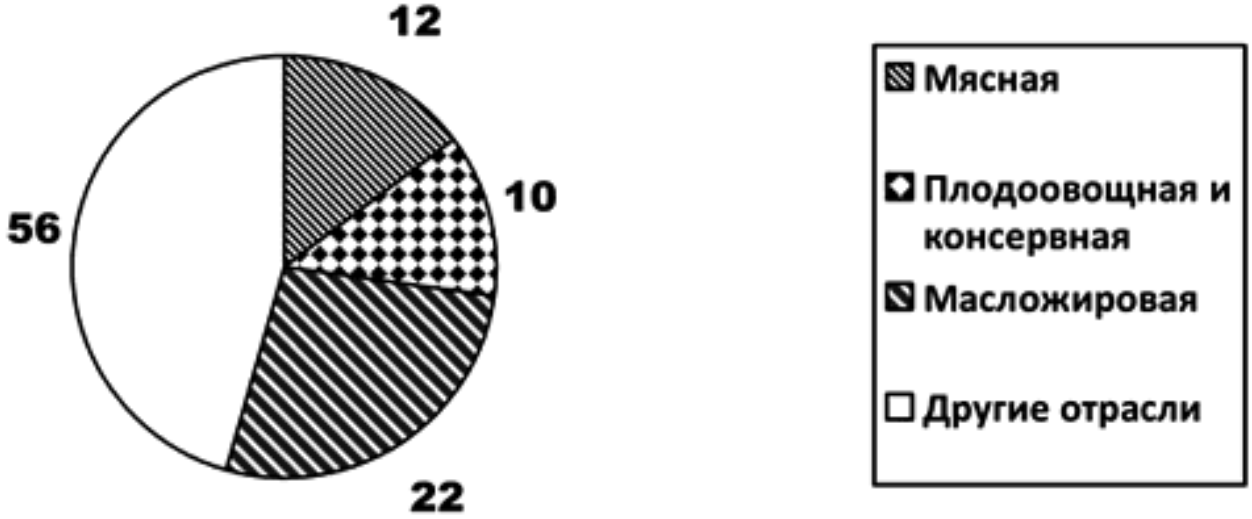


Рисунок 1.1 – Структура отраслей пищевой промышленности, %

Ассортимент продуктов, вырабатываемых пищевой промышленностью огромен. Для их систематизации при дальнейшем изучении и разработке целесообразно знать классификацию пищевых продуктов на отдельные группы по наиболее существенным признакам. Классификация пищевых продуктов по ряду свойств представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация пищевых продуктов

№ п/п	Свойство	Группы продуктов
1	2	3
1	По происхождению основного сырья	Продукты растительного происхождения (плоды, овощи, грибы, зерновые и др.)
		Продукты животного происхождения (мясные, рыбные, молочные и др.)
		Продукты смешанного происхождения (пищевые жиры – маргарин, майонез и др.)
		Продукты микробиологического и биотехнологического происхождения (например, стартовые культуры молочнокислых бактерий, белки, аминокислоты и др.)
		Продукты минерального происхождения (поваренная соль)
		Продукты искусственного (синтетического) происхождения (химически синтезированные пищевые вещества, например, аминокислоты)
2	Степень технологической обработки	Сырье (продукты животного, растительного, микробиологического, минерального, искусственного или биотехнологического происхождения и питьевая вода, используемые для производства пищевой продукции)
		Полуфабрикаты (пищевые продукты или сочетание продуктов, прошедшие одну или несколько стадий кулинарной обработки без доведения до готовности)
		Фабрикаты (продукты готовые к употреблению в пищу без дополнительной обработки)
3	Способ технологической обработки	Продукты охлажденные, мороженые, соленые, маринованные, вяленые, сушеные, холодного и горячего копчения, жареные, печеные, стерилизованные и пастеризованные
4	Химический состав	Белковые продукты (в химическом составе преобладают белковые вещества – мясо и мясные продукты, молочные продукты, рыба и др.)
		Жировые продукты (в химическом составе преобладают жиры – сливочное масло, растительные масла, сало и др.)
		Углеводные продукты (в химическом составе преобладают углеводы – крупы, картофель, фрукты, овощи и др.)
5	Содержание влаги	Жидкие (содержат большое количество свободной воды – молоко, соки, сиропы и др.)
		Влажные (содержащие связанную и иммобилизованную воду – мясо, фрукты, овощи и др.)
		Сухие (содержат только связанную адсорбционную воду – крупы, сухофрукты, сухое молоко и др.)
		Абсолютно сухие (содержат только химически связанную воду)

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
6	Устойчивость пищевых продуктов при хранении (скорость их порчи)	Особоскоропортящиеся продукты (не подлежат хранению без холодильной обработки и предназначены для краткосрочной реализации, например, молоко, охлажденные полуфабрикаты из мяса, рыбы и т. д.)
		Скоропортящиеся (не подлежат хранению без холодильной обработки, но имеющие более длительный срок хранения, например, замороженные полуфабрикаты, пресервы, продукты переработки мяса, птицы, яиц, молока, рыбы и др.)
		Нескоропортящиеся (продукты, которые при соблюдении установленных правил хранения не нуждаются в специальных температурных режимах хранения – мука, крупа, макароны, сахар, сушеные овощи и фрукты, баночные консервы и др.)
7	Целевое назначение	Продукты массового потребления (вырабатываются по традиционной технологии для питания основных групп населения)
		Функциональные продукты питания (предназначенные для систематического употребления в составе пищевых рационов, обладающие научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающие риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающие дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющие и улучшающие здоровье за счет наличия в их составе функциональных пищевых ингредиентов)
		Лечебные, лечебно-профилактические, профилактические продукты питания (пищевые продукты с измененным составом и физическими свойствами, специально созданные для профилактического и лечебного питания, например, витаминизированные, низкожировые, низкокалорийные, с повышенным содержанием пищевых волокон, уменьшенным количеством сахара и т. д.)
		Специализированные продукты (пищевые продукты с заданным химическим составом за счет обогащения, элиминации или замещения макро- и микронутриентов другими пищевыми компонентами для различных категорий населения (продукты для питания спортсменов, лактирующих и беременных женщин, пожилых лиц, детей и др.)
8	Структура продукта	Продукты с - естественной структурой; - с искусственной структурой (структурированные, формованные, эмульсионные)

Окончание таблицы 1.1

1	2	3
9	Сырьевой состав	Однокомпонентные (продукты, в состав которых входит только один ингредиент)
		Комбинированные (продукты, при производстве которых в качестве основного используется сочетание сырья различного происхождения: растительного, животного, микробиологического, минерального, искусственного)
	Энергетическая ценность/Калорийность	Высококалорийные (суперкалорийные) продукты (от 450 ккал/100 г продукта – растительные масла, животные жиры, орехи, шоколад и др.)
		Калорийные продукты (от 200 до 499 ккал/100 г продукта – говядина, свинина, колбасы, сыры, сметана и др.)
		Среднекалорийные продукты (от 100 до 199 ккал/100 г продукта – мясо курицы, мясо индейки, полужирный творог и др.)
		Низкокалорийные (малокалорийные) продукты (от 30 до 99 ккал/100 г продукта – молоко, нежирная рыба, фрукты, ягоды и др.)
		Супернизкокалорийные (очень низкокалорийные) продукты (от 5 до 30 ккал/100 г продукта – кабачки, капуста, салат, томаты и др.)
		Бескалорийные продукты (до 5 ккал/100 г продукта – питьевая вода, поваренная соль, чай и др.)

1.3 Эволюция развития технологии и техники перерабатывающих производств

Главным условием жизнедеятельности любого живого организма, в том числе и человека, является наличие пищи, поэтому вся история развития человечества неразрывно связана с процессом ее добывания. В качестве пищи человек использует природное сырье растительного и животного происхождения как в натуральном виде, так и переработанное в различные продукты питания.

Переработка сырья во все времена производится определенными способами или по технологии, с использованием соответствующих средств производства – техники. Технология воплощает в себе методы, приемы, режим работы, последовательность операций.

Согласно общепринятой культурно-исторической периодизации, человеческое общество в своем развитии постепенно прошло ряд исторических этапов (общественно-экономических формаций), различающихся уровнем материальной, общественной культуры и характеризующихся определенным укладом техники.

Под **укладом техники** понимают исторически сложившуюся совокупность созданных людьми технических средств, технологий, используемых видов энергии, степень их применения к производству научных знаний.

Уклад техники также характеризуется тем технологическим способом производства, который имеется на данной стадии общественно-экономической формации и под которым понимают определенные формы и методы организации производства. По сложившимся укладам техники в истории развития человеческого общества выделяют такие этапы, как Каменный век, Античный период, Средневековье и Эпоха индустриализации. Характеристика этапов с точки зрения развития технологии и техники пищевых производств представлена в таблице 1.2.

Технологии и техника развивались в условиях разных форм общественного производства – земледелия, домашнего ремесла, ремесла на заказ, пахового ремесла, мануфактуры, фабрики.

Таблица 1.2 – Характеристика этапов развития общества

Наименование исторического этапа	Временной отрезок и географическое расположение	Материальная и общественная культура, технологии и техники в питании человека
1	2	4
Каменный век (первобытность, 3 млн. лет до н.э.–4 тыс. лет до н.э.)		
Ранний палеолит	5 млн. лет до н.э.–40 тыс. лет до н.э., Восточная Африка	Собирательство и охота (присваивающая форма хозяйствования), орудия труда каменного века, освоение огня
Поздний палеолит	40–10тыс. лет до н.э. Ближний Восток	Появление первых навыков приготовления пищи (измельчение зерна тепловая обработка сырья)
Мезолит	10–5 тыс. лет до н.э., Ближний Восток, Средиземноморье	Появление элементарных технических приспособлений для производства пищевых продуктов (керамика, зернотерки и т. п.)
Неолит	5–4 тыс. лет до н.э., Ближний Восток, Средиземноморье	Переход к производящей форме хозяйствования, первых способов приготовления пищевых продуктов (хлеб, вино, пиво и др.)
Античный период (4 тыс. лет до н.э.–5 в.н.э.)		
Медный век (энеолит)	4–3 тыс. лет до н.э., Шумер, Древний Египет, Китай, Индия, Крит	Совершенствование способов и средств производства продуктов питания, техника периода возникновения и становления ремесленного производства продуктов питания (хлебопечение, виноделие, кулинария и др.), зарождение естествознания
Бронзовый век	2–1 тыс. лет до н.э., Древний Египет, Древняя Греция, Вавилон, Ассирия, Китай, Индия, Центральная Америка	
Железный век	Начало 1 тыс. л. до н.э., Древняя Греция, Древний Рим, Византия	

Окончание таблицы 1.2

1	2	3
Средние века (5–нач. 18 в.)		
Ранее средневековье	5–15 вв. Европа	Техника периода ремесленного производства, ремесленные цеха и корпорации по производству многих видов продуктов питания
Эпоха Возрождения	15–16 вв. Франция, Италия, Англия	Формирование естественных наук, возникновение мануфактуры
Новое время	17 в., Англия, Франция, Германия	Научная революция, аграрная революция, техника для мануфактурного производства
Эпоха индустриализации (с середины 18 в.)		
Начало индустриализации	18–нач. 20 в., Англия, Германия, США	Переход к машинному производству, техника для мануфактурного производства, формирование научных и технических основ пищевой промышленности, зарождение науки о пищевых производствах
Эпоха научно-технической революции	20 в., США, Европа, Россия, Япония	Производство основных продуктов питания промышленным способом, превращение науки в фактор производства, формирование новых наук о пищевых производствах (биотехнологии, реология и др.)

Первоначально продукты питания производились человеком для индивидуального домашнего потребления. По мере совершенствования навыков приготовления пищи и создания соответствующих орудий труда, в обществе начали формироваться ремесла и отрасли производства, продукты питания стали делать для продажи. Появлению и совершенствованию технологии и техники пищевых производств во все времена способствовали развитие торговых отношении между людьми, а также научная, инженерная и предпринимательская деятельность отдельных личностей. Промышленное производство любой продукции основано на разработке четкой технологии и создании соответствующего оборудования для выполнения определенных технологических операций.

Особую роль в формировании рассмотренных исторических этапов играли **технические революции**, под которыми понимают исторический процесс перехода от одной формы производства к другой. Сущность любой технической революции заключается в появлении и внедрении изобретений, вызывающих переворот (коренные изменения) в средствах труда, видах энергии, технологиях производства и в общих материальных условиях производственного процесса.

Технические революции связаны с качественно новым уровнем производительных сил процесса труда. К техническим революциям относятся:

- первая хозяйственная революция (освоение человеком огня, 800–400 тыс. лет до н.э.);
- неолитическая революция (переход от присваивающей формы хозяйствования к производящей, 5–4 тыс. лет до н.э.);
- промышленная революция (переход от ручного производства к использованию машин и механизмов – 18 в.);
- научно-техническая революция (комплексная механизация и автоматизация производства продукции – середина 20 в.).

На протяжении 18–19 вв. происходило интенсивное накопление знаний в области физики и химии, что позволило создать основы теоретического обоснования некоторых процессов, происходящих при переработке сельскохозяйственного сырья. И наконец, в 19–20 вв. были сделаны первые реальные шаги к промышленному производству различных продуктов питания.

Вопросы для самопроверки:

1. Охарактеризуйте основные задачи пищевой технологии.
2. Перечислите классификационные признаки пищевых продуктов.
3. Назовите основные этапы эволюционного развития техники и технологии перерабатывающих производств.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТОК КАК СИСТЕМА ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1 Технологическая система

Благодаря развитию науки о «пищевой технологии» люди получили возможность накапливать знания о влиянии способов воздействия различных орудий труда и методов обработки ими на сырье, материалы, полуфабрикаты, в результате которых происходит их преобразование в пищевой продукт. Эти знания являются основой всех современных производственных (технологических) процессов, идущих на пищевых производствах.

Современные пищевые производства базируются на технологиях пищевых продуктов. Общим в этих технологиях является их непрерывность. Они все представляют собой цепочку процессов, т. е. технологический поток, фундаментом которого являются общие закономерности строения, функционирования и развития. Современное пищевое производство – это системный комплекс целостных систем (рисунок 2.1).

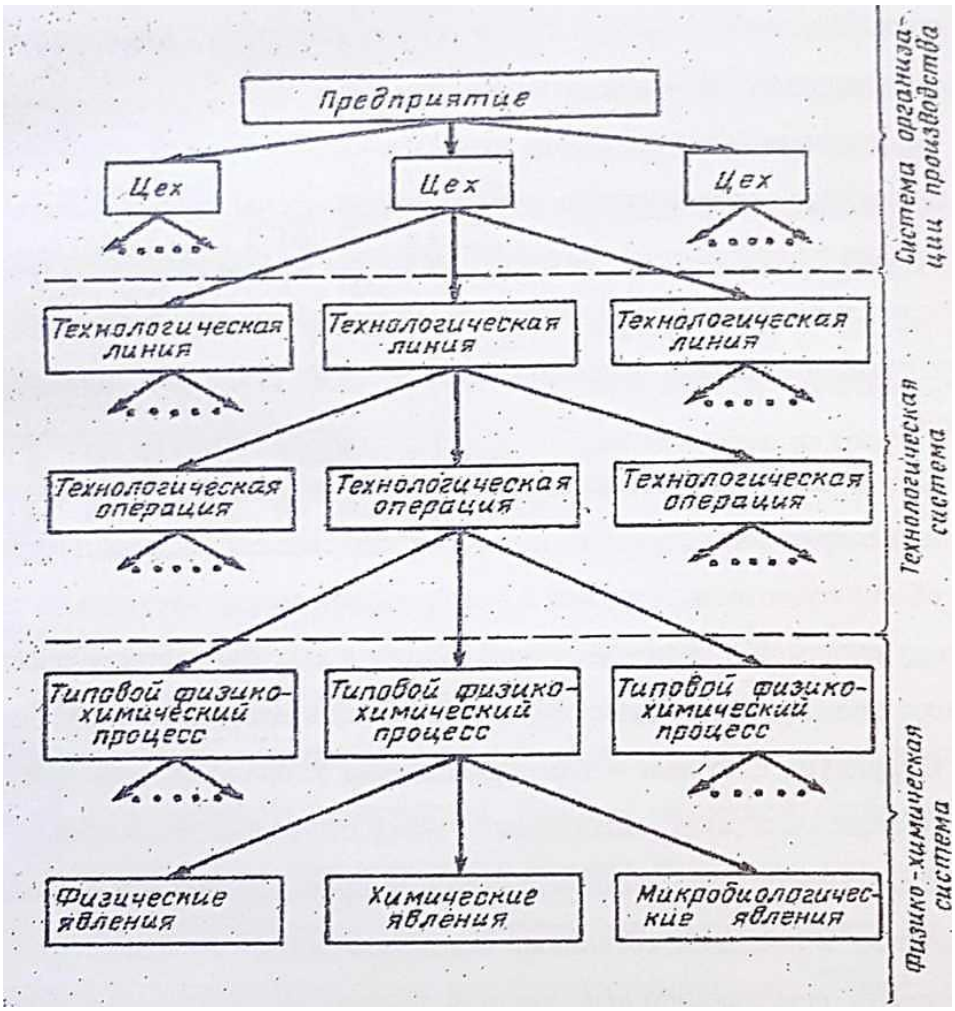


Рисунок 2.1 – Схема системы пищевого предприятия

При анализе системы процессов, проходящих на пищевых предприятиях в результате проведения производственного процесса, предметом изучения выступает его структура, закономерности соединения частей в функциональное целое. Ядром системного подхода, его собственным содержанием выступает интегральная оценка объекта исследования. Этот научный метод познания сложных объектов имеет свою достаточно устойчивую терминологию.

2.2 Важнейшие технологические понятия и определения

Производственный процесс – это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления продукции. Производственный процесс состоит из основных, вспомогательных и обслуживающих процессов.

Основные процессы – это технологические процессы, непосредственно связанные с производством готовой продукции в ходе которых происходят изменения геометрических форм, размеров и физико-химических свойств продукции.

Вспомогательные процессы – это процессы, связанные с операциями основных процессов, но не создающие продукцию (хранение, транспортировка, тех. контроль и т. д.).

Обслуживающие процессы – это процессы, которые обеспечивают бесперебойное протекание основных и вспомогательных процессов (изготовление и ремонт инструментов и оснастки; ремонт оборудования; обеспечение всеми видами энергий (электроэнергией, теплом, паром, водой, сжатым воздухом и т. д.)).

Частью технологического процесса является «**технологическая операция**», выполняемая непрерывно на одном рабочем месте и направленная на изменение состояния обрабатываемого объекта.

Кроме технологических операций в состав технологического процесса входят **вспомогательные операции**. К ним относятся – транспортные, контрольно-измерительные и прочие операции, не изменяющие размеров, формы, внешнего вида или свойств изделия, но необходимые для осуществления технологических операций.

В зависимости от применяемых средств труда операции могут быть ручными, машинно-ручными, машинными, автоматизированными и аппаратурными.

Ручные операции – это операции, выполняемые без применения машин, механизмов и механизированного инструмента.

Машинно-ручные операции – это операции, выполняемые с помощью машин или ручного инструмента при непрерывном участии рабочего.

Машинные операции – это операции, выполняемые на станках, установках, агрегатах при ограниченном участии рабочего.

Автоматизированные операции – это операции, выполняемые на автоматическом оборудовании или автоматических линиях.

Аппаратурные операции – это машинные и автоматические операции, выполняемые в специальных агрегатах.

Графическое изображение технологического процесса в порядке последовательности выполнения технологических и вспомогательных операций называется **технологической схемой** производства (рисунок 2.2).

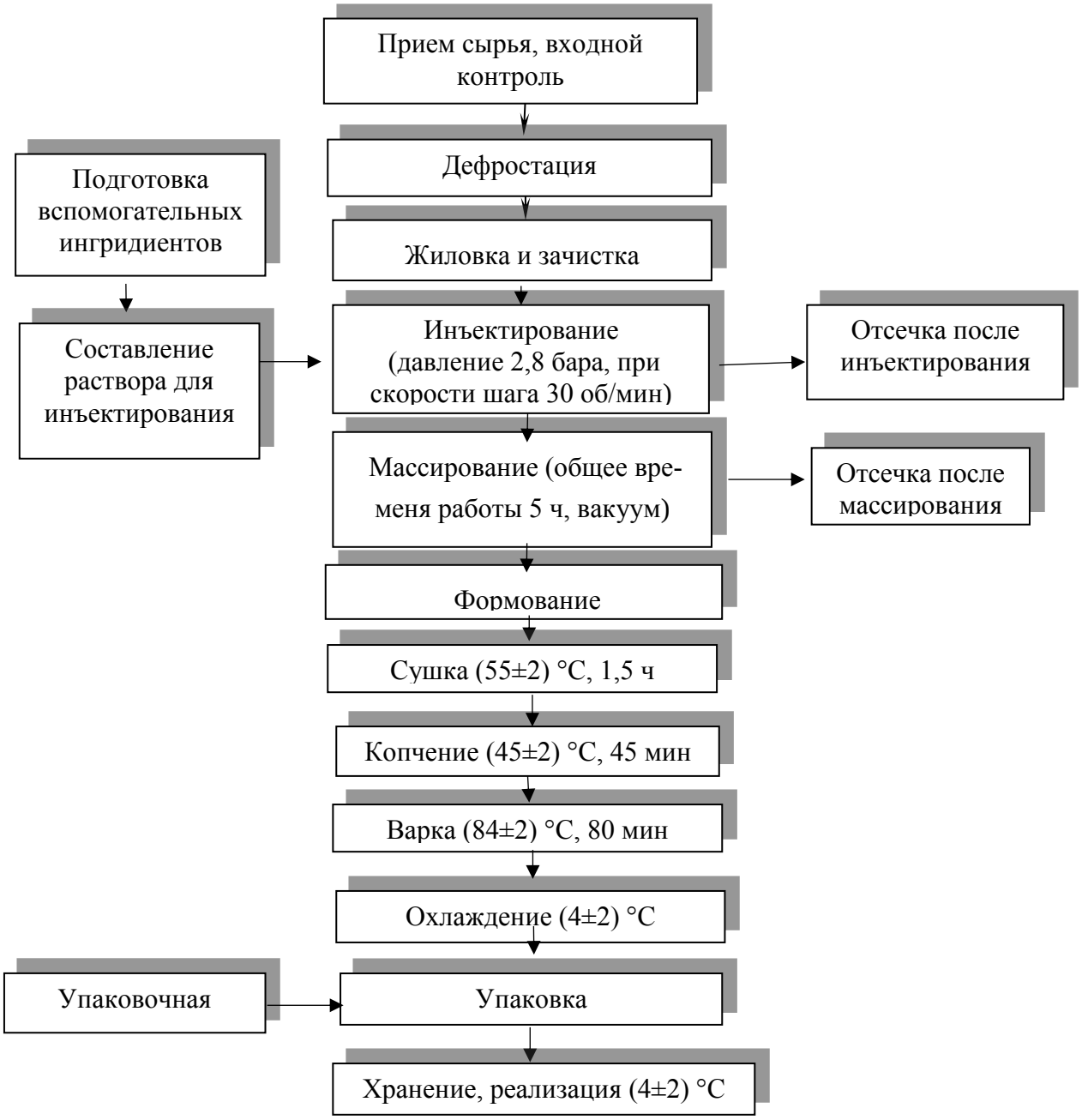


Рисунок 2.2 – Пример оформления технологической схемы производства

Технологическая схема, на которой указываются все виды оборудования, выполняющего технологические операции, называется **машинно-аппаратурной схемой** (рисунок 2.3).

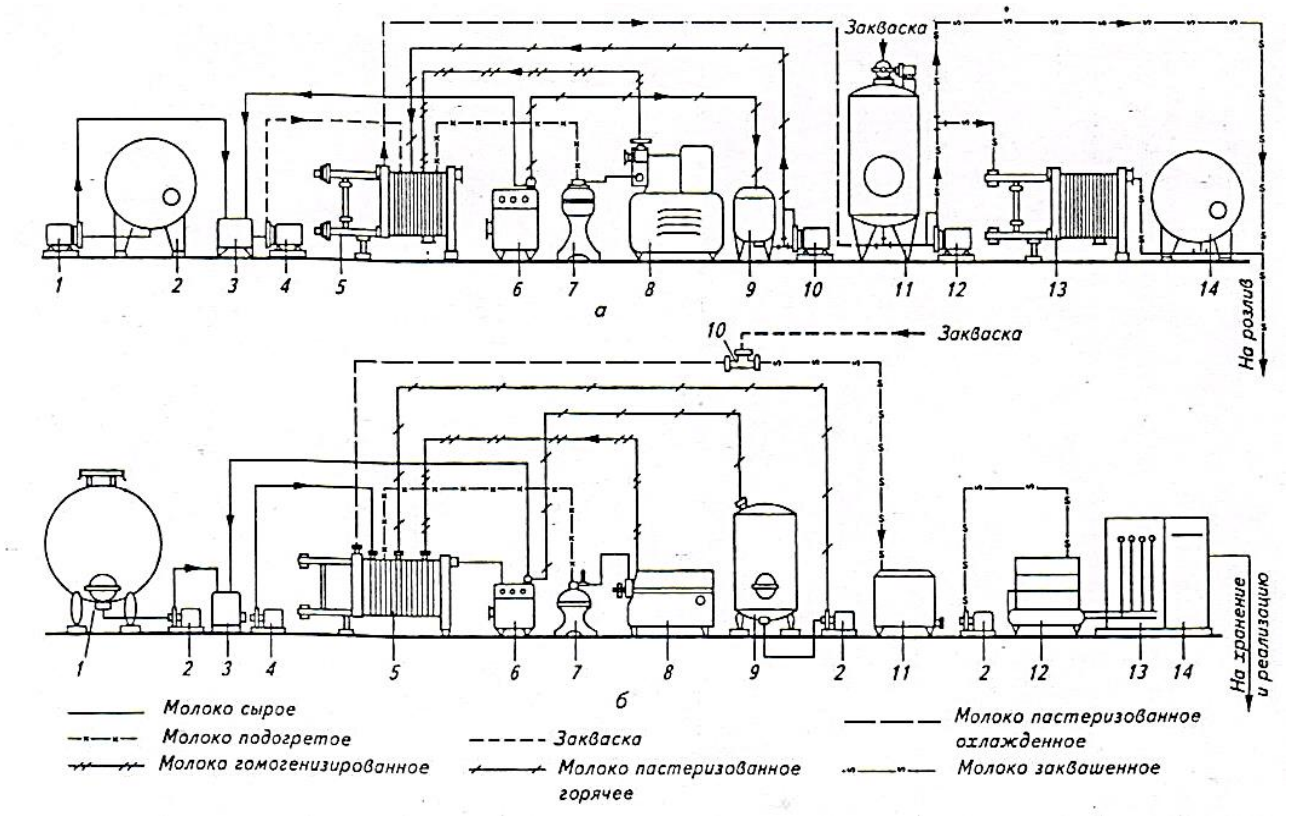


Рисунок 2.3 – Пример оформления машинно-аппаратурной схемы производства кисломолочных напитков: **а – резервуарный способ**: 1, 4, 10, 12 – насосы; 2 – емкость для молока; 3 – уравнительный бачок; 5 – пластинчатый пастеризационно-охладительный аппарат; 6 – пульт управления; 7 – сепаратор-молокоочиститель; 8 – гомогенизатор; 9 – выдерживатель; 11 – емкость для кисломолочных продуктов; 13 – пластинчатый охладитель; 14 – промежуточная емкость; **б – термостатный способ:** 1 – ёмкость для нормализованного молока; 2, 4 – насосы; 3 – уравнительный бачок; 5 – пластинчатый пастеризационно-охладительный аппарат; 6 – пульт управления; 7 – сепаратор-молокоочиститель; 8 – гомогенизатор; 9 – выдерживатель; 10 – смеситель; 11 – промежуточная ёмкость; 12 – фасовочный автомат; 13 – термостатная камера; 14 – холодильная камера

Технологические операции представляют собой совокупность типовых процессов. Наиболее распространенные способы обработки и типовые технологические процессы производства продуктов питания приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Способы обработки и технологические процессы применяемые в производстве продуктов питания животного происхождения

Технологические операции	Определение
1	2
Прием сырья и подготовка	
Прием сырья и хранение	Получение, распаковывание, складирование и внутренняя транспортировка сырья, промежуточных продуктов и остальной продукции, включая отходы
Сортировка	Процесс разделения сырья (продукции) в соответствии с качественными показателями

Продолжение таблицы 2.1

1	2
Разделка	Используется для отделения съедобной части от несъедобных, либо для удаления частей с дефектами, может выполняться вручную или механическим способом
Мойка	Процесс, направленный на удаление с поверхности перерабатываемого сырья нежелательных компонентов и снижение микробиальной обсемененности
Размораживание/ дефростация	Процесс, направленный на восстановления первоначальных свойств сырья, которыми оно обладало до холодильной обработки
Измельчение, перемешивание, формование	
Перемешивание / смешивание и гомогенизация	Процесс получения однородной смеси из двух или более компонентов. Гомогенизация – процесс получения частиц в пищевом материале одинакового гранулометрического состава. Этот способ применяется для производства молочных или пюреобразных продуктов питания
Эмульгирование	Процесс образования эмульсии, которая представляет собой однородную систему двух несмешивающихся жидкостей, одна из которых распределена в другой в виде мельчайших капель
Измельчение и дробление	Процесс увеличения поверхности твердых сред путем их раздавливания, раскалывания, истирания и удара. Процессы измельчения разделяются на дробление (крупное, среднее и мелкое), измельчение (тонкое и очень тонкое) и резание
Формование и экструзия	Процессы, используемые для получения определенной формы твердых и пластичных материалов. Экструзия бывает холодной, тепловой и варочной. При холодной экструзии происходит только механическое формование пластического сырья в результате продавливания его через матрицу. Этот вид экструзии применяют при выработке мясного фарша и других продуктов. Тепловую экструзию используют для частичной клейстеризации крахмалосодержащих материалов влажностью 20–40 % с последующей обжаркой или выпечкой. При варочной экструзии во время нагревания в перерабатываемом материале происходят необратимые биофизические изменения, прежде всего белков, крахмала и сахара. Экструдат затем сушат или обжаривают и покрывают вкусовыми добавками. Способом варочной экструзии получают сухие завтраки, мясопродукты

Продолжение таблицы 2.1

1	2
Способы разделения	
Экстракция / экстрагирование	Процесс извлечения целевого растворенного вещества или веществ из жидкости с помощью экстрагируемого вещества, которое не растворяется или почти не растворяется в первой жидкости, но растворяет экстрагируемые компоненты в ней. Экстрагирование отличается от экстракции тем, что процесс извлечения целевого вещества происходит из твердой фазы жидкостью (экстрагентом)
Центрифугирование и осаждение	Методы разделения неоднородных систем в пищевой промышленности. Осаждение – процесс разделения жидких и газовых неоднородных систем под действием гравитационных сил, сил инерции (центробежной силы) или сил электрического поля. Различают гравитационное отстаивание, циклонное и отстойное центрифугирование, электроочистку
Фильтрование	Процесс разделения жидких неоднородных систем с использованием пористой перегородки, способной пропускать жидкость и газ, но задерживающей взвешенные частицы. Фильтрование осуществляется под действием сил давления или центробежных сил. В производстве продуктов питания фильтрование используется для удаления незначительного количества твердых включений, например, в молочной, консервной и других отраслях
Технологические процессы производства пищевых продуктов	
Растворение	Процесс образования гомогенной смеси не менее чем из двух веществ, одно из которых называется растворитель, другое – растворимое вещество. Процесс замачивания – процесс изменения влажности перерабатываемого сырья для стабилизации дальнейших технологических стадий
Ферментация	Процесс контролируемого метаболического воздействия микроорганизмов на питательную среду (сырье) с целью изменения ее структуры
Посол	Процесс обработки продовольственного сырья пищевой солью (NACl) и другими солями с целью формирования необходимых технологических и потребительских свойств
Маринование	Способ консервирования пищевых продуктов с помощью понижения водородного показателя pH за счет добавления органических кислот
Вяление	Технологический процесс холодной сушки продукта с целью обезвоживания, без тепловой денатурации белка, т. е. При температурах до 40 °С. За счет испарения влаги происходит изменение свойств продукта и его консервирование

Продолжение таблицы 2.1

1	2
Копчение	Способ обработки продуктов органическими веществами, образующимися при неполном сгорании (пиролизе) древесины, которые присутствуют в форме дымовоздушной (дымовое копчение) или бездымной среды (бездымное копчение).
Тепловая обработка	
Бланширование	Тепловая обработка сырья острым паром или в кипящей воде, солевом или уксусно-солевом растворах, нагретом растительном масле, с частичным проваривании, обезвоживанием и уплотнением мяса
Варка и кипячение	Один из видов тепловой обработки сырья, в которой теплоносителем является жидкая или парообразная среда
Жарка / обжаривание	Тепловая обработка сырья в нагретом масле с частичным обезвоживанием и уплотнением мяса с образованием поверхностной корочки с целью его доведения до кулинарной готовности и придания готовым изделиям заданных органолептических свойств
Запекание	Тепловая обработка, осуществляемая горячим воздухом или воздушно-дымовой смесью в камере тепловых аппаратов с целью доведения продукции до кулинарной готовности
Пастеризация / стерилизация	Консервирование сырья, путем нагревания его до температуры ниже 100 °С / метод консервирования пищевых продуктов путём нагревания их до температур, превышающих 100 °С
Концентрирование под воздействием тепла	
Выпаривание / испарение (жидкость-жидкость)	Частичное или полное обезвоживание жидких пищевых продуктов с помощью кипения жидкости при атмосферном или пониженном давлении
Сушка	Тепломассообменный процесс удаления влаги за счёт её испарения и диффузии
Обработка путем удаления тепла	
Охлаждение	Регулируемый процесс понижения температуры пищевого продукта до значения не ниже криоскопической температуры
Замораживание	Регулируемый процесс понижения температуры пищевого продукта ниже его криоскопической температуры
Сублимационная сушка	Процесс извлечения влаги из продукта, основанный на сублимации и десорбции, с целью сохранности термолабильного материала, который невозможно высушивать испарением (жидкость-жидкость)

Окончание таблицы 2.1

1	2
Заключительные технологические процессы	
Фасование	Помещение продукции в тару или упаковочный материал с предварительным или одновременным дозированием продукции
Упаковывание	Подготовка продукции к транспортированию, хранению, реализации и потреблению с применением упаковки

Каждый из перечисленных типовых процессов может быть частью или целым технологической операции. Объединение, как минимум, двух технологических операций обеспечивает образование **технологической подсистемы**, соответствующей определенному комплексу технологического оборудования (агрегату, установке) или набору оборудования в границах производственного участка.

Объединив несколько подсистем, реализующих все стадии переработки сырья и выпуска готовой продукции, можно сформировать технологическую систему в целом (рисунки 2.1, 2.4). Такая система представляет собой совокупность оборудования, входящего в состав технологической линии (рисунок 2.5).

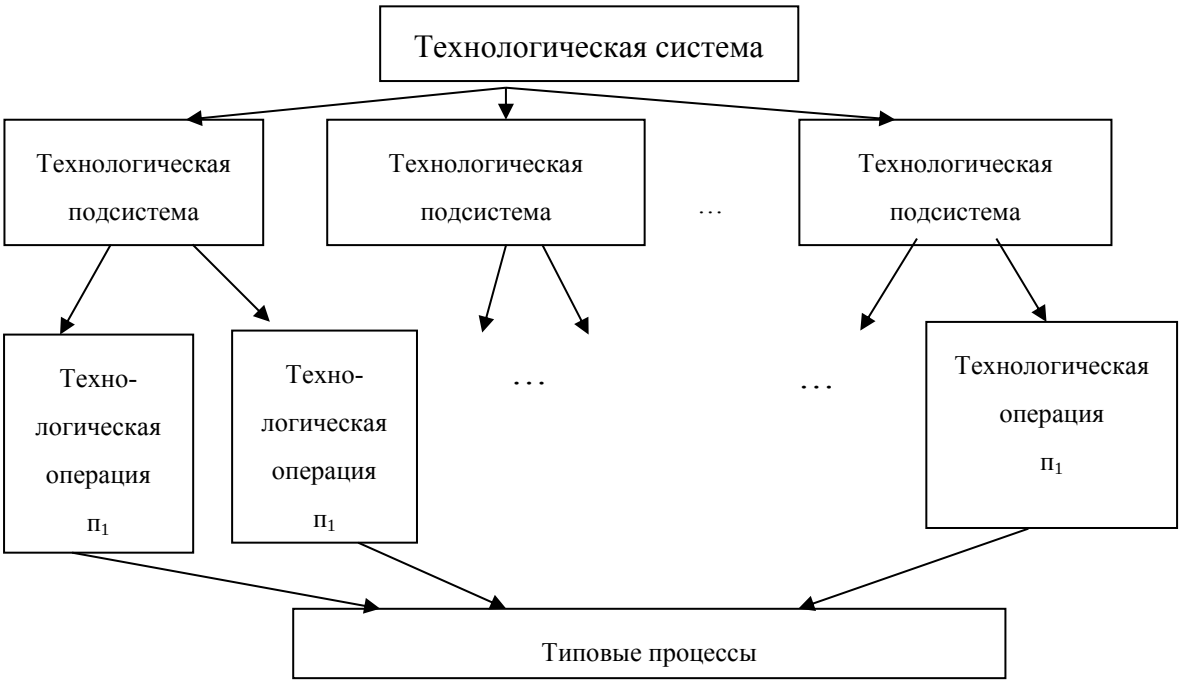


Рисунок 2.4 – Схема технологической системы

Поточной (технологической) линией называют совокупность специализированного технологического оборудования, соединенного между собой транспортными устройствами в единый технологический процесс, обеспечивающий переработку сырья (или полуфабриката) в готовый продукт или полуфабрикат.

По характеру воздействия на продукт технологическое оборудование делится на технологические машины и аппараты.

Технологическая машина – механическое устройство, состоящее из согласованно работающих друг с другом частей, предназначенная для преобразования обрабатываемого продукта, в результате которого происходит изменение его размеров, формы, свойств или состояния.

Аппарат – технологическое оборудование с рабочей камерой для проведения тепловых, химических, физико-химических, микробиологических и биохимических процессов, вызывающих изменения физических или химических свойств или агрегатного состояния обрабатываемого продукта.

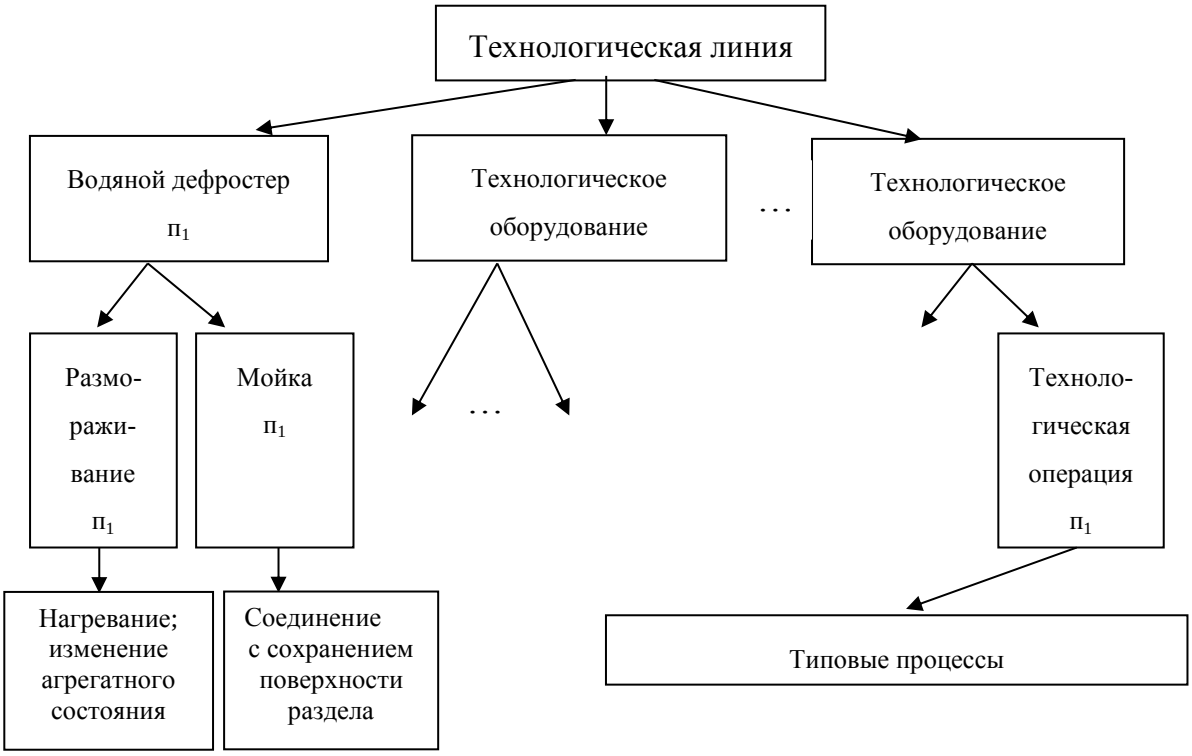


Рисунок 2.5 – Схема технологической системы пищевого предприятия

Оборудование поточных линий делят на основное (для проведения процессов в соответствии с технологическим регламентом) и вспомогательное (для транспортировки и хранения сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов). Различают оборудование общетехнического (насосы, емкости, транспортеры, фасово-упаковочные автоматы и т. д.) и специализированного назначения (куттеры, дефростеры, глазировочные агрегаты и т. д.).

По виду связи между машинами поточные линии делят на следующие типы:

- линии с жесткой связью между машинами и непосредственной передачей обрабатываемого объекта от одной машины к другой (рисунок 2.6, а). В таких линиях все машины – от первой до n-й – должны работать с ритмом, одинаковым или кратным ритму основной машины линии;
- линии с гибкой связью между машинами (рисунок 2.6, б). Работа каждой машины в этом случае не является строго зависимой от выбранного рит-

ма линии. Между каждыми двумя машинами устанавливается приемник-накопитель П с конвейером-перегружателем;

- линии с полугибкой связью (рисунок 2.6, в). Обычно разделяются на отдельные участки, состоящие из группы машин с жесткими связями. В свою очередь, участки соединены между собой гибкими связями в виде приемников-накопителей П с конвейерами-перегружателями.

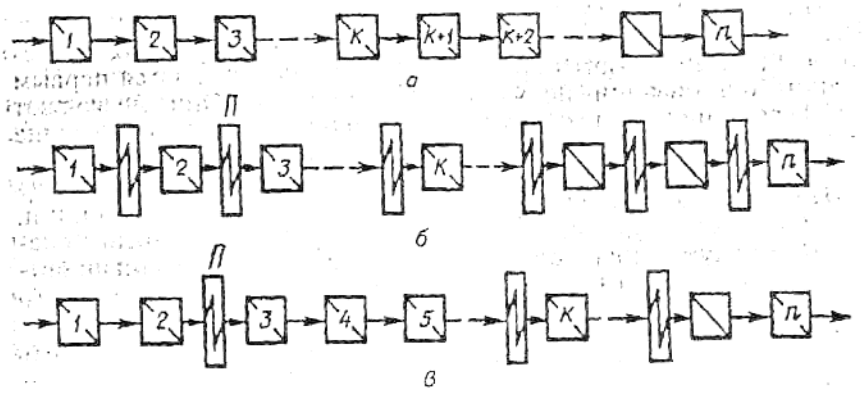


Рисунок 2.6 – Виды связи между машинами в поточных линиях: а – жесткая; б – гибкая; в – полугибкая; *К,.... п* – машины; П – приемник-накопитель с конвейером-перегружателем

2.3 Строение технологического потока

Совокупность типовых процессов в машинах и аппаратах (технологическом оборудовании) технологической линии называется **технологическим потоком.** Технологический поток функционирует непрерывно и направлен на преобразование исходного сырья в готовый продукт. Такой поток имеет свои закономерности и особенности, которые необходимо знать, чтобы создавать высокоэффективные технологические линии.

Строение технологического потока зависит от:

- вида связей между его отдельными операциями;
- вида связи ветвей потока;
- класса составляющих его технологических операций.

По виду связи между операциями любой технологический поток (как и технологическая линия) относится к одному из трех типов (рисунок 2.7).

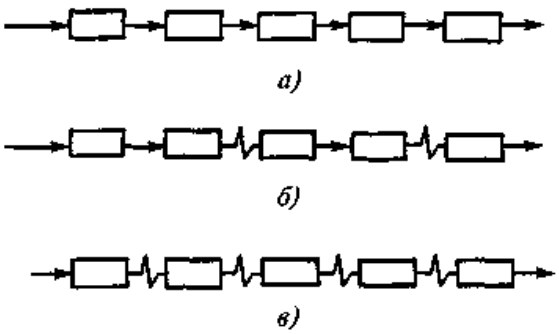


Рисунок 2.7 – Схема построения технологических потоков с различными связями: *а* – жесткой; б – полужесткой; *в* – нежесткой

Поток с жесткой связью. В этом потоке предусмотрена жесткая связь между выходом каждой предыдущей и входом каждой последующей операции. Естественно, что длительность цикла каждой операции должна быть одинаковой или кратной циклу ведущей операции или группы ведущих операций.

Поток с полужесткой связью содержит группы операций, имеющие жесткие связи лишь внутри группы. Между собой эти группы имеют гибкие связи в виде операции хранения. Конструктивно операция хранения реализуется в накопителях, бункерах, емкостях, ветвях контейнеров и т. д.

Поток с нежесткой (гибкой) связью характеризуется тем, что операция хранения предполагается между каждыми двумя технологическими операциями.

Потоки, характеризующиеся связями двух последних вариантов, свойственны несовершенным технологиям, по которым перерабатывают сырье и полуфабрикаты с нестабильными свойствами и используют машины с различной конструктивной надежностью.

Усилия технологов, конструкторов и производственников должны обеспечивать создание реального потока с жесткой связью. При этом реальный поток приближается к идеальному. В этом варианте обрабатываемый материал или объекты должны переходить с операции на операцию без потери ориентации, а скорость потока на всех его участках должна быть постоянной.

По виду связи ветвей (рисунок 2.8) технологические потоки могут быть неразветвленные и разветвленные, причем последние содержат сходящиеся, расходящиеся и параллельные ветви (рисунок 2.9).

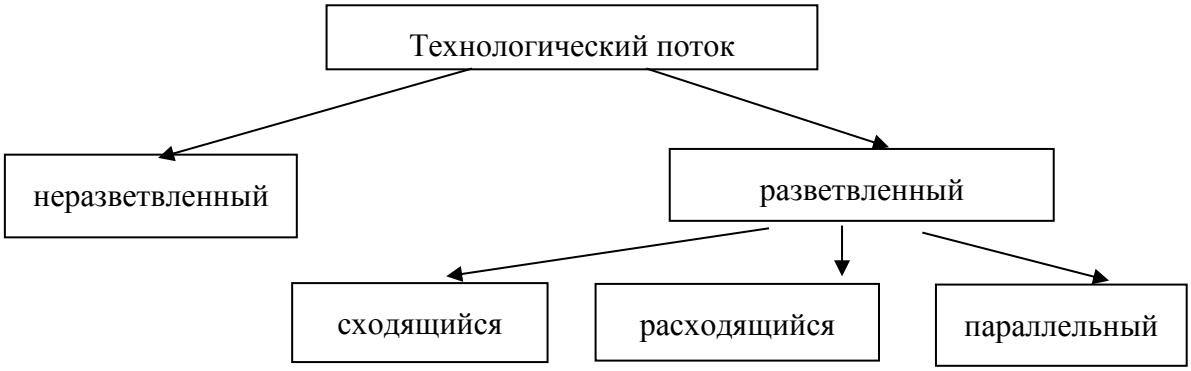


Рисунок 2.8 – Классификация технологического потока по форме

В простейшем случае операции составляют одну цепочку – неразветвленный поток. Такой поток предназначен для преобразования преимущественно одного вида сырья в один вид продукции (выработка цельного молока, макаронных изделий, овсяной крупы и т. д.).

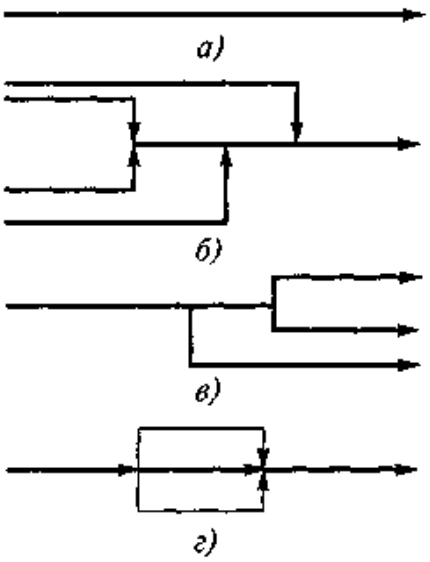


Рисунок 2.9 – Схема форм технологических потоков: *а* – неразветвленный; б – разветвленный сходящийся; в – разветвленный расходящийся; *г* – разветвленный с параллельными ветвями

Разветвленный сходящийся технологический поток формируется в процессе получения из нескольких видов сырья одного вида продукции (производство хлеба, сыра, пирожных и тортов, карамели с начинкой и т. д.).

Разветвленный расходящийся технологический поток возникает при изготовлении из одного вида сырья нескольких видов конечного продукта (получение белых столовых виноматериалов из винограда, муки первого и второго сорта при помоле пшеницы, шоколада, какао-масла и какао-порошка при переработке какао-бобов и т. д.).

Технологический поток с параллельными ветвями образуется в случае одновременного параллельного функционирования ряда идентичных операций из-за недостаточной их производительности против предшествующих, последующих или тех и других одновременно.

В разветвленном потоке можно выделить главные и вспомогательные ветви: на главной выполняются ведущие операции, а на вспомогательной – операции по изготовлению и мойке тары, дополнительных полуфабрикатов.

Для того чтобы рассмотреть строение технологического потока от класса составляющих его технологических операций, необходимо знать его форму и строение.

2.4 Морфология технологических операций. Идеальный технологический поток

Технологический поток состоит из различных технологических операций (на которых происходит преобразование объекта и идут процессы транспортирования его между операциями) (рисунки 2.10, 2.11).

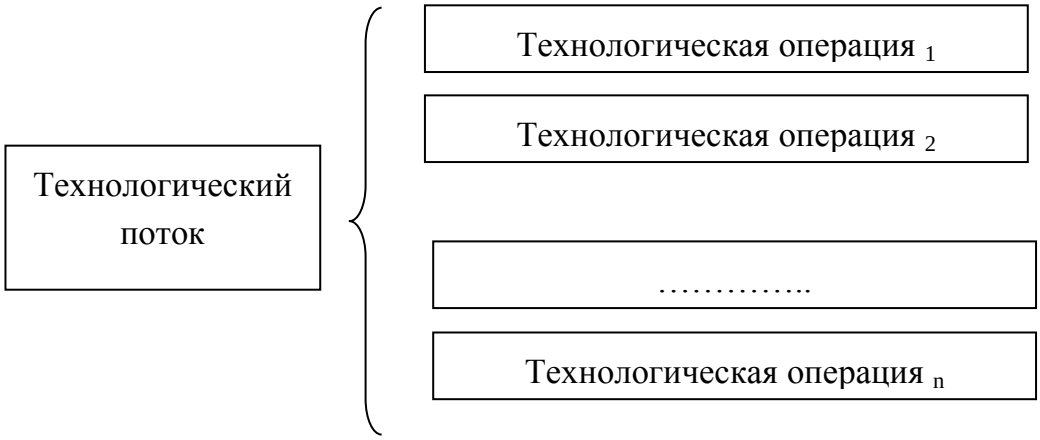


Рисунок 2.10 – Схема технологического потока

Собственно технологические операции выполняют две функции: обработку объекта (технологический процесс) и подачу объекта обработки в рабочую зону (транспортный процесс).

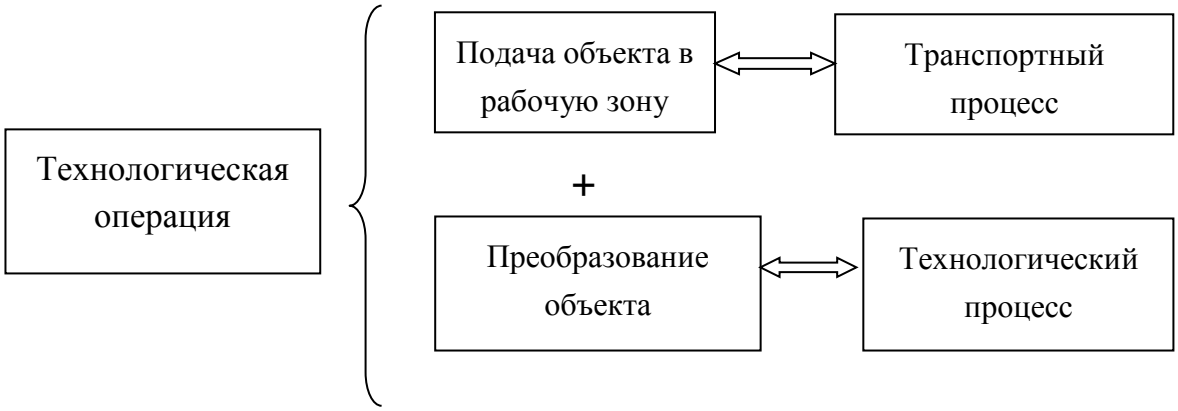


Рисунок 2.11 – Функции технологических операций

Исходя из этого положения и учитывая, что технологический поток должен быть непрерывным, академик Л. Н. Кошкин предложил классификацию технологических операций, в основу которой положена взаимосвязь длительности технологического и транспортного процессов и их влияние на производительность и конструктивные особенности машин и аппаратов. По этому критерию все технологические операции разделены на четыре класса.

Операции I класса. В этих операциях технологическая обработка массы происходит только после завершения транспортного процесса (подачи формы в рабочую зону), и наоборот, т. е. один процесс прерывается другим. Это операции дискретного действия. Примером машин, выполняющих операции первого класса являются варочные котлы, куттеры, волчки, тестомесильные машины, машины для дозирования соли, соусов и заливок и т. д. (рисунок 2.12).

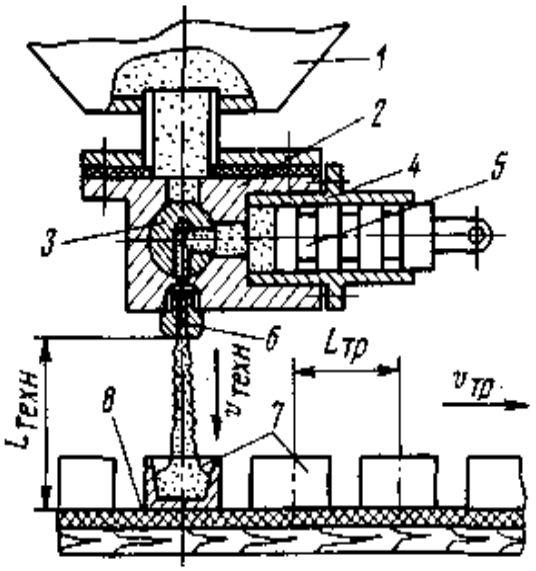


Рисунок 2.12 – Устройство для дозирования и формования массы в отливочной машине (операция I класса): 1 – бункер; 2 – корпус отливочной головки; 3 – золотник; 4 – мерный цилиндр; 5 – поршень; 6 – насадка; 7 – форма; 8 – ленточный конвейер

В системах машин, выполняющих операции I класса, для повышения производительности необходимо сокращать длительность как технологического, так и транспортного процесса. Возможность увеличения транспортных и технологических скоростей ограничена: транспортной – допустимыми значениями ускорений движения исполнительных органов машины, технологической – ее допустимыми значениями, определяемыми физико-механическими, теплофизическими и биохимическими свойствами обрабатываемого материала. Эти обстоятельства и являются тормозом увеличения выпуска продукции машинами, выполняющими операции I класса.

Операции II класса. Для технологического оборудования, выполняющего операции II класса, характерно совпадение по времени транспортного и технологического процессов (рисунок 2.13).

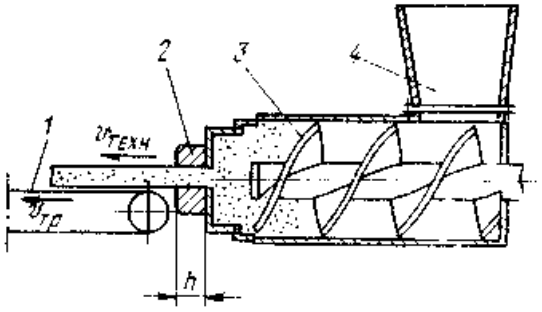


Рисунок 2.13 – Устройство для формования массы шнековым нагнетателем: 1 – ленточный конвейер; 2 – матрица; 3 – шнек; 4 – бункер

Транспортный процесс становится непрерывным, а транспортная и технологическая скорости равны между собой. Примером технологического обо-

рудования, выполняющего операции II класса являются экструдеры, машины для прокатки и закатки теста и др.

В машинах для операций II класса транспортная скорость ограничена технологической, поэтому повышение производительности ограничивается допустимыми значениями технологической скорости, которая, в свою очередь, обусловлена свойствами обрабатываемого сырья.

Операции III класса. Эти операции отличаются от операций II класса взаимной независимостью транспортного и технологического процессов. Объекты обрабатываются при их непрерывном транспортировании совместно с рабочими органами через рабочую зону по какой-либо замкнутой траектории (рисунок 2.14).

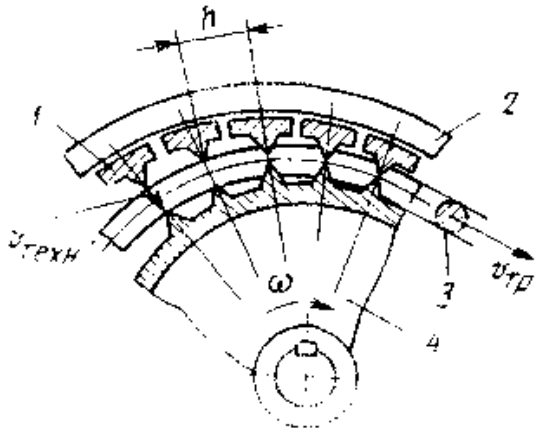


Рисунок 2.14 – Элемент роторного устройства в виде жгута круглого сечения в роторной режущей машине для дозирования массы продукта; 1 – откидной нож; 2 – неподвижная направляющая; 3 – жгут продукта; 4 – ротор (операция III класса)

Машины, созданные по этому принципу, получили название роторных, поскольку транспортный процесс первоначально был реализован как вращательное движение.

В отличие от операций II класса скорость транспортирования в операциях III класса не ограничивается технологической скоростью. Поэтому при создании машин, реализующих операции III класса, повышение производительности теоретически связано только с увеличением транспортной скорости. Практически же повышение производительности этих машин вызывает увеличение длины технологической зоны, что необходимо для сохранения времени технологической обработки объекта.

Таким образом, при создании машин для операций III класса ограничением их производительности является уже не технология пищевых продуктов, в частности свойства сырья и полуфабрикатов, а технология машиностроения (свойства металлов и неметаллов и способы их обработки).

Операции IV класса. Для них также характерна независимость скорости транспортного процесса от технологической скорости. В операциях IV класса обработка осуществляется при массовом транспортировании объектов в произвольном положении через рабочую зону. Понятие «рабочий орган» заменяется понятием «рабочая среда», которая осуществляет технологическое воздействие

непосредственно на весь поток, проходящий через рабочую зону. Если быть более точным, машины этого класса операций следует называть аппаратами. Примерами оборудования, выполняющего технологические операции IV класса, являются туннельные печи для хлеба, аппараты для охлаждения и нагрева молока, устройства для сушки продукта и т. д. (рисунок 2.15)

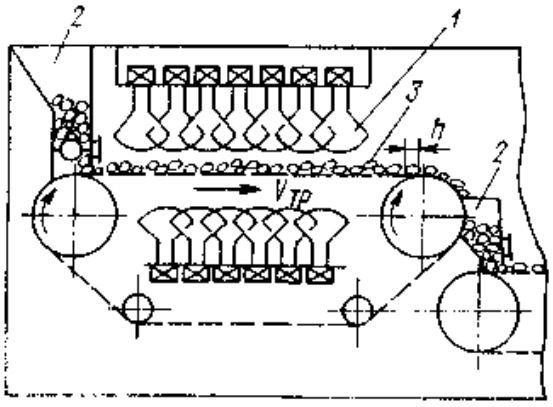


Рисунок 2.15 – Устройство для сушки продукта, выполняющего технологические операции IV класса: 1 – генератор инфракрасного излучения; 2 – воронка; 3 – продукт

Классификация технологических потоков с точки зрения наличия в них операций определенных классов (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Класс технологических потоков

Количество классов операций, составляющих поток	Наименьший класс операции в потоке			
	I	II	III	IV
Один	(I)	(II)	(III)	(IV)
Два	(I–II)	-	-	-
	(I–III)	(II–III)	-	-
	(I–IV)	(III–IV)	(III–IV)	-
Три	(I–II–III)	-	-	-
	(I–II–IV)	-	-	-
	(I–III–IV)	(II–III–IV)	-	-
Четыре	(I–II–III–IV)	-	-	-

Классификация технологических потоков создана на основе описанных выше классов операций. Класс потока определяется наименьшим классом операции в нем и количеством классов операций его составляющих. Так, поток (II–III–IV) класса состоит из операций трех классов, причем II класс операций – наименьший в нем.

Поток, содержащий операции более высокого класса, несомненно, прогрессивнее потока, который составляют операции более низкого класса.

Таким образом, классификация технологических потоков позволяет не только определить место конкретного потока среди всех возможных сочетаний классов операций, но и установить пути совершенствования его при переходе

операций из одного класса в другой. Целью является поток (IV) класса, в котором все операции – это операции только IV класса.

Также классификация определяет наиболее целесообразный путь достижения потока (IV). Как видно, наиболее эффективные решения лежат в верхнем правом углу таблицы, а самый примитивный поток (I) в левом верхнем углу содержит все операции I класса. Преобразование потока (I) в поток (IV) практически идет через все классы потоков.

Анализируя весь вышеизложенный материал, можно предположить, что существующие на производствах реальные технологические потоки далеки от совершенства. Поэтому при разработке новых технологических линий усилия технологов, конструкторов и проектировщиков должны быть направлены на максимально возможное приближение проектируемого технологического потока к идеальному.

Идеальный технологический поток должен:

- функционировать в течение всего времени со средней скоростью, равной максимально возможной с точки зрения физической, химической и микробиологической природы обрабатываемого материала;
- иметь максимальное поперечное сечение на всем протяжении технологического потока;
- иметь максимальную плотность в направлении его вектора скорости.

Следовательно, при проектировании технологического потока необходимо, чтобы обрабатываемые объекты передавались с операции на операцию без потери ориентации, а также, чтобы поддерживалась постоянная скорость потока на всех его участках.

2.5 Системный анализ технологического потока

Технологический поток является системой, позволяющей стабилизировать производство за счет объединения технологических машин и аппаратов в единый комплекс (технологическую линию).

Эффективность работы технологического потока (оцениваемая стабильностью производства) достигается за счет:

- проведения каждой технологической операции (элемента системы) в наиболее совершенном исполнении;
- целостности системы, в которой связь между элементами системы намного теснее и устойчивее, чем связь с внесистемными образованиями.

Факторы целостности – причины, вызывающие объединение каких-то элементов в целую систему, обеспечивая ее стабильное функционирование и развитие.

Факторы целостности, характерные для технологического потока:

1. При разделении процесса на одинаковые фазы – синхронность работы каждого элемента системы (или если выразиться другими словами – работа каждого элемента системы в одном ритме).

2. При разделении процесса по выполняемым задачам – специализация работы.

Данный фактор очень важен для правильной организации процесса, поскольку именно специализация позволяет ускорить процесс работы с сохранением качественных показателей готового изделия.

3. Стабильность проходящих процессов в машинах и аппаратах в процессе их функционирования.

При проектировании технологических потоков необходимо опираться на вышеперечисленные факторы для обеспечения бесперебойной, четко налаженной работы, позволяющей добиться максимальной производительности системы. Поэтому проектировщику необходимо создать структуру технологического потока.

Структура – внутренняя организация, представляющая собой специфический способ взаимосвязи образующих ее компонентов.

Структура технологического потока при проектировании определяется:

- последовательностью технологических операций в соответствии с документом, ее регламентирующим (на пищевых производствах техническим документом, определяющим последовательность технологических операций, является технологическая инструкция).

Технологическая инструкция – технический документ, устанавливающий требования к процессам изготовления, хранения, транспортирования продукции;

- согласованностью течения всех технологических процессов в системе, отражая организацию элементов системы (в нашем случае это технологические операции) во времени, т. е. каждый элемент системы должен работать с определенной ритмичностью, для возможности объединения их в единое целое для создания определенной структуры.

В настоящее время технологический поток, который организован в соответствии с вышеперечисленными требованиями к его структуре называется **поточным.**

Поточность позволяет обеспечить более полное использование оборудования, дает возможность применения комплексной механизации и автоматизации процессов.

При поточности производства должна соблюдаться:

1) строгая ритмичность процессов и синхронизация длительности циклов на каждом рабочем посту;

2) непрерывность потока.

Поточность производственного процесса удовлетворяется размещением оборудования в порядке последовательности технологических операций. Требования к поточности производства при проектировании устанавливаются в документации, действующей в рамках определенной отрасли.

Системный анализ необходим для решения проблем, возникающих на производстве (в основном это выпуск некачественной продукции с различными дефектами, низкая производительность линии и др.). Сущность анализа состоит в расчленении (мысленном или фактическом) целого на части и выделении и изучении каждой из этих частей. Условием разделения является возможность в дальнейшем воссоздания системы в ее первоначальном облике из этих частей (синтез системы).

В начале анализа необходимо постараться найти «центр системы», ту ее составляющую часть (или части), в которой осуществляются самые сложные, с точки зрения стабильности конечного результата, процессы. Центр системы концентрирует основные возможные противоречия функционирования технологической системы, главной из которых является противоречие «производительность – качество». В том случае, если анализ проведен правильно, найден основной центр системы и проведены мероприятия по максимально возможному разрешению вышеуказанного противоречия, можно говорить о превращении технологической системы в систему более высокого уровня целостности, позволяющая достигнуть более стабильных результатов.

В зависимости от выдвинутой проблемы анализ системы проводится в разных направлениях. В том случае, если необходимо:

1) улучшить качество выпускаемой продукции или найти причину дефектов, необходимо проводить анализ системы от выхода к входу;

2) решить проблемы материально-технического обеспечения – от входа к выходу.

Для изучения и описания технологической системы ее можно представить различными моделями:

- словесным описанием с разносторонним освещением процессов и иллюстрацией в виде машинно-аппаратурной схемы (вербальная модель);
- математическим описанием процессов, происходящих в системе, если составные части ее и их взаимосвязи поддаются количественному определению (математическая модель);
- при помощи графического изображения технологических операций с использованием принципа, который можно назвать «вход – выход» (операторная модель).

Из этих трех видов моделей только последняя дает возможность моделировать строение технологической системы и позволяет выполнить системный анализ и системный синтез объекта.

Проблемы развития технологического потока. Современные технологические потоки далеки от идеального потока по всем показателям.

Скорость потока при функционировании оборудования непостоянна на различных участках, а само функционирование периодически прерывается из-за вмешательства человека.

Плотность потока также неодинакова на всех участках и весьма мала вследствие больших расстояний между объектами обработки, а их положение не является оптимальным.

На отдельных участках производства имеются неподвижные запасы незавершенной продукции, находящиеся в неориентированном состоянии. Поэтому в состав линии входят накопители самых разных конструкций и устройства для ориентации объектов обработки.

Требования к идеальному потоку и реальное состояние оборудования технологических линий позволяют сформулировать проблемы развития пище-

вой технологии и пищевого машиностроения, это – проблемы создания идеальных потоков. Но даже частичное решение этих проблем может иметь очень большое значение для совершенствования производства того или иного пищевого продукта.

Первая проблема – это осуществление одинаковой производительности на всех операциях, объединенных в технологический поток. При неодинаковой производительности каждой операции межоперационная передача объектов обработки превращается из простого перемещения их по одной и той же траектории в распределение на несколько ручьев при переходе от более производительных машин к менее производительным или, наоборот, в слияние нескольких ручьев в общий поток. Это приводит к значительному удорожанию машинно-аппаратурного оформления технологического потока. Поскольку длительность цикла каждой операции в потоке, как правило, различна, то и одинаковая производительность машин и аппаратов в линии не обеспечивается.

Не решает проблемы и выравнивание производительностей технологических машин по наименьшей производительности, так как в этом случае более производительное оборудование оказывается недогруженным и часть рабочего времени простаивает или работает с пониженной производительностью.

Решение проблемы неодинаковой производительности заключается в устранении зависимости качества продукции от скорости технологического потока. Только это позволит иметь на всех операциях одинаковую свободно выбираемую производительность. Речь идет о полном разрешении основного технического противоречия непрерывного производства: производительность – качество продукции.

Вторая проблема – сохранение коэффициента использования машин при увеличении числа объединяемых в технологический поток операций. Эта проблема состоит в том, что при объединении существующих машин и аппаратов в линию остановка каждой из них приводит к остановке всей линии и, следовательно, к снижению коэффициента использования ее. Очевидно, что начиная с некоторого числа операций нецелесообразен переход от раздельных машин к линиям.

Не является решением вопроса и создание запасов объектов обработки, позволяющих каждой машине работать независимо от остановок других машин и сохранять, таким образом, свой коэффициент использования. Применение накопителей также резко удорожает стоимость передающих устройств. Кроме того, создание накопителей, не выполняющих необходимые технологические функции, не только бесполезно, но и вредно, ибо в результате этого увеличиваются производственный цикл, объем незавершенного производства и размеры площадей. Применение накопителей уже делает поток не непрерывным, что противоречит условию идеального технологического потока – постоянная скорость на всем его протяжении.

Решение проблемы состоит, с одной стороны, в сжатии технологии во времени и пространстве, а с другой – в повышении надежности оборудования.

Третья проблема – универсальность машин и аппаратов, позволяющая обрабатывать сырье с различными физико-механическими свойствами и вы-

пускать изделия разной формы. Сущность этой проблемы состоит в том, что машины, аппараты и тем более линии обеспечивают обычно производство лишь одного конкретного изделия данной геометрической формы из одного набора сырья. Снятие с производства данного пищевого продукта и переход к выпуску нового приводят к прекращению использования линии и к необходимости создания новой или усовершенствования ранее известной. При отсутствии универсальности линий потребовалось бы бесчисленное множество специальных линий для каждого пищевого продукта. Учитывая постоянную смену самих объектов производства и тенденцию к ее ускорению, можно сделать вывод о невозможности производства пищевых продуктов на основе специальных линий.

Решение проблемы универсальности машин и аппаратов состоит в создании линий, осуществляющих одновременное изготовление различных номенклатур изделий, что обеспечивает равномерный выпуск каждой номенклатуры и полностью устраняет частые переналадки линий. Примером такой линии является линия производства конфет «Ассорти», когда одновременно вырабатываются изделия разной формы и с разной начинкой.

Четвертая проблема – непродолжительность времени выпуска конкретного продукта, обусловленная малой потребностью или необходимостью большого ассортимента. Ее решение предполагает обеспечение универсальности линий относительно исходного сырья и формы изделия. Однако только универсальность линий может быть недостаточным условием для решения этой проблемы. Ведь смена объектов производства может стать настолько частой, а периоды производства настолько короткими, что потери времени на переоснастку машин будут приводить к недопустимым снижениям коэффициента использования и фактической производительности линии.

Решение этой проблемы с учетом того, что рост частоты смены объектов производства представляет собой одну из общих тенденций развития технологии и техники, должно состоять в полном устранении потерь рабочего времени при переходе к выпуску на линии нового продукта. Реализация этого требования предполагает не только автоматическую смену рабочих органов машин без прекращения нормального движения потока, но и непрерывную адаптацию межоперационных транспортных устройств к сменяющимся объектам обработки.

Пятая проблема состоит в том, чтобы созданный идеальный технологический поток был рентабельным. Дело в том, что переход к идеальной системе машин часто технически возможен, но экономически нецелесообразен, так как затраты могут быть больше экономического эффекта от эксплуатации. Исключение необходимо делать для опасных и вредных производств, где основным критерием является не экономический эффект, а безопасность человека и его здоровье.

Как известно, для объединения технологических машин в высокоэффективную линию нужны межоперационные транспортные, управляющие, контролирующие и другие вспомогательные устройства. Все эти устройства не повышают производительности, а стоимость их примерно такая же, как самих технологических машин, что приводит к удорожанию линии и удлинению срока ее

окупаемости настолько, что она изнашивается физически, а чаще морально раньше, чем окупается.

Таким образом, для обеспечения эффективности разрабатываемой системы машин и аппаратов необходимо использовать такие технологические машины, производительность которых может быть любой и определяться экономической окупаемостью.

Рассмотренные выше пять проблем развития технологического потока показывают направления создания новых линий. При этом методически важно сформулировать идеальные цели, а затем, исходя из реальных обстоятельств и возможностей, решать соответствующие задачи.

Вопросы для самопроверки:

1. Что представляют собой современные пищевые производства?
2. Дайте определение понятию «технологический поток».
3. Что лежит в основе классификации технологических операций, предложенной Л. Н. Кошкиным?

3. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

3.1 Строение, химический состав мышечной, жировой и соединительной тканей мяса

Мышечная ткань представляет собой совокупность количественно преобладающих мышечных волокон и соединительнотканных оболочек.

Морфологический состав мышечного волокна. Отдельное мышечное волокно можно рассматривать как гигантскую многоядерную клетку. Ее оболочка – сарколемма – представляет собой «двойную» мембрану. Диаметр развитого мышечного волокна составляет от 10 до 100 мкм, а длина его обычно соответствует длине мышцы. Мышечные волокна содержат нитевидные образования – миофибриллы, расположенные параллельно оси волокна (рисунок 3.1). Миофибриллы окружены жидкой фазой – саркоплазмой, в которой находятся ядра, митохондрии, рибосомы, лизосомы и другие клеточные органоиды.

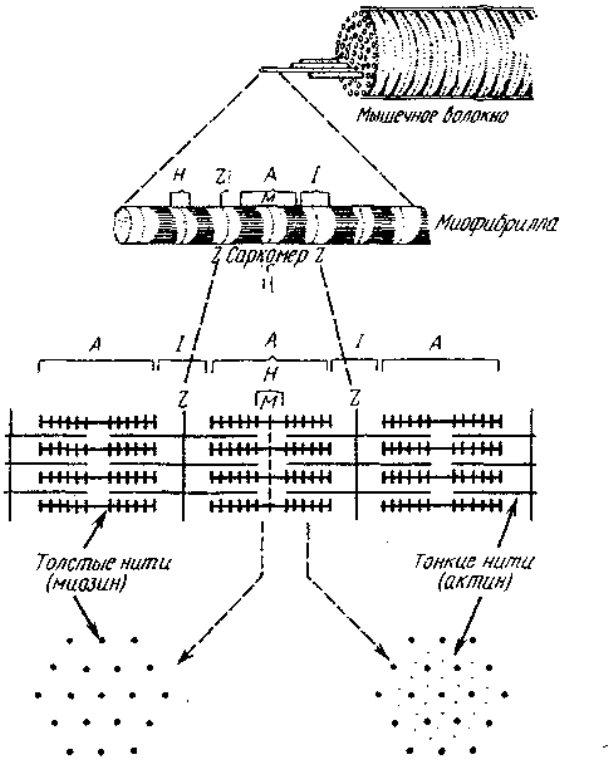


Рисунок 3.1 – Схема строения миофибрилл

Химический состав мышечного волокна. Содержание отдельных групп химических веществ в мышечной ткани составляет; вода – 72–80; белки – 16,5–20,9; азотистые экстрактивные вещества – 1–1,7; безазотистые экстрактивные вещества – 0,7–1,4; липиды – 2–3; минеральные вещества – 1–1,5 %. Белки, составляющие около 80 % сухих веществ мышечной ткани, в решающей степени определяют пищевую ценность, физико-химические показатели мяса, а также особенности его изменений при технологической обработке.

Белки, входящие в состав мышечной ткани, различны по аминокислотному составу, строению, физико-химическим свойствам и биологическим функциям. Они подразделяются на три основные группы: саркоплазматические (35 % всех мышечных белков), миофибриллярные (45 % всех мышечных белков) и белки стромы (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Белки мышечного волокна

Липиды. Содержание липидов в мышечной ткани составляет около 3 % и колеблется в зависимости от вида, пола, возраста, упитанности животных. Часть липидов, в основном фосфолипиды, входит в состав миофибрилл, клеточных мембран, митохондрий, саркоплазматического ретикулума.

Экстрактивные вещества. К экстрактивным веществам, подразделяемым на азотистые и безазотистые, относятся вещества, извлекаемые из мышеной ткани водой. Их прижизненная функция состоит в участии в разнообразных реакциях обмена веществ и энергетических процессах в тканях. Присутствие экстрактивных веществ и продуктов химических превращений в процессе автолиза во многом обусловливает органолептические показатели мяса.

К группе азотистых экстрактивных веществ относятся небелковые вещества, содержащие азот. Среди них конечные и промежуточные продукты азотистого обмена: мочевина, мочевая кислота, пуриновые основания, свободные аминокислоты и др. Среди свободных аминокислот наиболее высокое содержание характерно для глютаминовой кислоты (0,12 %).

Важное значение для формирования вкусоароматических характеристик имеют следующие специфические азотистые экстрактивные вещества мышечной ткани: карнозин, ансерин, креатин, креатинфосфат, карнитин, глютатион, свободные нуклеотиды (АТФ, АДФ и др.). Содержание ансерина в мышечной ткани птиц значительно выше, чем в говядине и свинине. Отношение ансерина к карнозину характерно для определенных видов мышечной ткани и соответственно составляет для мышечной ткани мяса птицы, говядины и свинины 2,5; 0,2 и 0,1. На долю креатина (метилгуанидинуксусной кислоты) и креатинфосфата приходится до 60 % небелкового азота мышечной ткани. Эти экстрактивные вещества принимают участие в химических процессах, связанных с мышечным сокращением.

К важнейшим безазотистым экстрактивным веществам относятся гликоген и различные продукты его превращений. Общее количество компонентов этой фракции составляет около 1 %. Гликоген является энергетическим материалом, который накапливается в состоянии покоя и расходуется в процессе мышечной работы. Количественное соотношение между гликогеном и продуктами его распада зависит от условий предубойного содержания животных и уровня развития автолитических изменений после убоя. Распад гликогена гликолитическим путем приводит к образованию молочной кислоты, фосфорных эфиров гексоз и других соединений, при амилолизе появляются глюкоза, мальтоза и другие олигоглюкозиды. Количество молочной и содержащихся в незначительных количествах янтарной, пировиноградной и других кислот и определяет величину pH мышечной ткани.

Витамины мышечной ткани представлены в основном водорастворимыми витаминами. В мышечной ткани содержатся B1 (тиамин), B_2 (рибофлавин), $B_б$ (пиридоксин), PP (никотинамид), Bз (пантотеновая кислота), биотин (витамин H), парааминобензоиная кислота, инозит, холин, фолиевая кислота, B_{12}, B_{15} (пангамовая кислота).

Содержание **минеральных веществ** в мышечной ткани составляет 1–1,5 %. Среди них в наибольших количествах присутствуют калий, натрий, магний, кальций, железо, цинк, фосфор, сера, хлор.

Жировая ткань – вторая существенная анатомо-морфологическая часть, определяющая качество мяса. В соответствии с участками локализации жировая ткань подразделяется на подкожную, мышечную и внутримышечную.

Жировая ткань встречается в различных местах тела животного и представляет собою переродившуюся рыхлую соединительную ткань с большим количеством жировых клеток (рисунок 3.3).

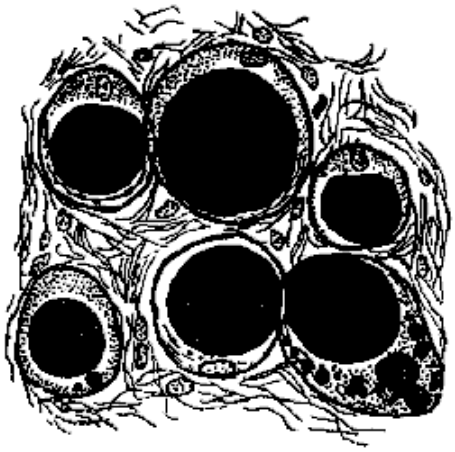


Рисунок 3.3 – Разрез по жировым клеткам из подкожной клетчатки

Жировые клетки состоят из экзоплазматического поверхностного слоя в состоянии геля и жирового вещества в центре клетки. Межклеточное вещество состоит в главной массе из тонких пучков коллагеновых и эластиновых волокон и аморфного основного вещества. Количество жира, места его отложения в организме животного, цвет, запах вкус, консистенция, температура плавления,

температура застывания, йодное число и другие свойства жира находятся в зависимости от вида животных, породы, возраста, пола, использования (работы), степени и характера откорма животного и других данных. Количество жира в туше весьма различно и колеблется в широких пределах – от 2 до 40 %, в зависимости от вида животного, породы, характера откорма и т. п. (наиболее высокие количества относятся к свиной туше).

Качество жира характеризуется его биологической ценностью, которая связана с тем, что они являются носителями большого запаса энергии. Калорийность жиров превышает калорийность белков и углеводов и достигает 9,3 калории на 1 г жира. Также жиры необходимы для всасывания в кишечнике жирорастворимых витаминов. Некоторые животные жиры сами являются носителями жирорастворимых витаминов.

Усвояемость животных жиров характеризуется следующими цифрами:

- говяжий 80–94 %;
- бараний 80–90 %;
- свиной 96–98 %.

Имеет значение не только количество, но и химический состав употребляемых в питании жиров, особенно содержание полиненасыщенных кислот с определенным положением двойных связей и цис-конфигурацией. Линолевая и линоленовая кислоты не синтезируются в организме человека, арахидоновая синтезируется из предшественника – линолевой кислоты, поэтому они являются незаменимыми (эссенциальными), жирными кислотами. Они участвуют в построении клеточных мембран, синтезе простагландинов (сложные органические соединения), регулировании обмена веществ в клетках, кровяного давления, агрегации тромбоцитов, способствуют выведению из организма избыточного количества холестерина, предупреждая и ослабляя атеросклероз, повышают эластичность стенок кровеносных сосудов. Но эти функции выполняют только (цис-изомеры ненасыщенных кислот. Биологическая активность указанных кислот неодинакова: наибольшая у арахидоновой кислоты, довольно высокая – у линолевой. Линоленовая кислота по своей активности значительно (в 8–10 раз) уступает линолевой.

Соединительная ткань входит в состав хрящей, сухожилий, подкожной клетчатки, кости, межклеточного вещества мышц, паренхиматозных органов, стенок сосудов. Все разновидности соединительной ткани составляют около 50 % массы тела животного. Несмотря на некоторые морфологические различия, для всех видов соединительной ткани характерно наличие внеклеточных волокнистых структур – коллагеновых и эластиновых волокон, окруженных межклеточным основным веществом, на долю которого приходится до 30 % сухой массы соединительной ткани.

3.2 Строение, химический состав мышечной, жировой и соединительной тканей мяса рыбы

Мышечная ткань. По морфологическому строению различают поперечно-полосатую, гладкую и смешанную мышечные ткани. Гладкая мышечная

ткань – это мышцы желудочно-кишечного тракта, кровеносных сосудов и др. Смешанная мышечная ткань – это мышцы сердца.

Поперечно-полосатая мышечная ткань представлена тремя группами мышц: мышцы головы, плавников и туловища. Наиболее развиты у рыбы мышцы туловища, которые состоят из четырех групп — двух спинных и двух брюшных, разделенных вдоль между собой перегородками соединительной ткани. Поперек они разделены на ряд участков – миомеров, разделенных между собой тонкими перегородками – септами.

Миомеры – это тонкие полоски ткани, напоминающие конусы, которые входят друг в друга и обращены к голове. Они состоят из расположенных параллельно мышечных волокон, покрытых соединительной тканью – эндомизием. Концы мышечных волокон, заостряясь, превращаются в сухожилия и соединяются с костным скелетом.

Мышечную ткань рыбы можно рассматривать как сплошную коллоидную систему, состоящую из трех основных образований: септ, мышечных волокон и эндомизия. Септы состоят в основном из коллагена и эластина.

Мышечное волокно (рисунки 3.4, 3.5) представляет собой сложное образование, состоящее из трех основных частей: эластичной оболочки – сарколеммы, гелеобразного волокнистого образования – миофибрилл и вязкого белкового образования, заполняющего большую часть клетки, – саркоплазмы. Длина мышечного волокна различна, самые длинные волокна находятся в центральной части мышцы.

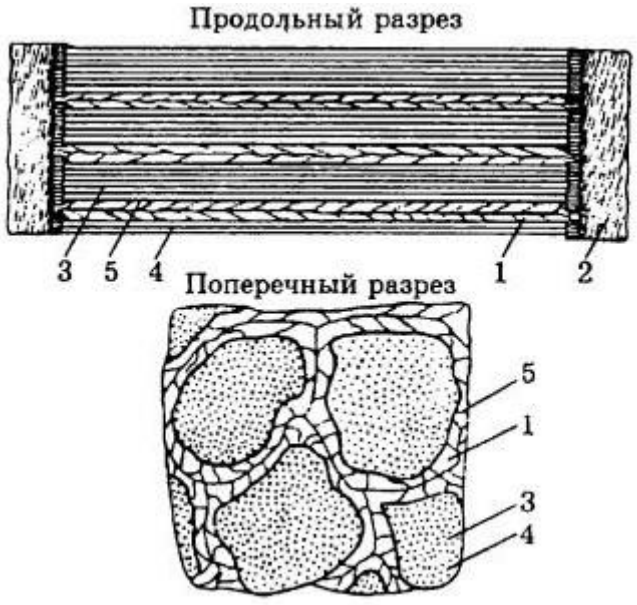


Рисунок 3.4 – Схема строения мышечной ткани рыбы: 1 – эндомизий; 2 – септа; 3 – саркоплазма; 4 – миофибрилла; 5 – сарколемма

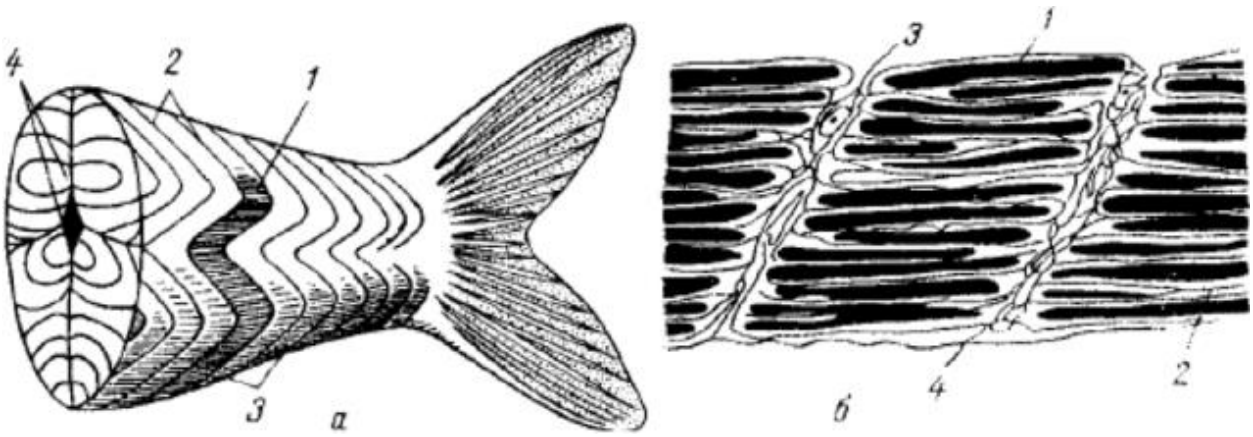


Рисунок 3.5 – Поперечный разрез (а): 1 – мышечные волокна; 2 – поперечные септы (миосепты); 3 – миотомы; 4 – продольные септы;
продольный разрез (б): 1 – мышечное волокно; 2 – перимизий; 3 – поперечная септа; 4 – кровеносные сосуды

Саркоплазма – раствор, состоящий из белков миоглобулина, миогена А и В, глобулина Х, миоальбумина, а также из различных минеральных солей. В состав саркоплазмы входят около 2 % липидов и 1 % углеводов (гликогена), аденозинтрифосфорная кислота и другие вещества.

Миофибриллы – представляют собой тончайшие нити, которые как струны протянуты от одного конца мышечного волокна до другого. Особенность структуры миофибриллы – это чередование светлых и темных дисков, которые обеспечивают поперечно-полосатую исчерченность мышц. В состав миофибрилл входят в основном такие белки, как миозин, актин, актомиозин и тропомиозин.

Сарколемма – это структурная система, состоящая из фибриллярных белков (коллагена и эластина). Она представляет собой гель с частой структурной сеткой, которая образуется за счет протеиновых цепей с наиболее короткими боковыми цепями, имеющими большое количество гидрофильных групп. Сарколемма является оболочкой мышечного волокна.

Мышцы головы и плавников состоят из таких же мышечных волокон, как и туловищные, но не разделенных на сегменты. Часть мускулатуры рыб нередко бывает окрашена в коричневый, бурый или красный цвет и, в отличие от белой, называется темной мускулатурой.

Химический состав мышечного волокна. Содержание отдельных групп химических веществ в мышечной ткани рыбы составляет: вода – 46–92%, преобладает свободная вода, на долю которой приходится более 90 % от общего ее количества; белки – 5–22; азотистые экстрактивные вещества – 1,7–4; углеводы – до 1; липиды – 0,1–32; минеральные вещества – 0,9–3 %.

Количество белков в мышечной ткани у большинства видов рыб является довольно постоянным фактором и колеблется в небольших пределах (15–20 %). В икре и молоках белков несколько больше, чем в мясе рыб. В мясе рыбы есть все незаменимые аминокислоты, в том числе имеющие особенно важное значение для организма человека – лизин, метионин, триптофан, называемые неза-

менимыми лимитирующими, – что и обусловливает ее высокую ценность как полноценного белкового продукта питания.

В состав белковых веществ входят главным образом простые полноценные белки типа альбуминов и глобулинов. Белки типа глобулинов – миозин, актин Г и Ф, актомиозин, тропомиозин – являются солерастворимыми и образуют миофибриллы (тончайшие нитевидные образования) мышечных клеток. Белки типа альбуминов – миоген А и Б, глобулин Х, миоглобулин, миоальбумин – водорастворимые, входят в состав саркоплазмы (полужидкое белковое вещество внутри мышечного волокна). Кроме того, в составе мышечных волокон находятся растворимые в слабых растворах щелочей и кислот сложные белки: нуклеопротеиды, фосфопротеиды и глюкопротеиды.

В состав сарколеммы (эластичной оболочки) мышечных волокон и соединительной ткани входят простые неполноценные белки, устойчивые к растворителям и представленные в основном коллагеном. Эластин практически отсутствует. При тепловой обработке коллаген переходит в глютин, который обладает высокой гидрофильностью, чем и объясняется нежность и сочность консистенции мяса рыбы. При варке и жаренье рыба теряет всего лишь около 20 % влаги, а мясо теплокровных животных теряет почти в два раза больше. Сладкий вкус мясу рыбы придают некоторые аминокислоты (глицин, L-аланин). Небелковые азотистые вещества рыбы относят к различным группам органических соединений.

Экстрактивные вещества, т. е. вещества, переходящие при варке в бульон и придающие ему вкус и аромат, имеются в мясе рыб в небольшом количестве: 2–4 %. Значение их состоит в том, что некоторые из них обусловливают специфические вкус и запах мяса рыбы, оказывают влияние на образование пищеварительных соков в организме человека, возбуждая аппетит и способствуя лучшему усвоению пищи. Рыба по сравнению с другими пищевыми продуктами отличается высоким содержанием летучих органических оснований.

Жир рыбы представляет собой смесь разнообразных триглицеридов, в состав которых входят более 25 высокомолекулярных жирных кислот.

Важная отличительная особенность жиров рыб – преобладание в их составе ненасыщенных жирных кислот (до 84 %) и наличие среди них высоконепредельных с 4–6 двойными связями, которые в жирах наземных животных отсутствуют. В отличие от жиров теплокровных животных, жир рыбы имеет жидкую консистенцию со специфическими вкусом и запахом. Он легко усваивается организмом человека, характеризуется высокой пищевой ценностью и является ценным источником несинтезируемых в организме человека линоленовой, линолевой и арахидоновой кислот, нормализующих жировой обмен. Благодаря преобладающему содержанию в жире рыб высоконепредельных жирных кислот, он под действием кислорода воздуха, особенно при повышенной температуре и доступе света, легко окисляется с образованием перекисей, оксикислот, альдегидов, кетонов, свободных жирных кислот, что ведет к снижению качества рыбных товаров (прогоркание, появление «ржавчины» и др.).

Жир в теле рыб распределяется неравномерно и зависит от вида рыб и их физиологических особенностей. В жире рыб присутствуют в небольшом коли-

честве фосфатиды (наиболее изученным является лецитин), стериды и стерины (холестерин), красящие вещества и др. Содержание жира в мясе рыб сильно колеблется. Есть рыбы, мясо которых всегда тощее, жирность его меньше 1 % (тресковые, окуневые, щука); есть рыбы с жирным мясом (осетровые, лососевые) и средней жирности (например, карп).

Минеральный состав характеризуется исключительным разнообразием. Больше всего в мясе рыбы фосфора, кальция, калия, натрия, магния, серы, хлора. Обнаружены и такие элементы, как железо, медь, кобальт, марганец, цинк, йод, бром, фтор и другие, содержащиеся в очень малых количествах.

Морские рыбы более богаты по содержанию и разнообразию минеральными веществами и особенно микроэлементами, чем пресноводные.
Пресноводные рыбы отличаются от морских практически полным отсутствием йода, брома и меди.

Углеводы рыбы представлены в основном гликогеном. Хотя роль углеводов в пищевом отношении невелика из-за малого их содержания, они оказывают значительное влияние на вкус, цвет и запах рыбы. Полагают, что потемнение мяса при вялении и сушке, обжарке и прочих процессах происходит также и за счет образования меланоидинов. Сладковатый вкус рыбы и рыбных бульонов объясняется гидролитическим расщеплением гликогена до глюкозы.

Важную роль играют углеводы и в посмертных изменениях рыбы (окочение, автолиз).

Витамины. В рыбе преимущественно содержатся жирорастворимые витамины А и D, а из числа водорастворимых – витамины группы В, никотиновая кислота. Особенно высокой витаминной активностью отличается медицинский рыбий жир; который, по существу, является концентратом витаминов А и D; их много в печени, икре, внутреннем жире; имеются витамины и в мышечной ткани рыбы.

В рыбе отмечается наличие многих витаминов, которые играют очень важную роль в процессах обмена веществ в организме человека.

Соединительная ткань рыб представляет собой тончайшие коллагеновые и, в меньшей степени, эластиновые волокна, заполняющие промежутки между всеми органами тела и соединяющие его в единое целое.

Соединительная ткань объединяет несколько видов тканей, общим в строении которых является наличие соединительнотканных клеток и расположенного между ними так называемого основного вещества. В зависимости от консистенции основного вещества соединительная ткань делится на рыхлую, плотную, твердую и жидкую.

Рыхлая соединительная ткань содержит значительное количество основного вещества, представляющего собой аморфную студенистую массу и волокнистые образования. Разновидностью рыхлой соединительной ткани является пигментная ткань. К рыхлой соединительной ткани относится слизь, выделяемая слизевыми клетками. Основное вещество слизистой ткани однородно, причем его образуется больше у рыб, не имеющих чешуи или имеющих незначительное количество ее.

Плотная соединительная ткань, содержащая коллаген, составляет различные сухожилия и дерму кожи. К плотной соединительной ткани относится и хрящевая ткань, выполняющая роль опорной ткани в скелете акул, скатов, осетровых рыб.

Твердая соединительная ткань, составляющая кости рыб, содержит в большом количестве, кроме основного вещества и соединительнотканных клеток, минеральные соли. По составу близки к костям и плавники рыб.

К жидкой соединительной ткани относится кровь, состоящая из форменных элементов (клеток) и плазмы, представляющей собой жидкое промежуточное вещество. К форменным элементам крови относятся эритроциты (красные кровяные тельца), лейкоциты и тромбоциты. Количество крови в теле рыб колеблется от 2 до 6 % общей его массы и зависит от вида и возраста рыб.

Жировая ткань. Рыхлая соединительная ткань, содержащая значительное количество жировых клеток, называется жировой тканью. В теле рыбы в зависимости от расположения различают жировую ткань, подкожную, темной мускулатуры, спинную, брюшную, внутримышечную, прикостную и внутренних органов. Количество жировых клеток и общее количество жира в них значительно колеблется.

Степень развития жировой ткани и характер ее расположения в теле зависят от вида рыбы. Например, у сельдевых жир равномерно распределяется под кожей с некоторым преобладанием в брюшной части; в мясе трески жира не более 1 %, но весь жир откладывается в печени (до 70 % от ее массы); у сома наблюдается скопление жира в хвостовой части; у карповых, окуневых жир в период нагула рыбы нарастает в брыжейке (петлях кишечника), порой достигая 50% массы внутренних органов; у лососевых, осетровых жир прослаивает мышечную ткань, придавая ей особо высокие вкусовые качества.

Для большинства рыб наблюдается увеличение жирности и мясистости на брюшной части в направлении от головы к анальному отверстию и по спинной части в обратном направлении – от хвоста к голове. В темном мясе рыб содержится жира больше, чем в белом. Темное мясо расположено вдоль боковой линии по всей длине тушки. Исключением являются тунцы, у которых темное мясо менее жирное.

Находящиеся в жировых тканях рыбы липиды представляют собой смесь жировых веществ, нерастворимых в воде и растворимых в органических растворителях. Основную массу жировых веществ составляют простые (нейтральные) жиры. В небольших количествах содержатся соединения типа эфиров – сложные липиды и липоиды. К липоидам относятся фосфатиды и стериды. Кроме простых и сложных липидов, в жирах рыб присутствуют растворимые в нем стерины, витамины А, D, Е, К и Р и красящие вещества (пигменты). Пигменты придают жиру окраску от светло-желтой до красной.

Простые жиры представляют собой смесь сложных эфиров глицерина и трех молекул жирных кислот. Последние могут быть насыщенными или ненасыщенными. Содержание насыщенных жирных кислот в жирах рыб составляет около 16,0–18,8, а ненасыщенных – около 81,3–84,2 % от общей массы жирных кислот. К ненасыщенным жирным кислотам относятся линолевая, линоленовая, арахидоновая и т. д.

Из полиненасыщенных жирных кислот следует отметить омега-3 жирные кислоты – эйкозапентаеновая (ЭПК) 20:5, докозагексаеновая (ДГК) 22:6, а также альфа-линоленовая (18:3). Биологическое действие полиненасыщенных жирных кислот ряда омега-3 сводится к мембранопротекторному, антиатеросклеротическому, антиаритмическому, иммуномодулирующему и противовоспалительному воздействию.

Высокое содержание ненасыщенных жирных кислот придает жиру рыб жидкую консистенцию, если жир хранится при температуре 20 °С. Неустойчивость этих жиров при хранении также объясняется высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот. Под действием высокой температуры, влаги и кислорода воздуха они подвергаются гидролизу и окислению. При этом изменяются цвет, вкус, запах жира, что связано с образованием в нем перекисей, альдегидов, кетонов, оксикислот и низкомолекулярных жирных кислот.

Температура плавления рыбьего жира составляет 26,4–32,8 °С, плотность – 0,9120–0,9192, неомыляемых веществ 0,1–0,7 %, йодное число – 113,4–157,6, коэффициент омыления – 184–189,9.

Фосфатиды – это сложные эфиры, состоящие из спирта, жирных кислот, фосфорной кислоты и азотистого основания. Они представлены лицетином, кефалином и сфингомиелином. Суммарное содержание фосфатидов в рыбе составляет 0,4–1,1 %.

Стерины и стериды в рыбьих жирах представлены в основном холестерином, который в свободном виде и в виде сложных эфиров (стеридов) входит в состав всех клеток и тканей, образуя с белками комплексы.

3.3 Строение, химический состав молока

Молоко является сложной полидисперсной системой. Молочный сахар – лактоза растворен в дисперсной среде (воде – 85–89 %) молока, величина его молекул 1–1,5 нм. Соли молока находятся в виде коллоидных частиц, белковые вещества образуют коллоидные растворы. Жир молока находится в теплом состоянии в виде эмульсии, в холодном – в виде суспензии.

Молоко состоит из воды и распределенных в ней пищевых веществ – жиров, белков, углеводов, ферментов, витаминов, минеральных веществ, газов (рисунок 3.6).

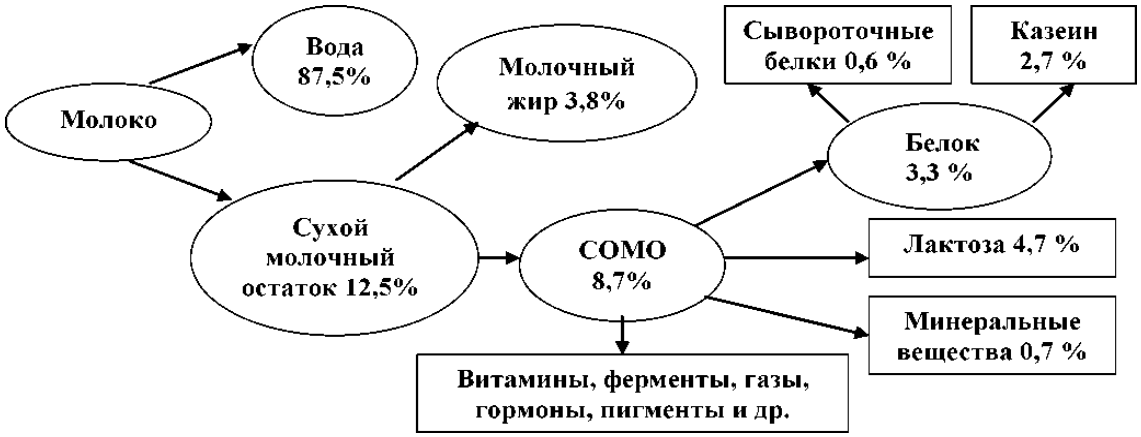


Рисунок 3.6 – Основные химические компоненты молока

Молочный жир. Основу молочного жира составляют триглицериды, представляющие собой сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и жирных кислот. Молочный жир имеет наибольшее значение для переработки молока по сравнению с другими его компонентами.

В молочном жире определено более 140 жирных кислот с числом атомов углерода C_4–C_{26}, однако лишь около 20 из них встречаются в заметных количествах (1–5 %) каждая, их называют главными. Среди насыщенных кислот преобладают пальмитиновая, миристиновая и стеариновая (60–75 %), среди ненасыщенных – олеиновая (около 30 %). Зимой молочный жир характеризуется более высоким уровнем миристиновой, лауриновой и пальмитиновой кислот, а летом – олеиновой и стеариновой. Кроме олеиновой кислоты, содержится в небольших количествах незаменимые ненасыщенные жирные кислоты – линолевая, линоленовая и арахидоновая (3–5 %), что обеспечивает высокую биологическую ценность молочного жира.

Особенностью молочного жира является наличие большого числа низкомолекулярных летучих насыщенных жирных кислот: масляная, капроновая, каприловая и каприновая (4–10 %). Они обуславливают специфический вкус молочного жира.

Ненасыщенные и низкомолекулярные жирные кислоты придают молочному жиру легкоплавкость, его температура плавления – 27–30 ^{o}C. Эти кислоты имеют более ценные биологические свойства, чем высокомолекулярные насыщенные. Низкая температура плавления и высокая дисперсность обеспечивают хорошую усвояемость молочного жира – 98 %. Энергетическая ценность молочного жира 37,7 МДж/кг.

Массовая доля жира в коровьем молоке в среднем составляет 3,6–3,9 %. Он находится в молоке в виде мелких шариков: в охлажденном молоке – в виде суспензии, а в неохлажденном – эмульсии. Число, размер и свойства жировых шариков зависят от породы скота, периода лактации, кормов, условий содержания, кормления, доения, здоровья животного, времени года и других факторов. Диаметр жировых шариков от 0,1 до 20 мкм (средний – 3–5 мкм).

Жировой шарик окружает Двухслойная лецитино-белковая оболочка, состоящая из внутреннего (6–10 нм) и внешнего (30–300 нм) слоев. Оболочка определяет устойчивость (стабильность) жировой эмульсии в молоке. Нарушение устойчивости является причиной окисления, гидролиза, осаливания и прогоркания молочных продуктов при производстве и хранении.

Белки представляют собой сложные высокомолекулярные азотистые соединения. Основу белковых молекул составляют аминокислоты. В молочном белке обнаружено 18 аминокислот, 8 из них относят к незаменимым. Белки молока находятся в растворенном и коллоидном виде, поэтому при взаимодействии с ферментами пищеварительного тракта человека легко усваиваются (до 98 %). Основную часть белков молока (3,3 %) составляют казеин – 2,7 % и сывороточные белки (альбумин – до 0,4 %, глобулин – 0,12 %. Казеин содержится в виде кальциевой соли (казеината кальция), относится к сложным белкам фосфопротеинам, придает молоку белый цвет.

Сывороточные белки по содержанию дефицитных незаменимых аминокислот (лизина, триптофана, метионина, треонина) являются наиболее биологически ценной частью молока, важной для пищевых целей. Альбумин и глобулин имеют высокое содержание ростовых и защитных веществ. В коровьем молоке эти белки составляют 18 % от общего количества белков, в козьем их в 2 раза больше. Сывороточные белки обладают большей термостабильностью, чем казеин. При нагревании молока до 90–95 °С альбумины и глобулины сначала денатурируют, а затем коагулируют.

Помимо белковых веществ в молоке содержатся многочисленные азотистые соединения небелкового характера (мочевина, пектиды, аминокислоты, креатин, аммиак и др.) Они представляют собой промежуточные и конечные продукты азотистого обмена в организме животных и попадают в молоко из крови. Пектиды и аминокислоты важны для азотистого питания молочнокислых бактерий при производстве кисломолочных продуктов.

Углеводы. В молоке основным углеводом является дисахарид – **лактоза** (молочный сахар) – 4,7 % моносахариды галактоза и глюкоза. Лактоза присутствует в растворенном состоянии во всех молочных продуктах, обусловливает их свойства, определяет энергетическую ценность. Лактоза является основным субстратом для молочнокислых бактерий, которые сбраживают этот сахар до молочной кислоты.

Ферменты. Из молока выделено 20 нативных ферментов. Кроме того, в молоке содержатся и микробные ферменты. Наиболее важные ферменты молока – амилаза, каталаза, липаза, лизоцим, протеаза, пероксидаза, редуктаза, фосфатаза и др. Принцип действия молочных ферментов имеет избирательный характер, что позволяет контролировать свойства сырого молока и их изменения при технологической переработке.

Витамины. В молоке содержатся практически все витамины: жирорастворимые – витамин А, Д, Е и водорастворимые – витамин B_1, B_2, B_{12}, B_6, РР (никотиновая кислота), С, необходимые для естественного развития человека.

Гормоны. Молоко содержит в незначительных количествах гормоны: тироксин, пролактин, адреналин, окситоцин, инсулин. Гормоны выделяются эндокринными железами животного (эндокринные гормоны) и попадают в молоко из крови животного. Другие (экзогенные) гормоны являются остатками гормональных препаратов, применяемых для стимулирования продуктивности, усвоения кормов и т. д.

Минеральные вещества. В молоке содержится 0,7–0,8 % минеральных веществ, в их состав входит более 50 элементов. Основными являются (Ca, P, K, Na, Mg, S, C1 и др.), причем большую часть составляют соли кальция и фосфора. Наиболее важны с физиологической точки зрения среди минеральных веществ микроэлементы (Fe, Cu, Mn, Zn, Co, I, Al); их определяют в микрограммах на 1 кг молока. Микроэлементы связаны с белками и оболочками жировых шариков, а также входят в состав биологически активных соединений, витаминов, гормонов, активизируя их. Микроэлементы являются незаменимыми компонентами молока. Загрязнение молока большим количеством этих элементов снижает его качество и опасно для здоровья человека.

Газы. В молоке содержится в среднем 7,15 об. % газов, в том числе диоксида углерода – 4,59, азота – 1,96, кислорода – 0,55. Количество газов в молоке зависит от вида кормов, способа доения, продолжительности хранения и последующей технологической переработки.

3.4 Функционально-технологические свойства сырья животного происхождения

Сырье животного происхождения многокомпонентно, вариабельно по составу и свойствам, что приводит к значительным колебаниям в качестве готовой продукции. В связи с этим особенно важное значение приобретает информация о функционально-технологических свойствах различных видов основного сырья и его компонентов, влиянии вспомогательных материалов и внешних факторов на характер их изменения.

3.4.1 Функционально-технологические свойства мясного сырья

Понятие функционально-технологических свойств (ФТС) в прикладной технологии мяса включает в себя комплекс показателей, характеризующих способность системы связывать и удерживать воду и жир, образовывать гели и эмульсии, структурно-механические, органолептические и технологические свойства. Данные показатели являются приоритетными при определении степени приемлемости мяса для производства пищевых продуктов.

К функционально-технологическим свойствам мясного сырья и мясопродуктов относятся:

- функциональные (водосвязывающая, влагоудерживающая, гелеобразующая, эмульгирующая способности);
- структурно-механические (липкость, вязкость, пластичность и др.);
- сенсорные (цвет, вкус, аромат, консистенция);
- технологические (выход, потери при термообработке).

Знание ФТС позволяет рационально использовать мясное сырье, прогнозировать и направленно регулировать качественные характеристики готовых продуктов.

Ключевое значение в формировании ФТС мясных систем отводится белкам мяса. Мясной белок, являясь по своей природе биополимером с огромным количеством гидрофильных, а также гидрофобных группировок, имеет способность к набуханию, образованию стабильных коллоидных систем, взаимодействию с липидами (таблица 3.1).

Таблица 3.1– Взаимосвязь характера взаимодействия белков и ФТС-систем

Вид взаимодействия	ФТС
Белок – вода	Набухание, водосвязывание
Белок – белок	Гелеобразование
Белок – жир	Жиропоглощение
Жир – белок – вода	Эмульгирование

Именно физико-химические характеристики белков, такие как растворимость и набухаемость, способность образовывать и стабилизировать гели, эмульсии, суспензии, пены, адгезионные и реологические свойства обеспечивают желаемую структуру, технологические показатели готовых продуктов.

Нативный мясной белок, содержащийся в свежем мясе, обладает максимальной активностью и является наиболее технологичным. Такой белок можно охарактеризовать как «живой»; его полимерные цепи не нарушены. При правильном отношении к белку проявляется его способность образовывать суперстабильные системы.

В результате ряда технологических воздействий стабилизирующие свойства белка, как правило, снижаются. К таким воздействиям можно отнести высокие температуры, замораживание, воздействие мощных механико-динамических усилий.

Понимание сути технологических процессов, динамики изменения и преобразования белков вносит ясность в процесс производства и дает возможность проанализировать и понять причины как положительных, так и отрицательных (например, брак готовой продукции, низкий выход) результатов. Это также позволяет установить правильную причинно-следственную связь и направить технологический процесс в нужное русло, т. е. практически исключить из процесса производства фактор случайности.

В тканях животного организма вода выступает наравне с другими составными частями мяса. Содержание влаги в мясе и мясопродуктах и формы связи ее с основными компонентами определяют структурно-механические и некоторые другие свойства продукта, а также его качество и выход.

Вода, входящая в состав неразрушенных тканей мяса, неоднородна по физико-химическим свойствам, и роль ее неодинакова. Различают две формы воды – связанную и свободную.

Связанная вода активно удерживается главным образом белковыми веществами и другими компонентами клеток и тканей. Около 70 % воды ассоциируется с белками миофибрилл, определяя их пространственную конфигурацию и функциональную деятельность. Связанная вода характеризуется рядом специфических свойств: более низкой точкой замерзания, меньшим объемом, неспособностью растворять вещества, инертные в химическом отношении.

Свободная – это вода не связанная с составными частями мяса. Она служит растворителем для органических и минеральных веществ. Такая вода замерзает при 0 °С и легко удаляется из ткани за счет осмотического давления.

Вода в мясе и мясопродуктах удерживается несколькими формами связи, отличающимися энергией связи, т. е. свободной энергией обезвоживания.

Формы связи влаги с мясом, в порядке убывания энергии связи:

- химическая;
- адсорбционная;
- капиллярная;
- осмотическая.

Химическое связывание влаги происходит в строго определенных молекулярных соотношениях при химической реакции (гидратации). Используемые

в мясном производстве технологические воздействия не влияют на эту наиболее прочную форму связи влаги.

Адсорбционная влага – это часть воды, которая удерживается в мясе за счет сил адсорбции главным образом белками. В результате электростатических сил притяжения между диполями воды и гидрофильными центрами белковой глобулы молекулы воды фиксируются на поверхности белка, образуя гидратную оболочку (рисунок 3.7).

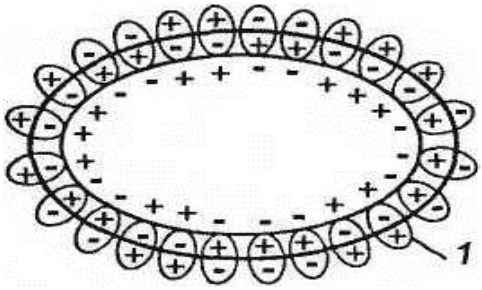


Рисунок 3.7 – Гидратированная белковая молекула: 1 – диполь воды

Первый слой молекул воды (мономолекулярный слой) наиболее прочно адсорбируется на поверхности, последующие слои гидратной оболочки, по мере того как электростатические силы ослабевают, удерживаются все менее и менее прочно.

Уровень прочности и количество связанной адсорбционной влаги в основном обусловлены числом гидрофильных центров у белков, что в свою очередь зависит от ряда факторов.

Превращение трехмерной структуры белковой молекулы из состояния компактной глобулы к рыхлой спирали повышает количество гидрофильных групп, доступность пептидных цепей и ионизированных аминокислотных остатков.

Факторы, влияющие на уровень водосвязующей способности белков:

- природа белка;
- pH среда;
- степень взаимодействия белков друг с другом;
- концентрация солей;
- температура среды;
- степень измельчения.

Водосвязуюшая способность белков тем выше, чем больше интервал между величиной pH среды и изоэлектрической точкой, т. е. чем больше групп COOH и NH_2 будет ионизировано и окажется заряженными. При pH ниже 5,4 связывание минимально

Число групп, фиксирующих влагу за счет адсорбции, зависит и от взаимодействия белков друг с другом.

Такое взаимодействие происходит в процессе посмертного окоченения в результате образования актомиозинового комплекса и сопровождается блокированием полярных групп и уменьшением адсорбции.

Степень ионизации белков находится в зависимости от концентрации электролитов. Наличие нейтральных солей, в частности поваренной соли, присутствие которой повышает растворимость актина и миозина, препятствует их комплексообразованию и, следовательно, увеличивает величину связывания влаги.

Известное значение имеет температура среды. Повышение ее до 40 °С усиливает разбрасывающее тепловое движение диполей воды, уменьшая общую толщину адсорбционного слоя. Нагрев выше 42–45 °С приводит к денатурации белков, их агрегированию и снижению количества гидрофильных групп.

Водосвязывающая способность мышечной ткани повышается при увеличении сорбционной поверхности. Это достигается измельчением мяса, при котором разрушаются мышечные волокна, высвобождаются белки и увеличивается их возможность контакта с водой.

Значительная часть влаги в мясе удерживается также и системой капилляров и пор.

Капиллярная влага влияет на объем и сочность продукта. Количество капиллярной влаги зависит от степени развития капиллярной системы, в структуре материала и капиллярного давления.

В неразрушенных тканях роль капилляров выполняют кровеносные и лимфатические сосуды. В продуктах, вырабатываемых из животных тканей, степень развития капиллярной сети зависит от характера технологической обработки сырья. В колбасном фарше система пор и капилляров образуется в результате денатурации и коагуляции белковых веществ после тепловой обработки.

Прочность связи влаги зависит от величины капиллярного давления: чем оно больше, тем прочнее капиллярная влага связана с материалом. Капиллярное давление в свою очередь определяется размером капилляров. Наиболее прочно вода удерживается в микрокапиллярах радиусом меньше 10^{-5} см.

Капиллярное давление зависит также от поверхностного натяжения, которое можно регулировать различными веществами. Белки и другие органические вещества, являясь поверхностно-активными, снижают поверхностное натяжение. Неорганические электролиты, в том числе хлористый натрий, будучи поверхностно-неактивными повышают его.

Осмотически связанная влага удерживается материалом вследствие более высокого давления, чем в окружающей среде. В неразрушенных тканях более высокое осмотическое давление обусловлено содержанием в клетках растворов органических и неорганических веществ, которые избирательно диффундируют через полупроницаемую клеточную оболочку. В разрушенных тканях роль полупроницаемой оболочки выполняет структура каркаса белковых гелей, в ячейках которого удерживается вода. Кроме того, более высокое осмотическое давление и увеличение количества осмотически связанной воды возникают в результате концентрирования ионов электролитов вблизи полярных групп белка.

Осмотически связанная влага легко отделяется от мяса при разрушении клеточной или гелевой структуры, а также при погружении в раствор с более высоким осмотическим давлением, например, при посоле.

Количество осмотически связанной влаги влияет на упругие свойства тканей, консистенцию и сочность продуктов.

При производстве мясных продуктов дополнительно вводят воду (шприцевание, куттерование) с целью получения необходимой структуры, консистенции и повышения выхода.

Для ее удерживания применяют различные методы активации всех форм связи влаги – введение хлористого натрия, фосфатов, куттерование, массирование и др. Такая влага удерживается наиболее прочно.

Некоторая часть влаги может быть связана специальными связующими добавками, которые входят в состав рецептуры (белки, полисахариды). Оставшаяся свободная влага обычно легко удаляется в процессе термической обработки в виде бульона. Это, в основном, осмотическая влага и определенная часть капиллярной влаги.

При изготовлении колбас прочносвязанная влага должна составлять примерно 1/3 всей жидкости. Чем больше количество прочносвязанной влаги, тем меньше ее испарение. Так, при обжарке колбас потери за счет испарения влаги составляют 7–8 %. Вместе с тем, если прочносвязанной влаги более 1/3, то продукт получается чрезвычайно твердым. При сушке желательно, чтобы прочносвязанной влаги было меньше.

Для количественной и качественной характеристики состояния влаги в мясе и мясопродуктах используют такие понятия, как массовая доля влаги, влаго- и водосвязывающая способности.

Водосвязывающая способность (ВСС) – это количество влаги, которое может удержать материал за счет различных форм связи влаги, выраженное в процентах к исходной массе мяса.

Влагоудерживающая способность (ВУС) – это разность между содержанием влаги в фарше и количеством влаги, отделившейся в процессе термической обработки.

Активность воды. Активность воды является интегральной характеристикой форм связи влаги и ее свойств, а также показателем наличия той части биологически активной воды, которая может быть использована микроорганизмами для их жизнедеятельности.

Гелеобразующая способность. При взаимодействии белок–вода в результате проникновения воды в пространство между полипептидными цепями белка происходит увеличение объема белковой молекулы, т. е. ее набухание. Белки мяса, такие как миозин, актин, коллаген обладают ограниченным набуханием. Набухший белок можно считать раствором. В растворах белков при определенных условиях между белковыми молекулами возникают контакты и образуется трехмерная пространственная сетка *геля,* внутри которой находятся захваченные (иммобилизованные) молекулы воды. Объемная структура геля обусловливает структурообразование и форму пищевых, в том числе и мясных продуктов. Гели могут содержать до 99,9 % воды и в то же время проявлять свойства, характерные для твердого состояния, в частности обладать эластичностью и жесткостью, сохранять пространственное положение.

Гелеобразование белков широко используется в пищевой технологии. Оно имеет большое значение при выработке мясных продуктов на основе мышечной и соединительной тканей. Основная роль в процессе формирования структуры колбасных изделий, рубленых полуфабрикатов, фаршевых консервов принадлежит гелям, образованным миофибриллярными белками. Способность коллагена при нагреве переходить в воду, а при снижении температуры образовывать гели (студни) применяется в производстве зельцев, студней, паштетов, ливерных колбас, в кулинарии в приготовлении заливных блюд.

Факторы, влияющие на гелеобразующую способность белков:

- вид белка, его концентрация;
- pH среды;
- температура;
- наличие солей.

Гелеобразование пищевых систем можно осуществлять различными способами: нагревом или охлаждением жидкой системы (термотропные гели), изменением ионного состава системы (ионотропные гели), концентрированием жидких или дисперсных систем, содержащих гелеобразователь (лиотропные гели).

Термотропные гели, например, образуются при нагревании фарша вареных колбас или охлаждении растворов желатина. Процесс лиотропного гелеобразования лежит в основе получения сыровяленых колбас.

При формировании структуры гелей образуются различные типы связей: водородные с участием пептидных групп цепей, гидрофобные между углеводородными радикалами, электростатические между полярными группами и др. Поэтому индивидуальные особенности каждого вида белка (состав и последовательность в полипептидной цепи аминокислот, спирализация и пространственная укладка), а также внешние условия (pH, температура, присутствие ионов) определяют структуру геля и его прочность. Наибольшей гелеобразующей способностью из белков мышечной ткани обладает миозин, в меньшей степени – актин. Роль саркоплазматических белков в образовании геля миозина несущественна, напротив, содержащиеся в этой фракции ферменты (протеазы и фосфатазы), инактивируемые при температурах выше 60 °С, способствуют деградации структурообразующих белков и снижению прочности геля.

Фибриллярные белки благодаря своей нитевидной форме обладают более высокой способностью образовывать гели, чем глобулярные белки. Это их свойство широко используется при производстве мясопродуктов на основе коллагена.

Возникновение пространственной структуры геля происходит при определенной концентрации макромолекул белка. Минимальная концентрация гелеобразователя, при которой образуется сетка геля, называется критической концентрацией гелеобразователя (ККГ). ККГ является важной характеристикой гелеобразующих веществ. С повышением концентрации белка скорость гелеобразования возрастает вследствие увеличения числа контактов межмолекулярных связей. Специфичность влияния pH на механизм структурообразования выражается в том, что одни гелеобразователи, как например желатин, перехо-

дят в состояние геля в широком диапазоне pH, а другие – только при определенных его значениях. Так, водные растворы яичного альбумина образуют гель в кислых (ниже 3) и щелочных (выше 10) областях pH.

Чрезвычайно важное значение в технологической практике имеют свойства гелей – тиксотропия, набухание, синерезис.

Тиксотропия гелей – это способность обратимо переходить в жидкое состояние при механической нагрузке и вновь восстанавливать твердообразные свойства. Тиксотропными свойствами обладают мясные фарши, котлетные массы, паштеты. Выдержка мясных изделий после формования (осадка) производится с целью восстановления разрушенных связей геля. Следует отметить, что концентрированные гели обычно имеют структуры, не обладающие тиксотропией.

Для мясных продуктов, подвергаемых варке, важное значение имеет набухание гелей. Чрезмерно высокая степень набухания может привести к разрыву оболочек и разрушению гелей при производстве сосисок и колбас.

Синерезис гелей, т. е. отделение дисперсной среды, является процессом, обратным набуханию. Он обусловлен протеканием процессов структурообразования с уплотнением сетки геля в результате снижения водоудерживающей способности системы. Это явление крайне нежелательно для мясных систем, так как приводит к сморщиванию колбасных оболочек, отделению водной фазы из мясных изделий (бульонно-жировые отеки), выделению жидкости на поверхности студней. Синерезис приводит к снижению выхода и потере товарного вида изделий.

Эмульгирующая способность. Эмульгирование лежит в основе технологических процессов колбасного производства. Под эмульсией понимают дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой и жидкой дисперсной фазой, диспергированные в коллоидном состоянии. Мясную эмульсию получают в результате интенсивного механического измельчения тканей. Дисперсную фазу в такой системе образуют жировые частицы различных размеров, гидратированные белковые молекулы, а дисперсионную среду – раствор белков и низкомолекулярных веществ.

Сырой колбасный фарш представляет собой эмульсию жира в воде, в которой белок и вода образуют матрицу, окружающую жир.

Способность жиров образовывать эмульсию зависит от природы жира, температуры его плавления, степени измельчения и наличия эмульгаторов.

Свиной жир эмульгируется лучше говяжьего, так как легче измельчается и плавится при более низких температурах. Температура среды играет роль важного эмульгирующего фактора при образовании водно-жировых дисперсионных систем.

Повышение температуры до уровня, который обеспечивает уменьшение величины поверхностного натяжения на границе раздела фаз «жир–вода» до нуля, дает возможность получить взаимное перемешивание жидкостей и образование эмульсий.

Эмульсия может быть стойкой только при наличии веществ-эмульгаторов, которые, адсорбируясь на поверхности капель жира, препятствуют их сли-

панию. В мясных системах такими эмульгаторами с выявленной поверхностной активностью являются природные составные части жиров – лецитин, холестерин, моноглицериды, а также солерастворимые белки мышечной ткани.
Взаимодействие жир–белок–вода осуществляется благодаря наличию большого количества гидрофильных и гидрофобных групп в белках. Гидрофобные группы образуют на внешней поверхности капелек жира прочный адсорбционный слой, который играет роль барьера, препятствующего коалесценции жира. Гидрофильные группировки ориентируются к воде (рисунок 3.8).

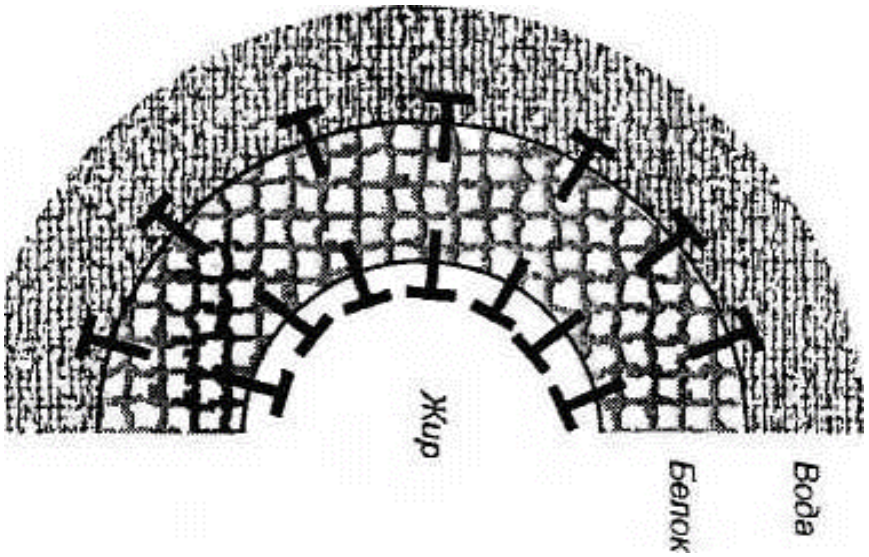


Рисунок 3.8 – Схематическое изображение мясной эмульсии

Пленки белков являются, по сути, белковыми гелями и одновременно эмульгаторами. Эластические и механические свойства этого слоя определяют стабильность эмульсии и, как следствие, качество мясных изделий. Таким образом, белок играет важную структурную роль в процессе получения эмульсий.

На эмульгирующие свойства белка оказывают влияние его вид, концентрация, растворимость и гидрофобность, а также, величина pH и ионная сила раствора.

Белки мяса отличаются своими эмульгирующими свойствами, причем миозин имеет наибольшую эмульгирующую способность (Миозин> актомиозип> саркоплазматические белки>актин). Максимальная эмульгирующая емкость миофибриллярных белков проявляется при pH 6~8, а саркоплазматических – при pH 5,2. Увеличение ионной силы за счет введения поваренной соли способствует росту эмульгирующей емкости саркоплазматических белков при указанном pH, миофибриллярных – в интервале pH 5~6.

Поскольку эмульгирующая способность белка ограничена, важное значение для стабильности эмульсии имеет соотношение в системе солерастворимых белков и жира. Оптимальным считается соотношение белок: жир: вода, равное 1 : 0,8 : (3–5).

Уменьшение содержания солерастворимых белков в системе или чрезмерное введение жира нарушает стабильность эмульсии из-за дефицита гидрофобных группировок, взаимодействующих с жировыми каплями.

При избыточном содержании солерастворимых белков образуются стойкие эмульсии, однако органолептические показатели ухудшаются из-за повышенной сухости и жесткости продукта.

Указанные обстоятельства необходимо учитывать при куттеровании фарша, так как продолжительность процесса и степень измельчения мышечных и жировых тканей предопределяют уровень стабильности мясных эмульсий.

Свойства эмульсий оценивают по таким показателям, как стабильность, эмульгирующая активность белка, флотационная устойчивость и др.

При оценке эмульсионных свойств белков и полисахаридов различают понятие «эмульгаторы» и «стабилизаторы». К первым относят вещества, способствующие процессу образования эмульсий, ко вторым – стабилизирующие полученные эмульсии. Некоторые белки обладают свойствами как эмульгаторов, так и стабилизаторов, что наиболее предпочтительно при производстве пищевых эмульсий.

Прочность удержания жира в мясной эмульсии характеризуется жироудерживающей способностью.

Жироудерживающая способность фарша определяется как разность между содержанием жира в фарше и количеством жира, отделившемся в процессе термической обработки.

Следует отметить, что жироудерживающая способность мясной системы повышается с ростом количества коллагена. Жироудерживающие свойства соединительнотканного белка более высокие, чем у мышечных белков, что объясняется прежде всего тем, что белковый каркас коллагена значительно набухает в процессе термической обработки и способен удерживать в своих ячейках жир. Миофибриллярные белки, эмульгирующие жир более лабильны. Для повышения эмульгирующей способности и, как следствие, количества связанного жира в фарше, используют белковые препараты с эмульгирующими свойствами и устойчивые при тепловой обработке.

Структура и механические свойства. Мясо и мясные продукты содержат значительное количество воды, но благодаря особому внутреннему строению и свойствам содержащихся в них компонентов обладают определенной формой и структурой. Придание изделиям в процессе производства заданной формы и структуры – одна из задач технологии мясных продуктов.

Структура, или внутреннее строение пищевых продуктов, есть взаиморасположение их составных частей и связь между ними. У мясопродуктов различают два уровня организации структуры: макроструктуру и микроструктуру. Макроструктура, видимая невооруженным глазом, дает представление о физическом состоянии и расположении тканей мяса. Микроструктура, определяемая при помощи оптического микроскопа, характеризует взаимосвязь основных компонентов мяса – белков, липидов и воды. Животные ткани и вырабатываемые из них изделия представляют собой сложные типы дисперсионных систем клеточного (неразрушенные волокна), неклеточного (фарши) строения и структурированные жидкости (кровь, бульон). Свойства дисперсионных систем зависят от соотношения фазы, содержащей белки, жиры, обрывки тканей и дис-

персионной среды, характера взаимоотношений дисперсионных частиц друг с другом и со средой, состава среды.

В зависимости от характера и прочности связи между дисперсными частицами по классической систематизации структур пищевых продуктов Ребиндера различают коагуляционные и конденсационно-кристаллизационные структуры.

Коагуляционные структуры образуются в результате коагуляционного взаимодействия дисперсных частиц через дисперсионную среду, образуя каркас. Эти структуры обладают малой прочностью вследствие наличия тонких устойчивых прослоек жидкой среды в участках сцепления элементов коагуляционной сетки, препятствующей сближению частиц. Характерной особенностью этих структур является способность к восстановлению после разрушения, т. е. тиксотропия. Коагуляционной структурой обладают сырые колбасные фарши, фарши ливерных колбас.

Конденсационно-кристаллизационные структуры образуются вследствие непосредственного фазового контакта; в них отсутствуют жидкие прослойки в узлах сцепления пространственной сетки. Такие структуры, к которым относятся животные ткани, мясные продукты с клеточным строением, готовые колбасные изделия, характеризуются прочностью, упругостью и необратимостью характера разрушения.

Классической систематизации структур пищевых продуктов Ребиндера сопутствуют и многочисленные другие, основанные на разных принципах классификации. Например, группы продуктов по структуре рассматривают в следующей классификации: жидкости (напитки, молоко), плотные жидкости (плодовые концентраты, бульоны), пластичные продукты (колбасные фарши, сливочное масло, творог), пластичные продукты гелевой структуры (желе, студни, зельцы), плотные продукты клеточной структуры (плоды, овощи), плотные продукты фибриллярной структуры (мясо, рыба). Эта классификация объединяет продукты как с нативной природной структурой (мясо, рыба, овощи, плоды), так и со структурированной в результате обработки (фарши, студни, желе).

Объективную оценку структуры сырья и готовых продуктов производят с помощью структурно-механических или реологических показателей.

Структурно-механические свойства проявляются при механическом воздействии на продукт и характеризуют сопротивляемость приложенным извне усилиям. Эти свойства классифицируют по характеру приложения усилий на сдвиговые (касательные напряжения), компрессионные (нормальные напряжения растяжения-сжатия) и поверхностные – при сдвиге или отрыве продукта от твердой поверхности. В процессе технологической обработки один и тот же продукт может переходить из одного реологического состояния в другое, часто противоположное по свойствам первому.

Каждая группа свойств характеризуется множеством показателей. К основным показателям сдвиговых реологических свойств относятся предельное напряжение сдвига (Q_o, Па), вязкость эффективная ($\eta_{эф.}$, Па·с) и пластическая (η, Па·с), период релаксации ($\tau_р$, с). С помощью этих параметров рассчитывают

течение продуктов в трубах, рабочих органах машин и аппаратов, по ним можно судить о качестве продукта и степени его обработки. Сдвиговые свойства дают возможность обосновать оптимальные условия ведения технологических процессов, их механизацию и автоматизацию.

К компрессионным или объемным свойствам относятся модуль упругости (Е, Па), период релаксации напряжений (τ_o, с) и относительная деформация (ε). Эти параметры необходимы для расчетов процессов формования, шприцевания, дозирования и течения по трубопроводам пластично-вязких продуктов. Объемные свойства используют и для оценки качества пластично-вязких (фарши) и упругоэластичных (колбасные изделия) свойств.

Поверхностные свойства – адгезия, когезия, коэффициент внешнего трения и другие свойства характеризуют усилия при взаимодействии между поверхностями контакта при нормальном отрыве или сдвиге. Эти характеристики необходимы для выбора и разработки новых видов материалов для аппаратов, тары, трубопроводов и другого оборудования, поверхности которых должны обладать малой адгезией и минимальным сопротивлением движению продукта.

3.4.2 Функционально-технологические свойства рыбного сырья

Водные биологические ресурсы имеют общие особенности, обусловленные водной и биологической природой их происхождения. Они разнообразны по видам и размерам, многокомпонентны по химическому составу, полифункциональны, неоднородны по морфологическому строению, имеют капиллярно-пористую коллоидную структуру, и под воздействием внешних факторов их структура и функционально-технологические свойства изменяются.

Общие функционально-технологические свойства рыбного сырья делят на следующие группы: физические, химические, теплофизические, а также лабильность к различным воздействиям (например, тепловому, микробиологическому, ферментативному и др.). Каждая группа включает большое число свойств.

Физические и химические свойства рыбного сырья как единой полидисперсной системы обусловлены свойствами его компонентов и их взаимодействием между собой. Любые изменения (механическая и тепловая обработка) составных частей сырья сопровождаются изменением его физических и биохимических свойств.

К физическим свойствам сырья относятся морфологические, структурно-механические характеристики, плотность, объемная или насыпная масса, центр тяжести, угол естественного откоса, угол скольжения, коэффициент трения и др.

Химические свойства определяются элементарным химическим составом тканей сырья.

Теплофизические характеристики отражают способность водного сырья передавать, поглощать или выделять теплоту, а также преобразовывать энергию полей теплового излучения и электромагнитных колебаний высокой частоты.

Основные величины, количественно выражающие теплофизические характеристики водного сырья: коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость.

К производным от основных теплофизических характеристик относятся: коэффициент температуропроводности, выражающий тепловую инерционность продукта; удельная энтальпия, численно равная теплоте, необходимой для нагревания 1 кг продукта до температуры Т.

Теплофизические характеристики являются основными параметрами, необходимыми для расчетов технологических процессов тепловой обработки рыбы и нерыбных объектов.

Структурно-механические свойства классифицируют по характеру приложения к продукту внешних усилий и вызываемым ими деформациям. Эти свойства подразделяют на: сдвиговые – проявляются при воздействии на продукт сдвиговых и касательных усилий; компрессионные – проявляются при воздействии нормальных напряжений в замкнутой форме, между двумя пластинами или при каком-либо другом способе растяжения-сжатия образца продукта, и поверхностные – характеризуют поведение поверхности продукта на границе раздела с другим твердым материалом при воздействии нормальных (адгезия или липкость) и касательных (внешнее трение) напряжений.

Лабильность – важное физическое свойство, характеризующее реакции рыбы и нерыбных объектов на различные воздействия (тепловые, микробиологические, ферментативные и др.).

Лабильность к тепловому воздействию (термолабильность) – это способность свойств объектов сырья необратимо изменяться в результате теплового воздействия. Тепловым называют такое воздействие на биологическое тело, в результате которого оно находится в нагретом (охлажденном) состоянии определенный промежуток времени, в течение которого происходят необратимые превращения его компонентов и изменения связанных с ним свойств. Тепловое воздействие характеризуется температурой и продолжительностью.

Свойства при тепловом воздействия изменяются в результате физико-химических и химических превращений со скоростью, зависящей от температуры нагревания (охлаждения) выше некоторого критического значения. Показателем термолабильности рассматриваемого свойства является максимальная температура, при которой данное свойство материала сохраняется стабильным неопределенно долго.

Микробиологическая лабильность – это способность свойств водных биоресурсов необратимо изменяться в результате микробиологического воздействия. Под микробиологическим воздействием понимают влияние микроорганизмов на биологическое тело в течение определенного промежутка времени, за который происходят необратимые превращения его частей, компонентов и изменения связанных с ним свойств. Кроме того, от жизнедеятельности микроорганизмов зависят физическое состояние, органолептические свойства гидробионтов и вид технологической переработки их компонентов. Другими словами, лабильность к микробиологическому воздействию определяется способностью биологического тела служить питательной средой для микроорганизмов.

Ферментативная лабильность – это способность свойств гидробионтов необратимо изменяться в результате ферментативного воздействия. Под ферментативным воздействием понимают влияние ферментов на биохимические процессы в биологическом теле в течение определенного промежутка времени, за который происходят необратимые превращения его частей, компонентов и изменения связанных с ним свойств.

Влияние ферментов выражается в катализирующем действии на непрерывные биохимические процессы, протекающие в живой клетке. Ферментативное воздействие характеризуется видом, активностью, специфичностью и избирательностью действия ферментов. Биохимическая активность большинства ферментов зависит от значений температуры, pH среды и др.

Влияние содержания влаги на ФТС рыбного сырья. Основным компонентом в составе гидробионтов и изготовленных на их основе продуктов является вода. Содержание и состояние влаги в продукте в значительной степени определяет его органолептические, структурно-механические свойства, а также безопасность при употреблении. Для оценки состояния воды как растворителя в мясе рыбы, степени связывания молекул воды молекулами растворенного вещества, а также показателя доступности воды для бактерий используют показатель активности воды a_w.

Активность воды, содержащейся в тканях свежей рыбы, выше 0,98, что способствует активному развитию бактерий и плесени. Уменьшая массовую долю воды в мясе до уровня, при котором a_w снижается примерно до 0,7, можно практически полностью остановить гнилостные и ферментативные микробиологические процессы. Предельное содержание массовой доли воды в мясе рыбы при этом составляет 12–14 %.

Для характеристики состояния воды в тканях рыбы широко используют **показатель влагоудерживающей способности (ВУС)**, который определяют, как количество клеточного сока, выделенного тканью при механическом воздействии на нее (прессованием или центрифугированием), и выражают в единицах объема или массы сока на 100 г ткани или в процентах.

Величина ВУС мяса рыбы колеблется в значительных пределах (10–25 %) и зависит от вида рыбы, степени ее свежести, температуры хранения, мест и глубины обитания и других факторов.

Количество выделяющегося тканью сока позволяет косвенно судить о различных изменениях в ней (гистологических, денатурационных), а также о проницаемости мембран мышечного волокна, степени сокращения мускулатуры, механическом воздействии на рыбу или ее отдельные ткани. Влагоудерживающая способность мяса рыбы играет важную роль во многих технологических процессах.

Для характеристики таких функционально-технологических свойств, как плотность мышечной ткани и водоудерживающая способность (ВУС), используют **белково-водный коэффициент (БВК)**. У рыб, содержащих в мышечной ткани менее 10 % азотистых веществ (низкобелковые рыбы), БВК колеблется от 0,072 до 0,084; содержащих от 10 до 15 % (среднебелковые рыбы) – от 0,130 до 0,180: более 15 до 20 % (белковые рыбы) – от 0,241 до 0,261 и более 20 %

(высокобелковые рыбы) – от 0,264 до 0,374. Чем выше БВК, тем больше плотность мышечной ткани и выше её ВУС.

ФТС рыбных фаршей. Наиболее важными показателями ФТС рыбного сырья в виде фаршей являются водосвязывающая и водоудерживающая способности, жиросвязывающие, эмульгирующие, структурообразующие и реологические свойства (вязкость, пластичность, упругость, сдвиг и т. д.).

Данные свойства определяются химическим составом рыбного сырья, биохимическими характеристиками, а также рядом критериальных показателей − белковым коэффициентом (Кб), представляющим отношение содержания азота солерастворимой фракции белка к азоту водорастворимой фракции, коэффициентом обводнения (Ко) − отношение количества воды к общему содержанию водо- и солерастворимых белков и др.

3.4.3 Функционально-технологические свойства молока

Технологические свойства молока зависят не только от его состава, но в большей степени от биологических и химических показателей: биохимических – бактерицидная активность, кислотность (титруемая и активная) и физико-механических (температура, плотность, СОМО, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость, теплопроводность, электропроводность, осмотическое давление).

К технологическим свойствам молочного сырья относятся термоустойчивость и сычужная свертываемость.

Термоустойчивость – способность молока выдерживать нагревание при высоких температурах без видимой коагуляции белков. Основными показателями устойчивости белковых молекул в растворе являются поверхностный заряд и степень гидрофильности частиц. Следовательно, факторы, уменьшающие отрицательный заряд казеиновых мицелл и степень их гидратации, будут снижать термоустойчивость молока. К ним относят количественные и качественные изменения химического состава молока, и в первую очередь фракционного состава казеина, степень денатурации сывороточных белков, солевой состав и pH молока. Колебания состава молока зависят от времени года, стадии лактации, породы коровы, рационов кормления и т. д. На термоустойчивость молока влияет также содержание ионов кальция и магния. Повышение кислотности приводит к снижению термоустойчивости, так как в результате уменьшается заряд белковых частиц и часть коллоидных солей кальция переходит в растворимое состояние. Это приводит к агрегации казеиновых частиц и их коагуляции при нагревании. Термоустойчивость молока контролируют при производстве стерилизованных продуктов, молочных консервов, продуктов детского питания.

Одним из свойств белков, которое очень важно при переработке молока, является их способность к коагуляции – укрупнению частиц с последующим выпадением в виде хлопьевидного осадка. При переработке молока применяют следующие виды коагуляции белков: кислотную (с помощью кислот), сычужную (под действием сычужного фермента), кальциевую (с помощью хлорида кальция), а также кислотно-сычужную. Кислотную коагуляцию используют при производстве кисломолочных продуктов, кислотного пищевого и технического

казеина; кислотно-сычужную и сычужную – в производстве сыров, творога и казеина; кальциевую – для осаждения белков из обезжиренного молока.

Под сычужной свертываемостью молока (или его сыропригодностью) понимают способность его белков коагулировать под действием внесенного сычужного фермента с образованием относительно плотного сгустка. Продолжительность сычужной свертываемости заготовляемого молока колеблется в широких пределах. Так, при стандартных условиях проведения сычужной пробы продолжительность свертывания может составлять 15–35 мин. Иногда молоко очень медленно свертывается под действием сычужного фермента (в течение 40–60 мин) или вовсе не свертывается. Такое молоко называют сычужно-вялым.

Способность молока к сычужной свертываемости определяется в первую очередь содержанием в нем казеина (при этом весьма важен генотип казеина), а также количеством солей кальция (ионов кальция) – чем оно больше, тем выше скорость свертывания молока и плотность образующихся белковых сгустков и наоборот. Данные показатели химического состава молока учитывают при оценке его сыропригодности.

Причины плохой свертываемости молока, которую не всегда удается исправить путем добавления хлорида кальция, до сих пор не выяснены. По-видимому, происходят глубокие изменения компонентов молока, главным образом состава и структуры белков и солей, вследствие несоблюдения рационов кормления животных, а также их заболевания и нарушения правил получения и хранения молока. Использование сычужно-вялого молока при выработке сыра и творога приводит к образованию непрочного сгустка, имеющего низкие структурно-механические и синергетические свойства, а готовые продукты характеризуются невысоким качеством.

Вопросы для самопроверки:

1. Что относится к функционально-технологическим свойствам мясного сырья?
2. От чего зависит влагоудерживающая способность рыбного фарша?
3. Дайте определение понятию «термоустойчивость» молока.

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Технологические процессы любого производства должны осуществляться с учётом получения продукции, способной сохраняться более длительное время. Порча пищевых продуктов происходит под влиянием различных факторов:

1) под действием кислорода воздуха и солнечных лучей;

2) вследствие чрезмерно низкой или очень высокой влажности воздуха;

3) вследствие биохимических процессов (деятельность тканевых ферментов);

4) воздействие микроорганизмов.

Для увеличения сроков хранения пищевых продуктов их подвергают специальной обработке – **консервированию.**

Первыми методами консервирования стали естественные процессы: посол, копчение, сушка, брожение и др. В 1810 г. французский кулинар Аппер опубликовал книгу о консервировании пищевых продуктов с помощью тепла (стерилизованные продукты).

Все методы консервирования по своей научной основе могут быть подразделены на следующие группы:

Физические методы консервирования. В основе физических методов консервирования лежат физические явления.

Применение низких температур используется для охлаждения и замораживания продуктов. Охлаждение значительно замедляет все микробиологические и биохимические процессы. Положительная особенность охлаждения – почти полное сохранение первоначальных полезных свойств продукта. Недостаток этого метода – ограничение срока хранения, поэтому чаще применяют замораживание. В замороженных продуктах ферменты сырья неактивны, микроорганизмы погибают, переходят в споровое состояние и перестают развиваться.

Применение высоких температур. Основой данного метода консервирования является малая устойчивость микроорганизмов и ферментов к нагреванию. Основные виды тепловой обработки: стерилизация и пастеризация.

Применение лучистой энергии близко к термической обработке пищевых продуктов. К этим способам относится обработка продукта ультрафиолетовыми лучами, токами высокой частоты (10^9,10^{10} Гц). Ультрафиолетовые лучи используются для обеззараживания складских помещений и стерилизации поверхности мясных туш и колбасных изделий. Стерилизующими свойствами обладают также рентгеновские лучи (10^{17}–10^{19} Гц) и Y-лучи радиоактивных изотопов (10^{20} Гц и выше), однако вышеперечисленные методы являются дорогостоящими.

Применение ультразвука (20 кГц). Ультразвук способен вызывать изменения веществ, инактивировать ферменты, мгновенно разрушать клетки микроорганизмов. Метод эффективен, широко используется в молочной промышленности.

Химические и биохимические методы консервирования. Эти методы связаны с изменением состава продуктов в результате добавления к ним каких-либо консервирующих веществ или же образования этих веществ в результате биохимических процессов, протекающих под действием ферментов, выделяемых некоторыми видами микроорганизмов.

Добавление пищевых кислот создаёт pH среды, неблагоприятную для размножения микроорганизмов. Консервирование молочной кислотой основано на молочнокислом брожении. Накопление 0,7–1,5 % молочной кислоты препятствует развитию гнилостных микроорганизмов и способствует сохранению продуктов.

Добавление уксусной кислоты в количестве 1,2 % в виде маринадов замедляет развитие патогенных микроорганизмов и способствует удлинению сроков хранения продуктов.

Хранение продуктов в газовой среде, с повышенным содержанием углекислого газа. Наличие углекислого газа в атмосфере в количестве 20–30 % замедляет, а 50–80 % – приостанавливает развитие микроорганизмов.

Химические и биохимические явления служат одним из факторов сохранности копчёных изделий. Копчению подвергаются мясо и рыбопродукты. Дымовые вещества действуют отрицательно на микроорганизмы. Сейчас используются жидкие коптильные растворы, антисептические вещества из жидкостей и газов: смолы, фенол, крезол, формальдегид. Сохранность продуктов при копчении обеспечивается за счёт таких факторов, как: частичное обезвоживание; образование антисептических веществ; высокая температура (горячее копчение); присутствие поваренной соли.

Внесение консервантов. Бензойная, сорбиновая кислоты и их соли используются при консервировании пищевых продуктов животного и растительного происхождения. Очень активным консервантом также является сорбиновая кислота, которая широко используется при производстве кондитерских и плодоовощных изделий, соленых рыбных продуктов и др.

Консервирование этиловым спиртом. При концентрации этилового спирта 10–20 % развитие микроорганизмов значительно замедляется, а свыше 20 % – прекращается.

Физико-химические методы консервирования. Эти методы консервирования пищевых продуктов связаны с комбинированным воздействием физических и химических факторов.

4.1 Принципы консервирования пищевых продуктов по Я. Я. Никитинскому

Способы хранения (консервирования) пищевых продуктов, применяемые на практике, основаны на частичном или полном подавлении протекающих в них биологических и биохимических процессов (уменьшение активности ферментной системы продукта или полной ее инактивации, а также развития микроорганизмов). Исходя из этого положения, профессор Я. Я. Никитинский систематизировал способы консервирования, выделив четыре принципа: биоз, анабиоз, ценоанабиоз и абиоз.

1. Принцип биоза. Само название («био» – жизнь) говорит о том, что продукты сохраняются в живом состоянии, с присущим им обменом веществ, без всякого подавления процессов жизнедеятельности.

Биоз – поддержание жизненных процессов в продуктах с использованием для этой цели защитных свойств любого нормально функционирующего здорового организма (в том числе и растительного), обладающего иммунитетом – способностью противостоять воздействию патогенной микрофлоры и неблагоприятных условий внешней среды.

Принцип применяют при хранении плодов и овощей, транспортировании и реализации живой рыбы, содержании скота, птицы в предубойном состоянии.

Принцип биоза подразделяется на два вида: эубиоз и гемибиоз.

Эубиоз – это истинный, или полный биоз, т. е. сохранение продукции до использования непосредственно в живом виде.

Гемибиоз – частичный биоз, или полубиоз. Это хранение плодов и овощей сразу же после уборки в свежем виде в течение определенного периода времени в естественных условиях, но не в специальных хранилищах.

2. Принцип анабиоза. Это принцип «скрытой» жизни, приведение продукта в состояние, при котором резко замедляются или совсем не проявляются биологические и биохимические процессы. В таких продуктах крайне слабо протекает обмен веществ в клетках, приостановлена активная деятельность микроорганизмов и ферментной системы. Однако при возникновении благоприятных условий активизируются все процессы жизнедеятельности. Поэтому анабиоз и называют принципом скрытой жизни. В зависимости от факторов воздействия принцип анабиоза подразделяется на следующие виды:

а) Термоанабиоз – хранение продуктов при пониженных и низких температурах, которые замедляют процессы обмена веществ в тканях, снижают активность ферментов, приостанавливают развитие микроорганизмов. Чем ниже температура, тем эффективнее замедляются микробиологические и биохимические процессы. Чаще всего применяют холодильники с искусственным охлаждением. Различают два вида термоанабиоза: психроанабиоз и криоанабиоз:

- **психроанабиоз** – хранение продукции в охлажденном состоянии, при пониженных температурах, близких к 0 ^{0}С (охлаждение);

- **криоанабиоз** – хранение продуктов в замороженном состоянии при низких отрицательных температурах. При замораживании происходит кристаллизация влаги и клеточного сока в тканях продуктов, приостанавливаются биохимические, микробиологические и ферментативные процессы, за счет чего обеспечивается сохранность продуктов в течение длительного периода времени.

б) Ксероанабиоз – хранение продуктов в сухом, или обезвоженном состоянии. Частичное или полное обезвоживание продукта приводит практически к полному прекращению биохимических процессов, происходящих в нем, а также влияет на способность микроорганизмов развиваться. Применяются различные способы сушки: воздушно-солнечная, тепловая, химическая и др.

в) Осмоанабиоз – создание повышенного осмотического давления в тканях продуктов. При этом в клетках микроорганизмов нарушается состояние тургора, происходит осмос воды и, как следствие, их плазмолиз. Повышение

осмотического давления в продукте достигается введением поваренной соли или сахара. На принципе осмоанабиоза основан такой способ консервирования сырья животного происхождения, как посол (8–12 % соли от массы продукта), а также консервирование фруктов и ягод за счет добавления сахара (производство варенья, джемов и повидла).

г) Ацидоанабиоз – консервирование пищевых продуктов за счет повышении кислотности среды. Достигается введением в состав продуктов питания пищевых кислот: уксусной (маринование), лимонной, аскорбиновой и др.. Консервирующий эффект достигается за счет уменьшения pH среды в продукте, при которой ряд микроорганизмов (в том числе патогенных) перестают развиваться.

д) Аноксианабиоз хранение продуктов без доступа воздуха, создание бескислородной среды. Отсутствие кислорода исключает возможность развития аэробных микроорганизмов (прежде всего, плесневых грибов). Дыхание клеток самого продукта (растительное сырье) резко замедляется и приобретает анаэробный характер.

ж) Химоанабиоз – консервирование обеспечивается за счет использования антисептиков (консервантов). При переработке сырья животного происхождения используются такие консерванты, как сорбиновая, бензойная, салициловая кислоты, а также их соли.

3. Принцип ценоанабиоза. Основан на создании анабиотических условий с помощью определенных групп микроорганизмов, для которых создаются благоприятные условия. Полезная микрофлора вырабатывает консервирующие вещества, которые препятствуют развитию нежелательной (патогенной) микрофлоры, вызывающей порчу продуктов. На этом принципе основано микробиологическое консервирование. Для усиления определенной направленности микробиологических процессов в продукт могут вводить чистую культуру полезных микробов. В практике используют два вида ценоанабиоза, основанных на применении двух групп микроорганизмов.

Ацидоценоанабиоз – повышение кислотности среды в результате развития молочнокислых бактерий, которые в анаэробных условиях вырабатывают молочную кислоту. При концентрации молочной кислоты более 0,5 % тормозится деятельность патогенных микроорганизмов. На этом принципе основано приготовление кисломолочных продуктов.

Алкоголеценоанабиоз – консервирование продукта спиртом, выделенным микроорганизмами в процессе спиртового брожения. Этот принцип используется в виноделии при приготовлении сухих столовых вин, содержащих 9–13 % спирта, путем сбраживания виноградных и плодовых соков.

4. Принцип абиоза. Предусматривает отсутствие живых начал в продуктах, хранение их в неживом состоянии. При этом либо весь продукт превращается в безжизненную и стерильную органическую массу, либо в нем (или на его поверхности) уничтожаются определенные группы микроорганизмов, вызывающих порчу. Абиоз также имеет несколько видов.

Термоабиоз (термостерилизация) – обработка продуктов высокими температурами (нагрев их до 100 ^{o}C и выше). При этом большая часть микроор-

ганизмов погибает. Для разных видов продуктов необходимо различное температурное воздействие. Наиболее распространенный способ термостерилизации – консервирование продуктов в герметически укупоренной таре при температуре выше 100 ^{o}C.

Лучевая (фото) стерилизация – подавление развития микроорганизмов за счет воздействия ультрафиолетовыми, инфракрасными, рентгеновскими лучами, и излучением в определенных дозах (радиация). Однако данный способ не получил широкого распространения в нашей стране из-за технической сложности.

4.2 Роль воды при технологической обработке пищевых продуктов

Вода – важный компонент пищевых продуктов. Она присутствует как диспергирующая среда и растворитель, обусловливает консистенцию и структуру, влияет на внешний вид и вкус, усвояемость и устойчивость продуктов при хранении. Поэтому понимание ее свойств и поведения в пищевых продуктах чрезвычайно важно.

Вода поддерживает химические реакции, является прямым участником гидролитических процессов, поэтому ее удаление из пищевых продуктов или связывание за счет увеличения содержания соли или сахара тормозит многие реакции и ингибирует рост микроорганизмов. Это позволяет увеличить продолжительность хранения многих пищевых продуктов. Благодаря физическому взаимодействию с белками, полисахаридами, липидами и солями, вода оказывает значительное влияние на текстуру пищи.

Вода входит в минеральную составляющую пищевого сырья. Содержание влаги в пищевых продуктах варьируется в широких пределах (таблица 4.1).

Таблица 4.1– Содержание влаги в пищевых продуктах

Продукт	Массовая доля влаги, %	Продукт	Массовая доля влаги, %
Мясо	65–75	Кофе, зерна	5
Молоко	87	(обжаренный)	
		Сухое молоко	4
Фрукты, овощи	70–95		
		Пиво, соки	87–90
Хлеб	35	Сыр	37
Мед	20	Джем	28
Масло, маргарин	16–18	Сахар	0,15
Мука	12–14	Соль	3

Вид и форма связи влаги с продуктом определяет технологические показатели продукта и его реологические свойства. В настоящее время предложено несколько классификаций форм связи воды в материалах.

По классификации академика П. А. Ребиндера (в основу классификации положено количество энергии, которое необходимо затратить, чтобы испарить из материала воду той или иной формы), выделяют три основные формы связи:

1) химическую, которая обусловлена ионными или молекулярными взаимодействиями в точных количественных соотношениях. Химически связанная вода имеет очень прочную связь и не удаляется при высушивании, она входит в состав молекул. Ее можно удалить только в результате реакций, сопровождающихся выделением воды (меланоидинообразование, карамелизация и др.);

2) физико-химическую, обусловленную адсорбцией влаги в гидратных оболочках или осмотическим удерживанием в клетках в нестрого определенных соотношениях. Физико-химически связанная вода подразделяется на воду, связанную моно- и полимолекулярной адсорбцией.

Осмотическая связь воды обусловлена тем, что давление пара над раствором ниже, чем над растворителем (свободной водой). Осмотически удерживаемая вода диффундирует в виде жидкости через полупроницаемые мембраны живых клеток вследствие разности концентраций внутри и вне клетки. К осмотически связанной воде относят и воду набухания, и структурную воду, удерживаемую при формировании гелей.

Ее удаляют из материала испарением, десорбцией (адсорбционная) или за счет разности концентраций (осмотическая);

3) физико-механическую, обусловленную удержанием влаги в ячейках структуры (иммобилизационная), в микро- и макрокапиллярах и прилипанием ее к поверхности тела (смачивание) в неопределенных соотношениях. Влагу удаляют из материала испарением или механическими способами (отжатием, центрифугированием и т. д.). Основная масса воды находится в свободном состоянии и не меняет своих свойств.

Данная классификация была существенно дополнена и расширена Е. Д. Козаковым с учетом роли воды в биологических и биохимических процессах. Таким образом, вода в материале или продукте может находиться в свободном и связанном состоянии.

Свободная вода по своим свойствам приближается к обычной воде. Она легко удаляется из материала или продукта при высушивании, отжимании, прессовании, замерзает при температуре около 0 °С.

Связанная влага прочно связана с различными компонентами – белками, липидами, углеводами за счет химических и физических взаимодействий.

Свободная и связанная влага резко различаются по своим свойствам. Так, определенная доля связанной влаги не замерзает даже при минус 60 ^{0}С. С увеличением влажности появляется свободная влага и усиливаются биохимические процессы.

Некоторые пищевые продукты и материалы хорошо поглощают из окружающей среды или выделяют пары воды и летучие вещества. Этот процесс называется **сорбцией.** Частные случаи: **адсорбция** – поглощение веществ из растворов или газов поверхностью твердого тела; **абсорбция** – поглощение веществ из смеси газов жидкостью во всем объеме; **десорбция** – обратный процесс перехода веществ из поверхностного слоя в окружающую среду.

Часто различные пищевые продукты с одинаковой влажностью ведут себя при хранении по-разному. Имеет значение, насколько вода ассоциирована с неводными компонентами. Чем она сильнее связана, тем меньше способна под-

держивать гидролитические химические реакции и рост микроорганизмов (рисунок 4.1).

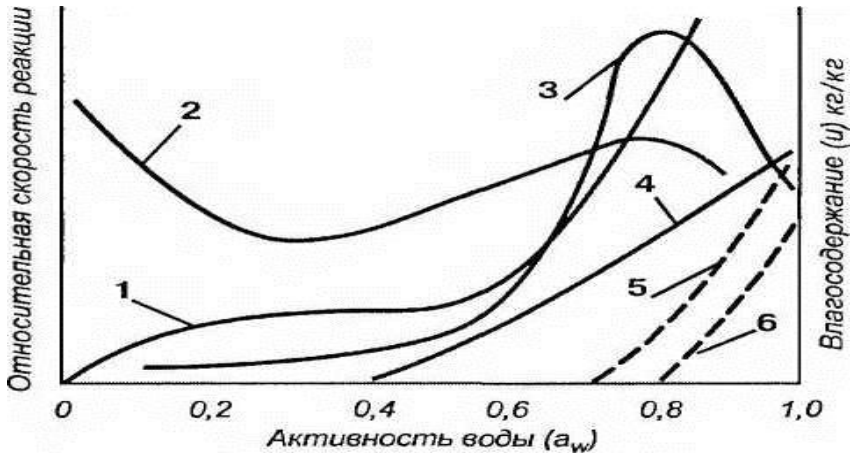


Рисунок 4.1 – Влияние активности воды a_w на интенсивность процессов, вызывающих порчу продуктов: 1 – изотерма сорбции; 2 – окислительные процессы; 3 – процессы неферментативного покоричневения; 4 – процессы ферментативного покоричневения; 5 – развитие плесеней; 6 – развитие бактерий

Для оценки степени участия воды в различных химических, биохимических и микробиологических реакциях широко применяют показатель активность воды a_w. Понятие «активность воды» (a_w) ввели в конце пятидесятых годов В. И. Скотт и Х. Салвин для установления взаимосвязи между состоянием слабосвязанной влаги в продукте и возможностью развития в нем микроорганизмов. Из различных методов определения активности воды эталонным является манометрический, который заключается в измерении давления водяного пара.

Активность воды определяют как отношение парциального давления водяного пара над поверхностью продукта к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре по формуле (4.1):

$$a_w = P / P_o = РОВ / 100, \quad (4.1)$$

где P – парциальное давление; P_o – давление насыщенного водяного пара; РОВ – равновесная относительная влажность.

Показатель «активность воды» определяет микробиологическую ситуацию, характер и направление массовлагообмена, интенсивность биологических, физико-химических и химических процессов, происходящих в пищевых продуктах, и тем самым характеризует их качество, стабильность и безопасность. Принято считать, что активность дистиллированной воды равняется 1, а абсолютно сухого вещества – 0. Снижению способствует добавление веществ, усиливающих связь влаги в пищевом продукте – соли, сахара, белковых препаратов и пр. (таблица 4.2).

Для большого числа бактерий, плесеней, дрожжей установили значения активности воды, ниже которых они не развиваются.

Например (в обобщенном виде), развитие бактерий прекращается при $a_w < 0,9$, плесеней $a_w < 0,7$, дрожжей $a_w < 0,6$.

Таблица 4.2 – Активность воды в пищевых продуктах

Продукт	Влажность, %	Активность воды, $a_№$
Фрукты	95–99	0,97
Яйца	70–80	0,97
Мясо	60–70	0,97
Сыр	40	0,96
Джем	30–35	0,82–0,94
Хлеб	40–50	0,95
Кекс	20–28	0,83
Мука	16–19	0,8
Мед	10–15	0,75
Карамель	7–8	0,65
Печенье	6–9	0,6
Шоколад	5–7	0,4
Сахар	0–0,15	0,1

Для каждого вида микроорганизмов существуют максимальное, минимальное и оптимальное значения активности воды. Отклонения значения a_w от оптимального приводит к торможению процессов жизнедеятельности микроорганизмов. При достижении максимальной или минимальной величины a_w жизнедеятельность прекращается, но клетки еще не гибнут.

Активность воды имеет важное значение для сохранности пищевых продуктов. Она не только влияет на развитие микроорганизмов, но и на скорость физико-химических процессов при хранении.

Уменьшение активности воды замедляет все типы реакций порчи и рост микроорганизмов до тех пор, пока на определенном уровне все реакции останавливаются, кроме химического окисления липидов, для которого благоприятно и дальнейшее понижение активности воды.

Традиционные методы консервирования продуктов (посол, замораживание, сушка, копчение и др.) основаны на снижении показателя a_w.

Учитывая важность и большую информативность показателя a_w, он включен в систему стандартов 150 9000, а также используется при анализе рисков по критическим контрольным точкам (НАССР). В странах Евросоюза его определение наряду с показателями «массовая доля влаги» (W) и «концентрация водородных ионов» (pH) является обязательным при экспертизе ряда продуктов, а в ряде стран определение a_w включено в инструкцию по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов.

Вопросы для самопроверки:

1. Характеристика воды как основного и важного компонента сырья и готового продукта, материала в технологии.
2. Вид и форма связи влаги с продуктом.
3. Понятие «активность воды».
4. Влияние технологической обработки на изменение показателя «активность воды».

5. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

5.1 Холодильная технология как один из наиболее эффективных методов консервирования пищевых продуктов

Применение холодильной обработки при хранении пищевых продуктов является наиболее распространенным и наиболее эффективным методом консервирования, позволяющим значительно замедлить порчу и увеличить длительность их хранения.

В основном порча пищевых продуктов животного происхождения происходит под действием ферментных систем непосредственно самого продукта и микроорганизмов. Гниение, прокисание, брожение являются микробиологическими процессами. Мясо, рыба, молоко и продукты из них содержат белки и углеводы, которые являются отличной питательной средой для микробов. Попадая на пищевые продукты, они начинают быстро размножаться и потребляют пищевые вещества. В процессе размножения и питания микроорганизмы разлагают ценные вещества животного и растительного сырья с образованием спирта, кислот, а также ряда дурно пахнущих и ядовитых соединений, делая продукты непригодными для употребления в пищу.

Параллельно микробиологической порче при хранении пищевых продуктов происходят автолитические изменения, связанные с действием ферментных систем самих продуктов.

При понижении температуры продукта сильно замедляется активность его ферментных систем и микроорганизмов, поэтому становится возможным значительное удлинение срока хранения пищевых продуктов без изменения их первоначальных качественных характеристик.

В зависимости от условий холодильной обработки и температуры пищевой продукт, может быть охлажденным (от 4 до минус 1 ^{0}С), подмороженным (от минус 2 до минус 3 ^{0}С) и замороженным (не выше минус 8 ^{0}С). При охлаждении температура в толще продукта понижается до температуры, близкой к криоскопической точке, но не ниже ее. При замораживании температура в толще продукта значительно ниже криоскопичеких температур тканевого (мышечного) сока, когда большая часть его воды превращается в лед.

Криоскопическая точка – температура начала образования кристаллов льда в мышечном соке продукта, зависящая от концентрации растворенных в соке веществ.

Консервирование продовольственного сырья и пищевых продуктов холодом – наиболее распространенный вид обработки пищевого сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Так, например, в общем объеме продукции, вырабатываемой рыбной промышленностью, мороженая составляет более 70 %.

Широкое применение холода пищевой промышленности связано с рядом преимуществ, свойственных этому виду обработки, а именно:

- обеспечивается возможность быстрого консервирования больших количеств единовременно поступающего и скоропортящегося сырья;

- обеспечивается возможность максимального сохранения природных (натуральных) свойств при длительном времени хранения для последующей переработки в любые виды пищевых продуктов (кулинарные, копченые, соленые и т. д.);

- обеспечивается наиболее высокий выход готовой продукции (потери массы составляют 0,5–3,0 %);

- обеспечивается возможность консервирования всех видов сырья и готовой продукции;

- обеспечиваются длительные сроки хранения (для мороженой продукции 6–8 мес.), что позволяет ослабить влияние неравномерности получения сырья для переработки, обеспечить транспортирование продукции (без снижения качества) из мест добычи (как правило, океанический промысел) к местам потребления.

Также при производстве многих видов пищевых продуктов холод применяется как дополнительный способ консервирования для удлинения сроков хранения. Например, при производстве и хранении малосоленой рыбы, пресервов, провесной рыбы, продукции холодного и горячего копчения, колбасных изделий, кулинарной продукции и др.

Для сохранения качества охлажденного или замороженного сырья на всем пути от начала производства до конечного потребителя необходимо создавать «непрерывную цепь холода», т. е. должны поддерживаться такие стабильные температуры, которые были достигнуты при охлаждении и замораживании и гарантировали бы консервирующий эффект холодильной обработки.

Холодильная цепь пищевой промышленности – взаимосвязанная система предприятий и транспортных средств, в которую входят промысловые, обрабатывающие и транспортные суда (рыбная отрасль), стационарные производственные холодильники, железнодорожный и автомобильный рефрижераторный транспорт, распределительные холодильники в районах потребления, холодильники торговой сети, бытовые холодильники. Все звенья холодильной цепи организационно связаны и характеризуются общим принципом непрерывности соответствующих температурных и влажностных режимов. Это обеспечивает доведение до потребителей продуктов с минимальными количественными и качественными потерями.

Обработка сырья холодом не улучшает, а только сохраняет основные качественные признаки, которые оно имело до холодильной обработки. Поэтому в холодильной технологии качество сырья, направляемого на обработку, предопределяет качество получаемой охлажденной или замороженной продукции.

Исследования процессов холодильной обработки пищевого сырья показали, что после охлаждения или замораживания их ткани приобретают новые свойства. Эти новые свойства появляются вследствие физических, физико-химических и биохимических процессов, протекающих в тканях в период приготовления и особенно в период хранения охлажденных и замороженных продуктов. В зависимости от условий и режимов охлаждения, а также от исходного качества сырья они могут иметь обратимый или необратимый характер.

Главной задачей холодильной технологии является ослабление развития необратимых процессов и изменений в тканях, для того чтобы в большей степени восстановить при размораживании природные свойства сырья. Обратимость состояния мышечной ткани после холодильной обработки зависит от комплекса причин: качества исходного сырца; технологических режимов и санитарных условий производства; способов упаковывания, режимов и продолжительности хранения; условий размораживания продукта.

Вспомогательные средства, применяемые в холодильной технологии. Для сохранения качества, снижения потерь и увеличения продолжительности хранения продуктов применяют дополнительные к холоду средства: регулируемые и модифицируемые газовые среды, влаго- и газонепроницаемую упаковку, вакуум-упаковку, азот, низкие дозы ионизирующей радиации, облучение ультрафиолетовыми лучами упаковку, пищевые покрытия и т. д.

Упаковывание охлажденного сырья в полимерные пленочные покрытия. Один из простых и эффективных способов предупреждения сырья животного происхождения от инфицирования микроорганизмами из окружающей среды, улучшения его санитарного состояния и товарных характеристик при хранении и реализации, сокращения потерь массы. Использование пленок с низкой газонепроницаемостью способствует стабилизации окраски мяса и замедляет окисление жира.

В настоящее время одним из перспективных способов является упаковывание продукта под вакуумом. Вакуумная упаковка способствует качественному изменению микрофлоры за счет преобладающего развития молочнокислых бактерий и предотвращению потемнения мышечной ткани из-за понижения парциального давления.

Ионизирующая радиация. В 1980 г. Объединенным комитетом экспертов ФАО/ВОЗ и МАГАТЭ было принято решение о возможности использования ионизирующей радиации для облучения пищевых продуктов дозами до 10 кГр. Ионизирующее излучение непосредственно воздействует на лабильные молекулы микроорганизмов, в том числе и на ДНК, и косвенно влияет на химические реакции, в результате которых образуются свободные радикалы. Сроки хранения охлажденного мяса можно увеличить до 2 мес., если использовать невысокие дозы ионизирующей радиации (3–6 кГр), не вызывающие изменений органолептических показателей продукта.

Ультрафиолетовое излучение широко применяют на пищевых и торговых предприятиях для санации (обезвреживания) воздуха и поверхностного слоя продуктов. Оно охватывает область электромагнитных колебаний с длиной волны 1360–4000 Å, обладает большой энергией и оказывает сильное химическое, физическое и биологическое воздействие. Наибольшим воздействием на бактерии, подавляющим их жизнедеятельность, обладают лучи с длиной волны от 2950 до 2000 Å. Данная область называется бактерицидной (происходит гибель микроорганизмов).

Под действием УФ-лучей происходит отмирание микроорганизмов только в поверхностном слое продукта, так как проникающая способность лучей не превышает 0,1 мм. В сочетании с низкими положительными тем-

пературами оно увеличивает в 2 раза и более сроки хранения охлажденного мяса, яиц, полукопченных и копченных колбасных изделий, сыров, цитрусовых плодов и других продуктов.

Регулируемая газовая среда (РГС) как метод консервирования заключается в хранении сырья или пищевых продуктов в атмосфере с пониженной концентрацией кислорода и более высокой, чем в воздухе, концентрацией диоксида углерода. Снижение концентрации кислорода и увеличение углекислого газа замедляют процесс газовыделения растительного сырья в 2–3 раза и уменьшают теплоту дыхания до 3–5 %.

Модифицированная газовая среда (МГС) является разновидностью РГС, газовый состав создается в упаковке продукта и выдерживается с меньшей точностью. Наиболее выраженным ингибирующим действием обладает смесь, состоящая из 70 % азота, 25 – углекислого газа и 5 – кислорода. Широко применяется МГС в пищевой отрасли для консервирования сырья животного происхождения и продуктов его переработки. Для поддержания стабильности газовой среды внутри упаковки при хранении пищевых продуктов используют селективно-проницаемые мембраны из пленок с высокой газопроницаемостью, поглотители углекислого газа и паров воды, перфорированные пленочные материалы.

5.1.1 Общие сведения о процессе охлаждения, замораживания и размораживания

Продовольственное сырье животного происхождения и пищевые продукты относятся к скоропортящимся продуктам с высоким содержанием белка и жира, хранение которых продолжительное время без потери качественных характеристик невозможно. Поэтому с момента, когда прерывается существование биологического объекта (момент убоя скота, вылов рыбного сырья, сбор плодов, овощей, ягод), проводится его холодильная обработка. Все ее этапы направлены на сохранение в нем тех главных компонентов, которые необходимо передать потребителю в конце заданного срока хранения.

Охлаждение – это первый обязательный этап холодильной технологии пищевых продуктов. Охлаждением называют процесс быстрого понижения температуры объекта от начальной до близкой к криоскопической температуре тканевого сока, но не ниже нее. Криоскопическая температура для разных видов сырья различна. Например, для разных видов рыб она колеблется от минус 0,5 до минус 3 ^{0}С. Для технических расчетов криоскопическую температуру принимают равной минус 1 °С. В нормативных документах для сырья животного происхождения температурные режимы различны. Охлажденным является мясо сельхозживотных и субпродукты, подвергнутые холодильной обработке до температуры от минус 1,5 °С до плюс 4 °С в любой точке измерения, температура охлажденной товарной рыбы минус 1 – плюс 5 °С, мяса от 0 до 4 ^{0}С. Рыба и нерыбные объекты промысла являются охлажденными при достижении температуры 5°С и ниже, не достигая точки замерзания тканевого сока.

Целью охлаждения является сохранение первоначального качества продукта в течение определенного времени. Основная задача охлаждения

заключается в создании неблагоприятных условий для развития микробиальных и ферментативных процессов в пищевых продуктах.

Охлаждение считается законченным тогда, когда температура внутренних слоев понизится до температуры последующего хранения продукта в холодильнике.

Охлаждение применяют как самостоятельный вид консервирования, позволяющий поставлять потребителю сырье с высокими вкусовыми качествами, а также как вспомогательный вид консервирования сырья, предназначенного для последующей технологической обработки.

Продолжительность охлаждения зависит от свойств охлаждаемого объекта, свойств охлаждающей среды и условий, при которых протекает процесс (толщина продукта, тепловые показатели, плотность, температура охлаждающей среды, скорость и характер движения среды, влажность воздуха, коэффициент теплоотдачи от продукта к охлаждающей среде).

Основные условия быстрого охлаждения – применение охлаждающей среды с более высокими значениями тепловых показателей; поддержание в процессе охлаждения возможно более низкой температуры среды; циркуляция жидкой или воздушной среды.

Технологической задачей является уменьшение продолжительности охлаждения продукта за счет увеличения площади охлаждения, применения охлаждающих сред с более высокими значениями коэффициента теплоотдачи, увеличения его путем циркуляции и снижения температуры охлаждающей среды.

Способы охлаждения весьма разнообразны и классифицируются в зависимости от агрегатного состояния охлаждающей среды (жидкая, твердая, газообразная), способа контакта охлаждающего объекта с охлаждающей средой (погружение, орошение) и других условий.

Основные способы охлаждения представлены на рисунке 5.1.

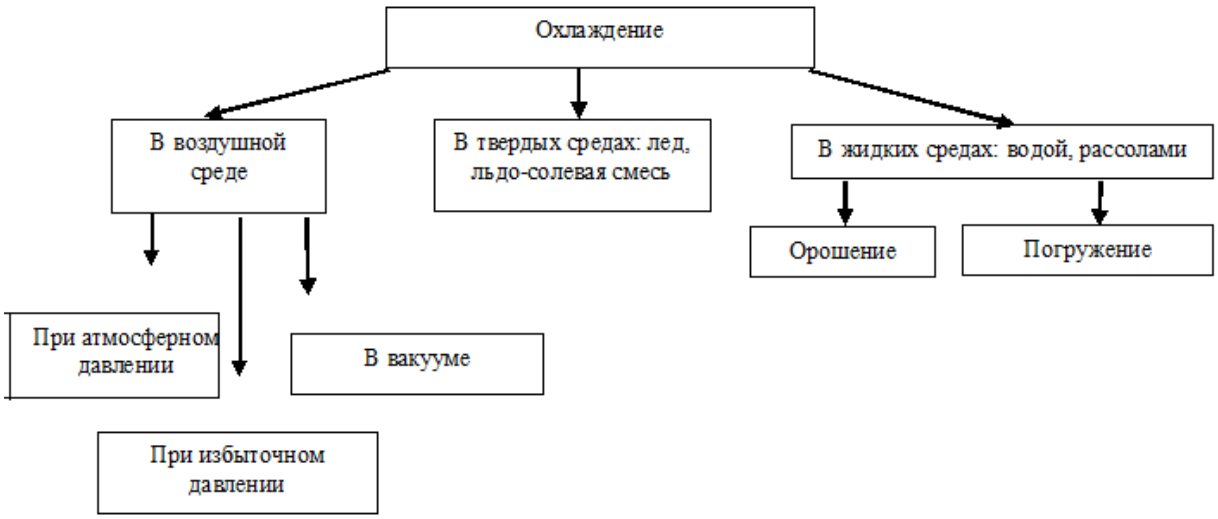


Рисунок 5.1 – Способы охлаждения

Замораживание сырья животного происхождения является одним из наиболее совершенных методов консервирования.

Мясо убойных животных и птицы, субпродукты замораживают в парном или охлажденном состоянии до температуры в толще продукта не выше минус 8 °С. При этом температура поверхностного слоя составляет минус 15–минус 20 °С. Затем при хранении продукта температура выравнивается до минус 10–минус 15 °С.

Мороженая рыбная продукция подвергается процессу замораживания до температуры в толще продукта не выше минус 18 ^{0}С.

Замораживание обеспечивает длительное низкотемперарное хранение продовольственного сырья и пищевого продукта благодаря предотвращению развития микробиологических процессов и резкому замедлению скорости ферментативных и физико-химических изменений.

Эти процессы и изменения учитывают при определении условий и режимов замораживания (глубины (конечной температуры) и скорости замораживания). Глубина замораживания обуславливается предполагаемым температурным режимом хранения. Верхний температурный предел должен быть выше того, за которым микроорганизмы способны развиваться (около минус 8 °С), нижний определяется тем, что при очень низких температурах (около минус 60 °С) продукты становятся хрупкими, а также технической возможностью получения низких температур и экономической целесообразностью их применения.

Замораживание сырья животного происхождения и пищевых продуктов может производиться различными методами:

1) на воздухе – медленное (тихое), интенсивное и быстрое при естественной и принудительной циркуляции воздуха;

2) в жидкой фазе – орошением или погружением в рассоле, контактное и бесконтактное;

3) контактным методом – между охлажденными металлическими плитами; в контакте с хладагентами (жидкий азот и др.).

Выделяется три этапа процесса замораживания:

- охлаждение объекта до криоскопической температуры (0 – минус 2 ^{0}С);
- стадия льдообразования (минус 2 – минус 5 ^{0}С);
- переохлаждение замороженной ткани (от минус 5 до минус 18 °С и ниже).

В зависимости от скорости понижения температуры на вышеперечисленных этапах замораживание может осуществляться традиционным способом и интенсивно (шоковая заморозка).

Идея технологии шоковой заморозки состоит в сокращении продолжительности этапов охлаждения, подмораживания и домораживания продуктов. Форсирование обеспечивается снижением температуры среды от минус 30 до минус 35 °С и ускоренным движением хладоносителя (в роли которого в камере выступает воздух), что обеспечивается вентилированием испарителя и соответственно интенсивным обдувом продукта.

В основе интенсивной заморозки лежат свойства замерзания жидкости. Шоковая заморозка представляет собой охлаждение пищевых продуктов со скоростью, при которой происходит эффект микрокристаллизации влаги. Этот процесс аналогично простому замораживанию также сопровождается образованием кристаллов льда, однако при этом их объем не увеличивается по отноше-

нию к исходному объему жидкой субстанции. Главный критерий микрокристаллизации влаги – это не температурный режим, а скорость замерзания. При условиях обычного замерзания образующиеся кристаллы льда характеризуются большим размером по сравнению с молекулами воды, и влага, которая замерзает в продукте, разрушает его структуру за счет большего объема ледяных кристаллов. При шоковой заморозке наблюдается образование кристаллов льда размера, одинакового с молекулами воды. При этом структура продукта остается неизменной. По сравнению с традиционным способом замораживания, применение скороморозильных аппаратов приводит к уменьшению потери продукта, сокращению времени заморозки, производственных площадей, производственного персонала, срока окупаемости.

Интенсивная заморозка осуществляется в специальном высокотехнологичном оборудовании, в котором реализуются технологии воздушной, бесконтактной и контактной заморозки.

Воздушная шоковая заморозка. Скороморозильные аппараты воздушной заморозки представляют собой, как правило, установку с двумя отсеками: грузовым и воздухоохладителем (шок-фростером). Шоковые камеры воздушной заморозки могут быть туннельными, конвейерными и флюидизационными. В туннельных установках продукт помещается в шоковую камеру на стеллаже или тележке. Туннельные аппараты для шоковой заморозки могут предусматривать непрерывный или периодический режим работы. На конвейерных скороморозильных аппаратах замораживают мелкоразмерные продукты (россыпь, фасованные, блоки). Транспортер в конвейерных установках может быть горизонтальным, вертикальным, спиральным. Флюидизационные аппараты позволяют за непродолжительное время произвести шоковую заморозку мелкоразмерных продуктов (креветки, горошек и др.). Замораживаемые продукты крутятся в «кипящем слое» (поток холодного воздуха, подаваемый с определенной скоростью).

Бесконтактная заморозка. Бесконтактные скороморозильные аппараты могут быть плиточными, роторными и барабанными. На плиточных установках шоковой заморозки обрабатывают все продукты, требующие формовки в блоки и брикеты. Продукт в блок-формах перемещается между вертикальными либо горизонтальными плитами (внутри плит находится кипящий хладагент). В роторных скороморозильных аппаратах плиты расположены радиально. Такие установки сочетают преимущества плиточных и воздушных устройств: непрерывность рабочего процесса, механизированная загрузка-выгрузка, интенсивная шоковая заморозка, спрессованность блоков. На роторных устройствах замораживают только упакованные продукты. В барабанных скороморозильных аппаратах транспортер с нефасованным продуктом проходит под барабаном с хладагентом внутри таким образом, что продукт прилипает к барабану. Затем нож счищает замороженный продукт на конвейер для последующих процедур и упаковки.

Контактная шоковая заморозка. В контактных скороморозильных аппаратах охлаждаемый продукт непосредственно контактирует с хладоносителем с помощью погружения или орошения. По типу носителя контактное обо-

рудование может быть криогенным, углекислотным, фреоновым. В качестве хладагента для криогенных устройств шоковой заморозки используется жидкий азот. Криогенные аппараты обеспечивают высокую интенсивность замораживания. Но такой способ заморозки подходит не для всех продуктов, так как может вызвать разрушение их структуры.

Углекислотные скороморозильные аппараты часто используют для обработки кулинарных изделий. Поток углекислоты в грузовом отсеке в газообразном и твердом виде обдувает продукт. Фреоновое оборудование шоковой заморозки предусматривает контакт продукта с жидким фреоном, прошедшим особую очистку. При охлаждении продукта фреон испаряется, затем вновь переходит в жидкую форму в конденсаторе.

Размораживание (дефростация) – завершающая стадия низкотемпературной обработки продуктов. Это тепловой процесс, при котором определенное количество теплоты передается продукту для повышения его температуры от начальной (минус 18 – минус 25 °С) до минус 1 °С. В соответствии с современными представлениями размораживание рассматривается как процесс, обратный замораживанию. Он состоит в таянии кристаллов льда и восстановлении первоначальной гистологической структуры тканей. Обратимость процесса зависит от состояния сырья перед замораживанием, условий замораживания и последующего хранения. Режим и условия размораживания должны обеспечить наиболее полное восстановление первоначальных свойств сырья. Все виды дефростации основаны или на принципах поверхностного нагрева (когда тепло подается к поверхности объекта, а затем перераспределяется за счет теплообмена) или объемного нагрева (тепловая энергия выделяется внутри сырья за счет воздействия электромагнитных волн). Способы размораживания, их характеристика, достоинства и недостатки указаны в таблица 5.1.

Таблица 5.1– Сравнительная характеристика способов размораживания

Способ размораживания	Характеристика способа	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Размораживание в жидкой среде	Осуществляется погружением в жидкую среду или путем орошения мороженых блоков	- Относительно высокая скорость размораживания; - простота устройства и обслуживания технологического оборудования; -относительно невысокая стоимость оборудования; - небольшие потери массы (составляют около 1 %); -замедляются процессы окисления липидов	- Существенный расход воды; - дополнительные энергетические расходы, связанные с обеспечением циркуляции воды; - потери в результате экстракции азотистых веществ тканевого сока вместе с белками, экстрактивными веществами и витаминами группы В; - возможное ухудшение качества поверхностного слоя из-за перегрева или набухания сырья; - в случае недостаточной циркуляции воды возможно обсеменение сырья микроорганизмами

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4
Размораживание на воздухе	Осуществляется в условиях свободного или вынужденного движения воздуха	- Простота и дешевизна; - крайне низкие потери, менее 0,5 %; - сохранение первоначальной консистенции	- Невысокая скорость размораживания; - обезвоживание поверхности сырья; - неоднородность размораживания; - опасность роста обсеменённости микроорганизмами; - значительная окислительная порча жиров
Размораживание конденсирующимся паром под вакуумом	Конденсация водяного пара температурой 20 °С обеспечивается путём создания вакуума	- Устраняется эффект перегрева продукта; - сохранение вкусовых качеств; - снижена опасность бактериального загрязнения; - небольшой расход воды	Дороговизна и сложность технологического оборудования
Размораживание ИК-облучением	Нагревание поверхностного слоя продукта действием ИК-облучения	- Высокая скорость размораживания	- Существенный расход электроэнергии; - неравномерность нагрева сырья; - перегрев поверхностных слоев
Метод диэлектрического размораживания (размораживание в электромагнитном поле сверхвысокой частоты – СВЧ)	Используется электромагнитное поле, в котором сырье размораживается как диэлектрик	- Высокая скорость размораживания; - равномерность размораживания; - минимальная занимаемая площадь; -микробиологическая безопасность процесса; - получение высококачественного размороженного сырья	- Высокий расход электроэнергии; - дороговизна и сложность оборудования; - размораживание до температуры не выше минус 1,5 ^{0}С; - неравномерность размораживания сырья разной геометрической формы и состава
Размораживание электрическим током	Заключается в пропускании через замороженный продукт переменного тока	- Высокая скорость размораживания; - высокое качество продукции	- Большой расход электроэнергии; - возможен местный провар; - дороговизна способа

Способ размораживания на производстве выбирается в зависимости от вида сырья и производительности предприятия.

5.1.2 Холодильная обработка мяса и мясопродуктов

Применение холодильной обработки является наиболее простым и распространенным способом консервирования, обеспечивающим высокую степень

сохранения биологической ценности, органолептических показателей и технологических свойств мяса и мясопродуктов.

В зависимости от проведенной холодильной обработки мясо подразделяют на:

- парное (мясо, полученное непосредственно после убоя, имеющее температуру не ниже 35 °С в любой точке измерения);
- остывшее (мясо, полученное непосредственно после убоя и обработки туши, имеющее температуру в толще мышц не выше 12 °С, поверхность которого имеет корочку подсыхания);
- охлажденное (парное мясо, подвергнутое холодильной обработке до температуры от минус 1,5 до плюс 4 °С в любой точке измерения);
- подмороженное (парное или остывшее мясо, подвергнутое холодильной обработке до температуры в толще мышц на глубине 1 см от минус 3 до минус 5 °С, на глубине 6 см – от 0 до 2 °С, при хранении температура по всему объему должна быть от минус 2 до минус 3 °С);
- замороженное (парное или охлажденное мясо, подвергнутое холодильной обработке до температуры не выше минус 8 °С в любой точке измерения);
- мясо глубокой заморозки: замороженное мясо, имеющее температуру в толще мышц не выше минус 18 °С;
- размороженное (замороженное мясо, отепленное до температуры не ниже минус 1,5 °С в любой точке измерения).

Созревание мяса. Качество мяса решающим образом зависит от периода времени, прошедшего с момента прекращения жизни животного. Мясо, взятое для кулинарной обработки в первые часы после убоя, жесткое, невкусное, имеет неприятный запах и дает мутный бульон. Лишь спустя определенный промежуток времени мясо становится мягким, приятным на вкус и запах, дает специфически ароматный бульон.

Приобретение мясом указанных органолептических свойств обусловливается процессом созревания.

При температуре окружающей среды около 2–3 °С процесс созревания заканчивается примерно через 12–15 сут. При более высокой температуре процесс созревания мяса ускоряется. Так, при 12 °С он заканчивается на пятые сутки, при 18 °С – на вторые сутки, а при 29 °С – через несколько часов. Вскоре после прекращения жизни животного наступает посмертное окоченение, обусловливаемое последним сокращением умирающего мускула. Мясо становится чрезвычайно жестким. Спустя примерно сутки имеет место разрешение посмертного окоченения (мускулы снова становятся мягкими), после чего мясо постепенно приобретает нежную консистенцию, необходимый аромат и вкус, обусловливаемые его созреванием.

Процесс созревания мяса сложен, складывается из целого ряда изменений состава и состояния многочисленных компонентов мяса обусловленных рядом физико-химических и коллоидно-химических превращений, происходящих в нем.

После обескровливания животного прекращается снабжение тканей мяса кислородом, вследствие чего ферменты мяса начинают действовать в ином

направлении, чем при жизни животного. Если в живом организме происходит непрестанная борьба между автолитическими и окислительными ферментами, причем автолитические ферменты вызывают распад составных частей живых клеток, а окислительные ограничивают этот распад, то при отсутствии снабжения клеточных элементов кислородом после прекращения жизни животного получают перевес ферменты автолиза, деятельность которых направлена преимущественно на углеводную фракцию мяса и довольно быстро ликвидирует запасы гликогена, превращая его через стадию сахара в молочную кислоту. Это превращение гликогена в молочную кислоту совершается при участии органических фосфорных соединений, образующих при этом ортофосфорную кислоту.

Происходит смещение pH мяса в кислую сторону, что изменяет проницаемость клеточных оболочек и состояние дисперсности белков, кислота вступает во взаимодействие с протеинатами кальция, переводя последний в экстракт. В связи с этим увеличивается набухаемость мяса в изотоническом растворе кальция. Содержание катепсина падает, начиная с 24-го часа. Эти изменения натрия и катепсина показывают, что в процессе созревания мяса с увеличением в нем кислот происходит стабилизация белков, причем часть растворимых белков (миозин и др.) коагулирует, но не подвергается глубокому распаду – отсутствуют альбумозы, пептоны и не происходит увеличения остаточного азота, аминоазота, аммиака и экстрактивных веществ. Мелкие молекулы, образующиеся при взаимодействии различных компонентов мяса, образуют группу веществ, которые сообщают созревшему мясу специфические вкус и запах, вызывают перераспределение воды и ионов между клеткой и средой, что приводит к размягчению коллагена стромы и тем самым создает нежную консистенцию и сочность мяса.

Технология производства охлажденного мяса. Виды холодильной обработки, параметры выдержки мяса после убоя и первичной переработки разнообразны и обусловлены преследуемой технологической целью. В случае необходимости накопления сырья, его кратковременного хранения при одновременном созревании мясо подвергают охлаждению.

В зависимости от скорости процесса охлаждение подразделяют: на медленное, ускоренное, быстрое и сверхбыстрое.

Медленное охлаждение производят в камерах охлаждения при температуре воздуха 0 – минус 3 °С и скорости его движения 0,1–0,3 м/с. Длительность процесса для говядины составляет от 24 до 36 ч при снижении температуры в толще бедра с 38 до 4 °С. Усушка колеблется от 0,12 до 2,28 % от массы туш.

Ускоренное охлаждение осуществляется при подаче воздуха через щели в потолке камеры с температурой 0 °С со скоростью движения 0,5 м/с. Длительность процесса до 24 ч. Усушка для говядины 1-й категории – 1,59 %.

Быстрое охлаждение осуществляют в камерах туннельного типа. При одностадийном методе охлаждения температура воздуха поддерживается на уровне минус 3 °С, скорость его движения 0,8 м/с. Длительность процесса составляет для говядины 16, для свинины – 13 ч. При этом усушка для говядины 1-й категории составляет 1,38 %.

При двухстадийном методе охлаждения на первой стадии процесс осуществляют до температуры в толще мышц 10 °С. Температура воздуха поддерживается на уровне минус 3 – минус 5 °С. Длительность первой стадии составляет 10–12 ч. Вторая стадия охлаждения осуществляется при температуре воздуха минус 1,0 – минус 1,5 °С и при скорости его движения 0,1–0,2 м/с в течение 8–10 ч. Охлаждение ведут до температуры в толще мышц – 0 °С. Усушка для говядины 1-й категории при двухстадийном методе составляет 1,2 %.

Сверхбыстрое охлаждение осуществляют в две стадии. На первой стадии охлаждение производят при температуре воздуха от минус 10 до минус 12 °С в течение 6–7 ч при скорости движения воздуха 1–2 м/с. За этот период температура в поверхностном слое достигает минус 1 °С, а внутри бедра 15–18 °С, у говядины, 13–15 °С у свинины.

Доохлаждение мяса осуществляют при температуре воздуха минус 1,0 – минус 1,5 °С, при скорости движения воздуха 0,1–0,2 м/с в течение 10–12 ч для говядины и 10–15 ч для свинины. Усушка при двухстадийном методе составляет 1,0 %.

Срок хранения при температуре минус 1 ^{0}С и относительной влажности 85 % мяса говядины не более 16 сут, включая транспортирование, свинины – не более 12 сут.

Технология производства замороженного мяса. При понижении температуры ниже криоскопической (для мяса около минус 1,5 ^{0}С) мясо замораживается, резко изменяя свои свойства по сравнению с охлажденным мясом, проявляющиеся в ухудшении вкусового качества, нежности, сочности (рисунок 5.2).

В зависимости от состояния мяса, направляемого на замораживание, различают одно- и двухфазный способы замораживания. На замораживание однофазным способом направляют парное мясо непосредственно после первичной переработки. На замораживание двухфазным способом поступает мясо предварительно охлажденное. При однофазном способе сокращается продолжительность замораживания, более эффективно используются производственные площади, уменьшаются потери массы, сокращаются затраты труда на транспортирование, получают более высокое качество мяса, увеличиваются сроки хранения замороженного мяса.

Мясо убойных животных, птицы и субпродукты замораживают в воздухе, жидких средах (растворах солей или некоторых органических соединений), кипящих хладагентах, посредством контакта с охлаждаемыми металлическими плитами.

Рисунок 5.2 – Влияние замораживания на состав, строение и технологические характеристики мяса

Замораживание в воздухе. Это наиболее распространенный и универсальный способ замораживания мяса. Процесс замораживания интенсифицируют путем понижения температуры (до минус 35 °С), повышения скорости движения воздуха (до 4–5 м/с), уменьшения толщины продукта.

Замораживание в жидких средах. Способ применяется для замораживания тушек птицы орошением или погружением в раствор. В качестве жидких охлаждающих сред используют водные растворы хлорида натрия или кальция либо смесь воды с пропиленгликолем температурой не выше минус 20 °С. Для предотвращения негативного воздействия хладагентов на продукты и улучшения условий теплопередачи тушки птицы герметически упаковывают в плотно прилегающие к их поверхности полимерные материалы.

Преимуществами этого способа являются существенное сокращение продолжительности замораживания (20–30 мин при температуре раствора хлорида кальция минус 26 – минус 30 °С) и сохранение товарного вида тушек.

Замораживание в кипящих хладагентах. Способ применяется для замораживания эндокринно-ферментного сырья, мясных продуктов небольшого

размера, упакованных тушек птицы. В качестве хладагентов используют сжиженные газы (азот, углекислый газ и хладон). Продукты замораживают орошением, в парах азота или углекислого газа.

Преимуществами этого способа замораживания являются высокая степень теплоотдачи во внешнюю среду, значительное сокращение потерь массы и наиболее полное сохранение исходного качества продукта.

Замораживание посредством контакта с охлаждаемыми металлическими плитами. Способ используется для замораживания таких продуктов стандартной формы, как бескостное мясо и субпродукты. В результате контакта продукта с низкотемпературной поверхностью продолжительность его замораживания сокращается в 1,5–2 раза по сравнению с замораживанием в воздухе. Замораживание осуществляют в плиточных скороморозильных аппаратах различных конструкций.

Для сохранения пищевой ценности мяса важное значение имеют процесс замораживания, а также физические, гистологические, химические, биохимические, биологические и другие изменения, происходящие в мясе.

5.1.3 Холодильная обработка гидробионтов

В зависимости от проведенной холодильной обработки рыбная пищевая продукция подразделяется на:

- охлажденную (рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные; водоросли и другие водные растения, подвергнутые процессу охлаждения, не достигая температуры замерзания тканевого сока, а также продукция из них, подвергнутая процессу охлаждения до температуры в толще продукта не выше 5 °С);
- подмороженную (рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные, а также водоросли и другие водные растения, подвергнутые процессу замораживания до температуры на 1 или 2 °С ниже температуры замерзания тканевого сока внутри них);
- мороженую (рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные, а также водоросли и другие водные растения, в том числе продукция из них, подвергнутые процессу замораживания до температуры в толще продукта не выше минус 18 °С).

В рыбной промышленности применяют несколько способов охлаждения: льдом, холодным воздухом, дробленым льдом и холодным воздухом, смесью льда и соли (3–5 % массы льда), холодной морской водой или холодным раствором поваренной соли (3–4 %), холодной морской водой и льдом.

Наиболее широко применяют в рыбной промышленности способы охлаждения льдом, холодной водой или ее смесью со льдом.

Охлаждение водным льдом – простой, легко осуществимый в береговых и судовых условиях способ. Для охлаждения в основном используется искусственный лед, который получают путем замораживания чистой пресной или морской воды в льдогенераторах.

Широкое использование льда в качестве охлаждающей среды связано с его теплофизическими свойствами. Температура плавления льда около 0 °С, теплоемкость 2,10 кДж/(кг·К), удельная теплота плавления 334,4 кДж/кг, плотность 917 кг/м^3. Для охлаждения требуется значительное количество льда, которое заготовляют либо на берегу, либо на судах.

В зависимости от формы и массы искусственный лед бывает блочный (5–250 кг), чешуйчатый, прессованный, трубчатый и снежный. Блочный лед дробят на крупный, средний и мелкий.

На судах чаще всего получают чешуйчатый лед из морской воды в специальных льдогенераторах. Он имеет развитую поверхность теплоотдачи, плотно прилипает к рыбе, обеспечивает ее быстрое охлаждение.

Для охлаждения ценных пород рыб можно использовать сухой лед. Его получают из диоксида углерода путем замораживания. Он представляет собой твердое вещество белого цвета с температурой сублимации минус 78,5 °С. При сублимации льда выделяется углекислый газ (CO_2). Скрытая теплота плавления сухого льда 586–606 кДж/кг, что значительно больше, чем водного льда. Выделяющийся углекислый газ оказывает бактерицидное действие на аэробы, задерживает окислительные процессы. Сухой лед в рыбной промышленности применяется редко, так как он в 3–10 раз дороже водного льда.

Охлаждение в жидких средах осуществляется погружным, оросительным и комбинированным способами. В качестве охлаждающей среды, как правило, используют морскую воду, температура замерзания которой минус 1,5 – минус 3 °С, или 2–4%-ные растворы поваренной соли в пресной воде, осмотическое давление которых приблизительно равно давлению тканевого сока рыбы.

При погружном способе рыбу для охлаждения помещают в специальные емкости (баки, бункера, цистерны, контейнеры), куда предварительно подают охлаждающую жидкость. Соотношение массы гидробионтов и жидкости должно составлять от 1 : 1 до 1 : 2, а при отсутствии циркуляции – 1 : 3 или 1 : 4. В летнее время в охлаждающую воду рекомендуется добавлять лед (соотношение рыбы, воды и льда 2 : 1 : 1). Продолжительность охлаждения в жидких средах зависит от размеров рыбы, условий охлаждения, конструкции рыбоохладителя и составляет от 2–3 мин для кильки до 3 ч для крупной трески.

Рассмотренные промышленные способы охлаждения рыбы водным льдом и жидкими средами имеют как преимущества, так и недостатки.

Охлаждение рыбы льдом – простой, легко осуществимый в береговых и судовых условиях способ. Рыба, охлажденная и хранившаяся во льду, имеет высокое качество, так как не набухает и не теряет водорастворимые азотистые вещества, причем усушка ее незначительна. Лед, как правило, содержит небольшое количество микроорганизмов, что позволяет поддерживать необходимые санитарно-гигиенические условия производства. Наиболее удобно охлаждение льдом в ящиках и контейнерах.

Однако этому способу охлаждения присущи следующие недостатки: малая скорость и неравномерность процесса охлаждения; большая энергоемкость, так как для получения льда расходуется гораздо больше электроэнергии, чем

для охлаждения воды; полезная емкость тары, аккумуляционных камер, грузоподъемность механизмов используются на 50–70 %; малый коэффициент полезного использования льда (потери за счет таяния могут составлять 60–68 %); деформация тела рыбы при недостаточном дроблении льда.

Часть недостатков устраняется при применении жидких охлаждающих сред. В этих средах скорость охлаждения рыбы в 3–5 раз больше, чем во льду. Рыба охлаждается равномерно до более низкой температуры (минус 1–0 °С). Технологические процессы при использовании жидких охлаждающих сред легче поддаются механизации, а также являются более экономичными.

Несмотря на положительные стороны, процесс охлаждения в жидких средах имеет ряд недостатков. При хранении рыбы в жидкой среде качество рыбы ухудшается за счет набухания, частичного вымывания азотистых веществ, незначительного просаливания. Например, при хранении в жидкой среде мелкой кильки и хамсы в течение 36 ч увеличение массы рыбы составляет 6 % начальной, а потери общего азота – 4 % исходного содержания.

Следовательно, хранение рыбы в жидких средах должно быть ограниченным. Кроме того, при контакте рыбы с холодным рассолом он загрязняется слизью, чешуей и другими органическими веществами, что ухудшает санитарное состояние рыбы и охлаждающей среды. Поэтому последнюю периодически заменяют или очищают.

Охлажденная рыба – скоропортящийся продукт. Сроки хранения охлажденной рыбы зависят от ее вида, времени вылова, разделки, условий охлаждения и хранения и составляют от 1 до 12 сут. Например, охлажденная салака хранится 1–1,5, килька – 2–3, скумбрия – 3, камбала – 5–7, треска потрошеная – 10–12 сут.

Подмораживание гидробионтов. Принципиальным отличием этого способа консервирования является сохранение гидробионтов при отрицательных температурах, близких к криоскопическим, при условии частичного фазового перехода воды в лед. При подмораживании конечная температура сырья устанавливается в пределах минус 2 – минус 3 °С, поэтому такую продукцию называют переохлажденной или глубоко охлажденной. Понижение температуры на 1–2 °С ниже криоскопической способствует увеличению сроков хранения свежей рыбы в 1,5–2 раза по сравнению с охлаждением во льду. При температуре минус 2 °С изменения в тканях подмороженной рыбы при хранении протекают аналогично охлажденной, сохраняя общую направленность, но с существенной задержкой.

При подмораживании сырья вследствие льдообразования создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов. В мясе трески при температуре минус 2 °С около 52 % общего содержания воды превращается в лед, а при минус 3 °С кристаллизуется 66 % воды. Соответственно при этом возрастают концентрация тканевого сока, осмотическое давление, pH мяса рыбы уменьшается.

Качественные показатели подмороженной рыбы во многом зависят не только от конечной температуры, но и от скорости ее понижения. При быстром

подмораживании структура льда имеет мелкокристаллический характер, поэтому травмирование мышечной ткани незначительно. Кроме того, распад АТФ в тканях медленно подмороженной рыбы происходит так же интенсивно, как и в охлажденной.

В промышленных условиях подмораживание рыбы осуществляют двумя способами: 1) в морозильных аппаратах холодным воздухом, температурой минус 30 – минус 35 °С, со скоростью циркуляции 5–6м/с в течение 0,5–2 ч; 2) в рассольных морозильных аппаратах конвейерного или погружного типа в солевом растворе плотностью 1130–1160 кг/м^3, при температуре минус 10 – минус 14 °С в течение 10–20 мин.

Приведенные режимы подмораживания применяют для трески, черного палтуса, морского окуня, камбалы, ерша.

Продолжительность подмораживания зависит от условий охлаждения, а также вида и размера рыбы. При выгрузке из морозильных аппаратов температура в подмороженном слое рыбы (тишиной 3–6 мм) должна составлять минус 3 –минус 5 ^{0}С, в толще мяса – минус 1–0 °С. В течение первых 12–24 ч хранения подмороженной рыбы происходит выравнивание температуры по всему объему. Одновременно с этим кристаллы льда равномерно распределяются по всей толще мышечной ткани.

Подмороженная рыба по качеству несколько уступает охлажденной, так как вследствие кристаллизации воды нарушается микроструктура тканей, снижается ее водоудерживающая способность, поэтому при отеплении теряется больше тканевого сока.

Замораживание рыбной продукции. Срок возможного хранения или транспортировки охлажденной рыбы, даже при использовании методов комплексной переработки, сложность в создании холодильной цепи при производстве подмороженной рыбной продукции крайне ограничивает возможности снабжения населения охлажденной рыбой на обширной территории нашей страны. Также этот срок хранения охлажденной рыбы недостаточен для сохранения и транспортировки рыбного сырья, предназначенного для вторичной переработки на предприятиях, расположенных внутри страны и удаленных от океанического промысла. Для значительного удлинения сроков хранения используется замораживание, позволяющее максимально сохранить нативные свойства сырья длительное время.

На замораживание направляется сырье предварительно рассортированное по виду и размерам в живом виде или только что уснулом.

Способы и установки промышленного замораживания рыбы многообразны.

Например, замораживание в холодной воздушной среде ведут либо непосредственно в естественных условиях, либо в камерах холодильника, где искусственным путем поддерживается низкая температура воздуха, либо в специальных морозильных аппаратах, в которых холодный воздух закономерно циркулирует со значительной скоростью. При замораживании в жидкой холодной среде (соляном растворе) рыба непосредственно соприкасается с рассолом или ограждена от него какой-либо хорошо проводящей тепло перего-

родкой, а холодный рассол играет роль хладоносителя. В некоторых случаях применяется льдо-соляное замораживание контактное или бесконтактное. В последнее время находит применение способ замораживания продуктов в кипящем хладагенте (жидкий азот).

Самыми распространенными в настоящее время способами замораживания рыбы являются воздушное замораживание в аппаратах интенсивного действия и замораживание в многоплиточных аппаратах, в которых рыба, предназначенная для замораживания, предварительно формуется в блоки, для чего применяются специальные металлические противни. Также возможно замораживание в аппаратах блоками с подпрессовкой рыбы. Подпрессовка, способствующая равномерному отводу тепла от блока рыбы при замораживании, устранение непосредственного контакта рыбы с воздухом способствуют получению замороженного продукта высокого качества.

Естественным холодом замораживают рыбу в районах сурового климата при подледном лове, когда только что пойманную еще живую рыбу раскладывают на ледяной площадке водоема в один ряд так, чтобы теплообмен с окружающей средой происходил по максимальной ее поверхности. При сильном морозе (минус 15 °С и ниже) и ветреной погоде рыба замораживается очень быстро. При замораживании в этих условиях жабры у рыбы застывают в раскрытом состоянии, плавники поднимаются, глаза выдаются наружу, в промежутке между жабрами появляется полоса бордового цвета. Это признаки безукоризненной свежести рыбы, такой товар называют пылким.

Замороженная рыба должна храниться в камерах холодильника или транспортироваться при той температуре, до которой она была заморожена. В трюмах рефрижераторных судов и холодильных камерах береговых холодильников имеются условия для производства и хранения рыбы при температуре минус 18 – минус 20 °С, иногда при более низких температурах – минус 25 – минус 30 °С.

Однако в процессе холодильного хранения в продукте наблюдаются физические и биохимические изменения, обусловливающие ухудшение его качества в процессе хранения, которые носят физический (усушка, изменение цвета, гистологической структуры) и биохимический (гидролиз белков, окисление липидов, накопление продуктов, образующихся при распаде) характер.

Усушка – физические изменения, характеризующиеся уменьшением массы продукта в процессе хранения. Величина усушки обусловливается разностью между влагосодержанием воздуха над продуктом и влагосодержанием воздуха в холодильном помещении, где хранится или транспортируется продукт. Усушка, особенно при продолжительном хранении, вызывает не только уменьшение массы продукта, но и существенное понижение его качества, так как приводит к ухудшению усвояемости продукта, а также его вкуса и внешнего вида. На величину усушки влияют вид, состояние и размер продукта, род упаковки, способ укдадки и расположение продукта в камере или трюме, система охлаждения и величина теплопритоков, режим хранения, продолжительность хранения и степень загрузки холодильного помещения. Величина усушки зависит не только от вида рыбы, но и от ее массы.

Предохранить рыбу от усушки возможно с помощь глазирования. Также глазурь способствует сохранению ароматических веществ рыбы, затрудняет доступ внутрь рыбы воздуха, предохраняя жир от окисления.

Глазирование – процесс образования защитного слоя льда на поверхности мороженой пищевой рыбной продукции при орошении или погружении ее в питьевую или чистую воду с растворенными в ней пищевыми добавками или без них.

Глазурь образуется при погружении или орошении замороженной рыбы чистой водой, предварительно охлажденной до температуры 1–2 °С. В процессе образования глазури, т. е. при изменении агрегатного состояния воды, выделяется теплота затвердевания, которая поглощается рыбой и частично окружающей воздушной средой. Во избежание повышения температуры мороженой рыбы следует увеличивать количество теплоты, поглощаемой окружающим воздухом, например, путем обдувания рыбы холодным воздухом сразу после нанесения на нее водяной пленки (путем погружения или путем орошения рыбы водой). Обычно ледяная глазурь очень прочно держится на поверхности мороженой рыбы или блоков.

Количество глазури на рыбе, замороженной до температуры минус 10 °С, не зависит от времени пребывания ее в глазировочной ванне. При температуре рыбы минус 18 °С количество глазури непрерывно увеличивается – через 30 с оно равно приблизительно 2 % от массы рыбы, через 120 с – около 3,5 %. В промышленности применяется многократное глазурование, при котором толщина глазури увеличивается.

В настоящее время для уменьшения усушки и биохимических изменений, происходящих под действием кислорода воздуха, широко используется упаковочная полимерная пленка, в которую упаковывают блоки рыбы до замораживания. Важнейшими свойствами упаковочных пленок, определяющими их широкое применение в процессах холодильного консервирования рыбы, являются их полная безвредность для продукта при контакте с последними, низкая парокислородопроницаемость и морозостойкость. Упаковка рыбы в такие пленки, в особенности при вакуумировании, снижает испарение влаги, тормозит механохимические, гидролитические и окислительные процессы.

Срок хранения и качество мороженой рыбы зависят главным образом от качества сырья, способа и скорости замораживания и условий хранения готовой продукции. В производстве высококачественных мороженых рыбных продуктов важное значение имеют биохимические и физические изменения, происходящие в рыбе в процессе замораживания, режим замораживания (скорость продолжительность процесса, конечная температура мороженой рыбы), расход холода, а также способы замораживания рыбы и их особенности.

5.1.4 Применение холодильной технологии для молочных продуктов

Для производства, транспортирования, хранения и реализации молока и молочных продуктов требуется обязательное присутствие холода. Для сохранения первоначальных свойств и продления бактерицидной фазы мо-

локо фильтруют и охлаждают сразу же после доения до 2–10 ^{0}С. В специальных молочных охладителях для охлаждения молока бесконтактным способом применяют холодную воду, рассол. В этом случае охлаждение осуществляется быстро – в течение нескольких минут.

Если молоко с ферм после каждого доения сразу же отправляют на завод, то нецелесообразно проводить низкотемпературное охлаждение. В таких случаях температуру охлаждения выбирают в зависимости от промежутка времени, которое проходит с момента конца охлаждения молока на ферме до момента доставки его на завод. Если этот промежуток не превышает 6 ч, то молоко охлаждают до 10 ^{0}С, если 12 ч – до 8 ^{0}С, если 24 ч – до 5 ^{0}С.

На молочном заводе упакованные продукты охлаждают в воздушной среде при температуре 0 ^{0}С и скорости движения воздуха до 1 м/с.

5.2 Посол как способ консервирования сырья животного происхождения

Под посолом понимают обработку сырья поваренной солью и выдержку его в течение времени, достаточного для равномерного распределения соли в нем. В зависимости от массовой доли соли в продукте посол выполняет роль вкусового (вкусовой посол) или консервирующего фактора (повышение концентрации соли на 1 % снижает активность протеолитических ферментов на 3,5–4,5 %. При концентрации соли 10 % в мышечной ткани практически останавливается развитие гнилостных палочковидных микроорганизмов. При 15 % приостанавливается деятельность гнилостных кокковых. Однако даже в насыщенных растворах продолжает развиваться плесень и солинария).

В результате обработки солью сырья возможно либо получение готового пищевого продукта, либо полуфабриката, используемого в дальнейшем для производства копченого, сушеного, вяленого пищевого продукта.

Сущность посола как способа консервирования заключается в насыщении тканевого сока сырья солью в дозировках, достаточных для угнетения жизнедеятельности микрофлоры, и понижении активности тканевых ферментов сырья. При производстве некоторых видов продукции (холодное копчение, вяление) консервирующий эффект поваренной соли усиливается за счет снижения влажности, добавления химических добавок (бензойнокислый натрий и др.), упаковки и др.

Способы посола. В промышленной практике используют различные способы (см. таблицу 5.2).

В зависимости от способа внесения соли существует сухой, тузлучный и смешанный способы посола.

Сухой способ посола заключается в том, что продукт натирают посолочной смесью и послойно пересыпают солью во время укладки в посольные емкости.

Мокрый (тузлучный) способ заключается в том, что сырье погружают в раствор поваренной соли различной концентрации (тузлук).

Таблица 5.2 – Классификация способов посола

Основные признаки	Классификация способов
Способ образования системы «сырье – соль – солевой раствор»	Сухой, мокрый (тузлучный), (игольчатый, безигольчатый), смешанный (комбинированный)
Температура просаливания	Теплый (5–15 ^{0}С), охлажденный (5 – минус 2 ^{0}С), холодный (минус 2 ^{0}С и ниже)
Концентрация соли в посольном растворе	Насыщенный (крепкий), ненасыщенный (слабы, средний)
Степень завершенности процесса просаливания	Законченный, прерванный

Тузлук (натуральный) – это раствор соли, в который при просаливании переходит из рыбы некоторое количество органических веществ (водо- и солерастворимые компоненты продукта). В производстве тузлуком называют раствор соли, используемый для посола,

Тузлучный посол дает возможность получить продукт с любым содержанием соли в зависимости от концентрации тузлука. При установлении равновесия концентрации соли в тузлуке и тканях сырья посол считается законченным. Если продукт удаляется из посольной емкости, прежде чем установилось равновесие (т. е. с меньшей концентрацией соли, чем в тузлуке) посол является прерванным. Для приготовления раствора поваренной соли (искусственный тузлук) применяют солеконцентраторы (оборудование, предназначенное для приготовления соленого раствора нужной плотности). Искусственный тузлук с максимальным содержанием соли (насыщенный тузлук) имеет плотность, измеряемую ареометром, 1,2 (температура 20 ^{0}С) при концентрации поваренной соли 26,4 %.

Возможен также другой метод мокрого посола – шприцевание (инъектирование). При данном методе солевой раствор вводят в ткань сырья в виде струи под давлением (с помощью инъекторов).

При смешанном (комбинированном) посоле сырье подвергается воздействию сухой соли и солевого раствора. Сырье натирают или перемешивают сухой солью или посолочной смесью (соль, пряности и другие ингредиенты по рецептуре) и затем добавляют солевой раствор.

В зависимости от температуры сырья во время посола различают холодный, охлажденный и теплый способы. При холодном посоле температура сырья и тузлука в течение всего периода посола не превышает минус 8 – минус 2 ^{0}С. Разновидностью холодного посола является охлажденный посол. При теплом посоле температура сырья и тузлука в течение всего периода посола обычно выше 10 ^{0}С, верхний предел ее хотя и не нормируется, но не должен превышать 15 ^{0}С. Температура производственных помещений для теплого посола практически не отличается от температуры наружного воздуха.

По степени завершенности посол может быть законченным и прерванным. Законченный посол характеризуется одинаковой (равновесной) концен-

трацией хлорида натрия в мышечной ткани рыбы и в растворе соли, а также равенством концентраций ее во всех слоях мяса. Все посолы, при которых просаливание прервано до установления равновесной концентрации в системе рыба-тузлук, относятся к прерванным.

Существуют понятия «насыщенный» и «ненасыщенный» посолы. К насыщенному относят посол, при котором концентрация хлорида натрия в тузлуке не ниже 26 %; к ненасыщенному – при котором концентрация соли в посольном растворе ниже 20 % (при ненасыщенном среднем посоле 15–20 %, при ненасыщенном слабом 10–15 %).

5.2.1 Посол мясного сырья

При выдержке мяса в посоле происходят диффузионный обмен, изменение микрофлоры, стабилизация цвета, ферментативные и другие процессы, наиболее важными результатами которых являются повышение нежности мяса и формирование вкуса и специфического аромата.

Основными ингредиентами посолочной смеси являются поваренная соль (хлорид натрия) и нитриты, но ее состав может бьггь изменен в зависимости от используемого сырья и вида готовых изделий. Эти факторы определяют и способы посола.

Диффузионный обмен. В результате разности осмотического давления между мясом и рассолом происходит обменная диффузия. Хлорид натрия с рассолом проникает по капиллярам в мышечную ткань. Клетки (волокна) сначала обезвоживаются, затем повышается их влагосвязывающая и влагоудерживающая способность в связи с изменением свойств белков мышечной ткани (в основном миозина и актина), которые адсорбируют ионы хлора и их изоэлектрическая точка смещается в кислую сторону (pH 4,7–4,8).

При посоле мяса в неконцентрированных рассолах оно набухает, в концентрированных рассолах – сначала обезвоживается, затем обводняется, при посоле сухой солью – обезвоживается.

Влияние посола на изменение влагосвязывающей способности зависит от концентрации поваренной соли в мясе. При ее концентрации 6–8 % влагосвязывающая способность снижается.

Чем выше в соленом мясе влагосвязывающая и влагоудерживающая способность, тем нежнее консистенция и сочнее готовая продукция.

В процессе посола в рассол из мяса переходят белковые, экстрактивные, минеральные вещества и водорастворимые витамины. Так, при мокром посоле говядины при выдержке 20 сут потери питательных веществ в мясе составляют (% исходного содержания): белков 2,2, азотистых экстрактивных веществ 25, фосфорных соединений 17. Однако выдержанные в посоле мясопродукты лучше усваиваются и обладают высокими органолептическими свойствами.

Изменение микрофлоры. Посол является способом консервирования. Консервирующее действие нитритного посола обусловлено тремя факторами: бактериостатическими свойствами хлорида натрия, развитием молочнокислых бактерий – антагонистов гнилостной микрофлоры, а также бактерицидными

свойствами нитритов. Консервирующее действие поваренной соли заключается в том, что она создает высокое осмотическое давление, вызывающее обезвоживание тканей мяса (питательная среда) и самих микробных клеток, в результате многие микроорганизмы или прекращают развиваться, или отмирают. Ионы хлора поваренной соли нарушают протеолитическую активность многих микробов, в частности гнилостных. Насыщенные рассолы практически не содержат кислород. Уменьшение содержания кислорода сдерживает развитие аэробной микрофлоры, но не влияет на рост факультативных анаэробов и может способствовать увеличению количества строгих анаэробов.

К поваренной соли более устойчивы некоторые молочнокислые и патогенные, гнилостные аэробные бациллы, анаэробные клостридии. Но наиболее устойчивы многие плесени, некоторые дрожжи, пигментные микрококки и др.

Поваренная соль обладает в основном бактериостатическим, а не бактерицидным действием. Многие микроорганизмы, неспособные размножаться при высоких концентрациях соли, сохраняют свою жизнеспособность. Развитие Cl. botulinum и выделение им токсина прекращаются лишь при концентрации соли 12 %.

В процессе посола качественный состав микрофлоры изменяется. К концу посола в микрофлоре доброкачественной солонины и рассолов 80–90 % молочнокислых бактерий, которые постепенно адаптировались к высоким концентрациям поваренной соли и начали размножаться, подавляя развитие гнилостной и другой нежелательной микрофлоры. Кроме молочнокислых бактерий – выраженных антагонистов гнилостной микрофлоры, развиваются бактерии этой группы, способствующие ароматообразованию при посоле.

В производстве сырокопченых колбас и изделий, в которых ферментация особенно продолжительная, уже несколько десятилетий успешно используются стартовые культуры (молочнокислые закваски), позволяющие интенсифицировать процесс созревания колбасного фарша и мяса.

Солонину без нитритов получить невозможно. При высокой концентрации поваренной соли в солонине без нитритов отсутствовали признаки микробной порчи, она была очень темного цвета, с признаками окисленного жира. В мясной промышленности выдержка в посоле при использовании поваренной соли без нитритов производится только при изготовлении соленого шпика. Нитриты в производстве мясопродуктов проявляют различные свойства, в том числе свойства антиокислителей. Они обладают также бактерицидным действием в отношении некоторых опасных микроорганизмов, в частности Cl. botulinum. В соответствии с европейской классификацией пищевых добавок нитриты относятся к группе консервантов (Е 250 – нитрит натрия).

Ферментативные процессы. В результате сложных биохимических процессов при посоле органолептические свойства мяса изменяются, формируются вкус и аромат соленого мяса. Вкус и аромат свинины, выдержанной в посоле, называется ветчинностью, которая полностью проявляется после варки. В других видах мяса при посоле выраженные специфические вкус и аромат созревшего соленого мяса полностью не формируются.

Вероятно, основная роль в формировании вкуса и аромата ветчинности принадлежит тканевым ферментам, гидролизующим белки и липиды. Кроме того, в отсутствие полезной микрофлоры ветчинность не образуется или медленно формируется в результате воздействия молочнокислых бактерий на углеводы и накопления карбонильных соединений. В отсутствие нитритов ветчинность также не образуется, вероятно, из-за антиокислительных свойств нитритов или продуктов их превращений, замедляющих накопление продуктов окисления липидов с неприятным запахом. Так как ветчинность полностью проявляется после тепловой обработки, большое внимание уделяется карбониламинной реакции.

В состав посолочной смеси, кроме хлорида натрия, глюкозы, аскорбиновой кислоты, входит также сахар, который способствует развитию полезной микрофлоры и необходим для улучшения вкуса продукта (смягчения его солености).

Глутаминат натрия (Е 621) – усилитель вкуса – широко используется в пищевой промышленности, в частности в производстве пищевых концентратов первых и вторых блюд, приправ – придает мясопродуктам сладковатый привкус, повышает нежность мяса и способствует сдвигу pH в нейтральную сторону. Он может вызвать аллергию, противопоказан людям, страдающим заболеваниями верхних дыхательных путей, не допускается в производстве детских консервов и концентратов.

Полифосфаты (Е 450 – дифосфаты) – стабилизаторы консистенции. Они повышают pH мяса и увеличивают его влагосвязывающую способность. Кроме того, полифосфат натрия аналогично АТФ способствует распаду актомиозина на миозин и актин.

Фосфаты добавляются в сырье в количестве не более 0,3 % массы. Отрицательного влияния фосфатов на организм человека не выявлено, но избыток фосфора затрудняет усвоение железа организмом человека, поэтому количество фосфатов в готовых мясопродуктах регламентируется.

Нитриты токсичны, приводят к образованию метгемоглобина при этом снижается способность крови переносить кислород. Сильное отравление нитритами может привести к смерти человека. Количество вводимого нитрита составляет 0,005–0,01 % массы мясного сырья при посоле; массовая доля нитрита натрия в готовой продукции – не более 0,003– 0,005 %. Нитриты также являются предшественниками канцерогенных нитрозаминов.

Способы посола мясного сырья. В производстве соленого шпика используется сухой посол. На дно ящиков или чанов насыпают слой соли и укладывают пластины шпика шкурой вниз, каждый слой пересыпают солью. Шпик выдерживают в посоле 7–10 сут.

В производстве копчено-запеченых и вареных изделий используется мокрый посол. Изделия характеризуются нежной сочной консистенцией, но неустойчивы в хранении. Сырье подвергают шприцеванию и механической обработке, массированию и тумблированию, так как диффузионный обмен при этом недостаточно интенсивен. В бескостное сырье рассол вводится многоигольчатым шприцеванием, в отрубы сложной конфигурации с костями – одноигольча-

тым шприцеванием. В процесс массирования или тумблирования (более интенсивная обработка) в тканях образуются микротрещины, что повышает их проницаемость. Механическая обработка способствует также более интенсивному перемещению посолочных веществ в тканях. Затем мясное сырье укладывают в чаны и заливают рассолом.

Традиционная технология мокрого посола предусматривает выдержку в рассоле изделий при температуре не выше 2 °С в течение 40–50 (длительный) или 15–18 (обычный) суток. Она сейчас практически не применяется.

В производстве сырокопченых, копчено-вареных и вареных изделий из свинины используется смешанный посол. Возможно предварительное шприцевание. Продукт натирают солью, выдергивают в сухом посоле одни сутки и более, затем заливают рассолом, выдерживают 5–7 сут в рассоле и до 5 сут вне его. Посол производится при низких положительных температурах. В производстве сырокопченых окороков применяют традиционный смешанный посол (сут): сухой – 3–5, мокрый – 15–25, выдержка в штабелях (после пересыпания небольшим количеством соли) – 5–10.

5.2.2 Посол сырья водного происхождения

По массовой доли соли в мышечной ткани соленую рыбу классифицируют на:

– малосоленую (массовая доля соли в мышечной ткани рыбы от 4,0 до 6,0 % включительно, малосоленые лососи – от 3,0 до 5,0 %);

– слабосоленую (массовая доля соли в мышечной ткани рыбы от 6,0 до 9,0 % включительно, слабосоленые лососи – от 5,0 до 8,0 %);

– среднесоленую (массовая доля соли в мышечной ткани рыбы от 9,0 до 13,0 % включительно);

– крепкосоленую (массовая доля соли в мышечной ткани рыбы от 13,0).

Диапазоны массовой доли соли варьируются в зависимости от вида рыбы и стандарта. Соленые рыбные товары подразделяют на следующие группы: сельдь соленая (ГОСТ 815–2019), сельдь пряная (ГОСТ 1084–2016); соленые и пряные рыбы анчоусовые и мелкие сельдевые (ГОСТ 32807–2014); лососи соленые (ГОСТ 7449–2016), сельди и сардины океанические соленые и пряного посола (ГОСТ 1084–2016), рыба соленая, рыба пряного и маринованного посолов.

Массовая доля соли в мышечной ткани (соленость) – содержание соли в мышечной ткани рыбы, %.

Концентрация соли в мышечной ткани – содержание соли в мышечном соке. Концентрация превышает соленость. Разница тем выше, чем больше содержание жира в мышечной ткани.

Для взаимосвязи можно пользоваться формулой (5.1):

$$C = \frac{100 \cdot S}{S+W}, \qquad (5.1)$$

где S – массовая доля соли,%; С – концентрация.

Учитывая низкие консервирующие свойства соли при производстве малосоленой продукции посол комбинируют с другими способами консервирования:

- охлаждение, замораживание;
- добавление пищевых кислот;
- использование консервантов.

Характеристика компонентов посольного раствора. В рыбной промышленности пищевая соль используется в качестве вещества, придающего вкус готовой продукции и как консервант. Для производства соленой продукции используют пищевую соль (ГОСТ 51574–2018).

Пищевую соль подразделяют следующим образом:

- по происхождению сырья – галит (каменная соль, добывается из осадочных пород), морская (выпаренная из морской воды) и самосадочная (добывается из соляных озер);
- способу производства – молотая, выварочная;
- способу обработки – с добавками и без добавок;
- качеству – экстра, высшего, первого и второго сортов;
- гранулометрическому составу – размером частиц для сорта «экстра» и помолов № 0, 1, 2, 3.

Помол – величина кристаллов соли. Для сухого посола обычно используется соль помолов 2 и 3.

Для быстрого растворения соли используется более мелкая соль. Однако мелкая соль, обладая повышенной гигроскопичностью, при недостатке воды на поверхности рыбы до образования первых порций рассола сильно обезвоживает покровные ткани и тем самым замедляет проникновение соли в мясо.

Консерванты. Рыба и рыбные продукты, богатые белком, служат хорошей питательной средой для микроорганизмов. Использование консервантов позволяет увеличить сроки хранения сырья и готовой продукции без существенного снижения качества, а также предупредить нежелательные изменения сырья в процессе технологической обработки.

Консерванты можно условно разделить на собственно консерванты и вещества, обладающие консервирующим действием помимо других полезных свойств. Действие первых направлено непосредственно на клетки микроорганизмов – замедление ферментативных процессов, синтеза белка, разрушение клеточных мембран. Действие вторых отрицательно влияет на микробы в основном за счет снижения РН среды, активности воды или концентрации кислорода. Консервант должен быть эффективным против микроорганизмов, содержащихся в данной пищевой системе; оставаться в продуктах в течение всего срока хранения; не влиять на органолептические свойства продукта; быть технологичным и доступным.

Собственно консервантами, используемыми при производстве соленой рыбы в настоящее время являются: кислоты – сорбиновая (Е 200), бензойная (Е 210) и их соли.

Используется при производстве готового соленого продукта. В полуфабрикат для копчения консерванты не добавляются.

Бензойная кислота (Е210) представляет собой бесцветные игольчатые кристаллы, плохо растворимые в воде. Поэтому в технологии рыбных продуктов применяют ее натриевую соль (Е211). Консервирующее действие этих добавок проявляется только в кислой среде (РН 2,5–3,5). Бензойная кислота и бензоат натрия оказывают сильное бактерицидное действие на дрожжи, подавляя жизнедеятельность бактерий маслянокислого и уксуснокислого брожения путем блокирования ферментов и замедления обмена веществ в микроорганизмах. Максимальный уровень для бензойной кислоты регламентируется ТР ТС 029/2012 и составляет для соленой рыбы 200 мг/кг.

Бензоат натрия широко используется при консервировании рыбных пресервов, слабосоленой продукции, икры. Присутствие фосфатов и хлоридов усиливает активность бензойной кислоты и бензоата натрия.

Сорбиновая кислота (Е200) обнаружена в рябине, но в промышленных масштабах получается химическим синтезом.

Кислота представляет собой кристаллическое вещество со слабокислыми вкусом и запахом, плохо растворимое в воде. Широкое применение нашла ее соль – сорбат калия (Е202). Она подавляет рост дрожжей и плесневых грибов и некоторых бактерий, блокируя ферменты. Сорбиновая кислота не обладает биоцидным действием, поэтому добавлять ее целесообразно в гигиенически чистые сырье и продукты. Оптимум РН для этой добавки – ниже 6,5. Консервирующая доза составляет 0,05–0,1 %. Максимальный уровень для сорбиновой кислоты регламентируется ТР ТС 029/2012 и составляет для соленой рыбы 200 мг/кг.

Сорбиновая кислота и сорбаты, а также бензойная кислоты и бензоаты могут использоваться при производстве соленой рыбы и пресервов в комбинированном виде.

Молочная кислота (Е 270) и ее соли лактаты (Е 325–327). Молочная кислота проникает в клетки микроорганизмов, диссоциирует с выделением протонов, которые снижают РН внутри клетки. Лактаты не оказывают бактерицидного действия, замедляют рост и размножение бактерий. Лактаты могут быть использованы в роли антиокислителей.

Процесс производства соленой продукции состоит из трех периодов:

1-й период – посол, обеспечивающий контакт соли с сырьем;

2-й период – период просаливания, в течение которого происходит основное распределение соли и воды в системе сырье-тузлук;

3-й период – период созревания, в процессе которого формируются вкусо-ароматические свойства продукта.

Период посола является наиболее кратковременным и в зависимости от уровня механизации процесса и занимает несколько минут. Процесс просаливания в зависимости от размера, химического состава (соотношение мышечной, жировой ткани, сухожилий и т. д.) сырья и концентрации соли в системе про-

должается от нескольких минут до нескольких суток (15–20). Наиболее продолжительным процессом является процесс созревания, продолжительность которого может колебаться от 10–15 сут до нескольких месяцев, в зависимости от ряда факторов (вид сырья, ферментативная активность тканей, температура хранения, содержание соли в продукте и др.).

Основные факторы, влияющие на скорость просаливания рыбы:

- размеры рыбы;
- характер тканей и их состояние. Жировая подкожная ткань и шкура оказывает большое сопротивление проникновению воды и соли. Снятие кожи у тощей весенней сельди ускорило просаливание в 2,1 раза, а у жирной сельди только в 1,3 раза;
- чешуя также оказывает заметное сопротивление просаливанию, поэтому при посоле крупной рыбы чешую натирают солью;
- способ и техника посола: при смешанном посоле рыба просаливается несколько быстрее, чем при сухом, так как добавление тузлука обеспечивает немедленное начало просаливания рыбы во всем объеме смеси, тогда как при сухом посоле проходит довольно много времени, пока образующийся тузлук покроет всю рыбу;
- химический состав и степень измельчения соли. Экспериментально найдено, что примесь сернокислого кальция до 2 % не оказывает заметного влияния на скорость накопления хлорида натрия в мышечной ткани. Примесь хлорида кальция в пределах 0,3 % является причиной замедления просаливания и увеличения степени обезвоживания мышечной ткани рыб. Хлорид кальция обладает замедляющим просаливание эффектом, чем хлорид магния. Влияние солей щелочноземельных металлов сказывается не только на накоплении хлорида натрия в тканях рыб, но и на консистенции, цвете и вкусе мяса. Примесь иона кальция в количестве 0,4 % вызывает побеление мышечной ткани и придает ей жесткость;
- температура. Влияние температуры на просаливание рыбы сложное, так как параллельно просаливанию идут денатурационные процессы белков, в большей степени зависящие от температуры. Например, при 15 ос для достижения определенной солености потребуется времени на 45 % меньше, чем при 0 ос. Однако это не влечет за собой рекомендаций посола рыбы при повышенной температуре.

Физико-химические процессы при просаливании. В общем виде посол может быть охарактеризован как диффузионно-осмотический процесс, при котором протекает осмос воды из тканей во внешний концентрированный раствор через оболочки клеток, происходит диффузия хлорида натрия из внешнего раствора в ткань и далее распределение его в клеточном (тканевом) соке, представляющем собой сложный раствор некоторых органических, в основном белковых и минеральных веществ рыбы.

Основные диффузионно-осмотические процессы при посоле продолжаются до тех пор, пока концентрация соли в тканях рыбы не будет равна концентрации соли во внешнем растворе. Массообменные процессы характеризуются не только переносом хлорида натрия, воды и других растворимых соединений, но и изменением массы компонентов системы.

Как правило, в первый период посола массы рыбы и соли уменьшается, а тузлука увеличивается. Уменьшение массы рыбы и увеличение массы тузлука пропорциональны концентрации соли в системе. В начальный период количество перемещающейся воды и хлорида натрия не зависит от концентрации соли. При сравнении количества воды, перемещающейся из тканей одного и того же вида рыбы, но различных линейных размеров (длина, толщина), установлено, что чем меньше размеры рыбы, тем быстрее протекает массообмен, и в системе достигается равновесное состояние.

После окончания просаливания масса просолившейся рыбы может увеличиться и достигнуть начальной массы, затем превысить ее. Такое вторичное изменение массы характерно для малосоленой рыбы, происходит за счет впитывания тузлука и носит название «набухание».

Созревание – наиболее важный процесс, формирующий вкусо-ароматические свойства готовой продукции. Под действием ферментов сырья и микроорганизмов происходит распад белковой молекулы, частичный гидролиз и окисление липидов. Продукты гидролиза взаимодействуют между собой с образованием белково-липидных комплексов, который формируют вкусоароматику соленой рыбной продукции.

Пресервы – соленая пищевая рыбная продукция, содержание которой от массы нетто составляет не менее 65 % для рыбы, 55 % – для водных беспозвоночных, икры, водных млекопитающих и других водных животных, а также водорослей и других водных растений, с массовой долей поваренной соли не более 8 %, с добавлением или без добавления пищевых добавок, гарниров, соусов, заливок, в плотно и (или) герметично укупоренной потребительской упаковке, подлежащая хранению в соответствии с условиями, установленными изготовителем [ТР ЕАЭС 040/2016].

На рисунке 5.3 представлена классификация пресервов в зависимости от различных факторов.

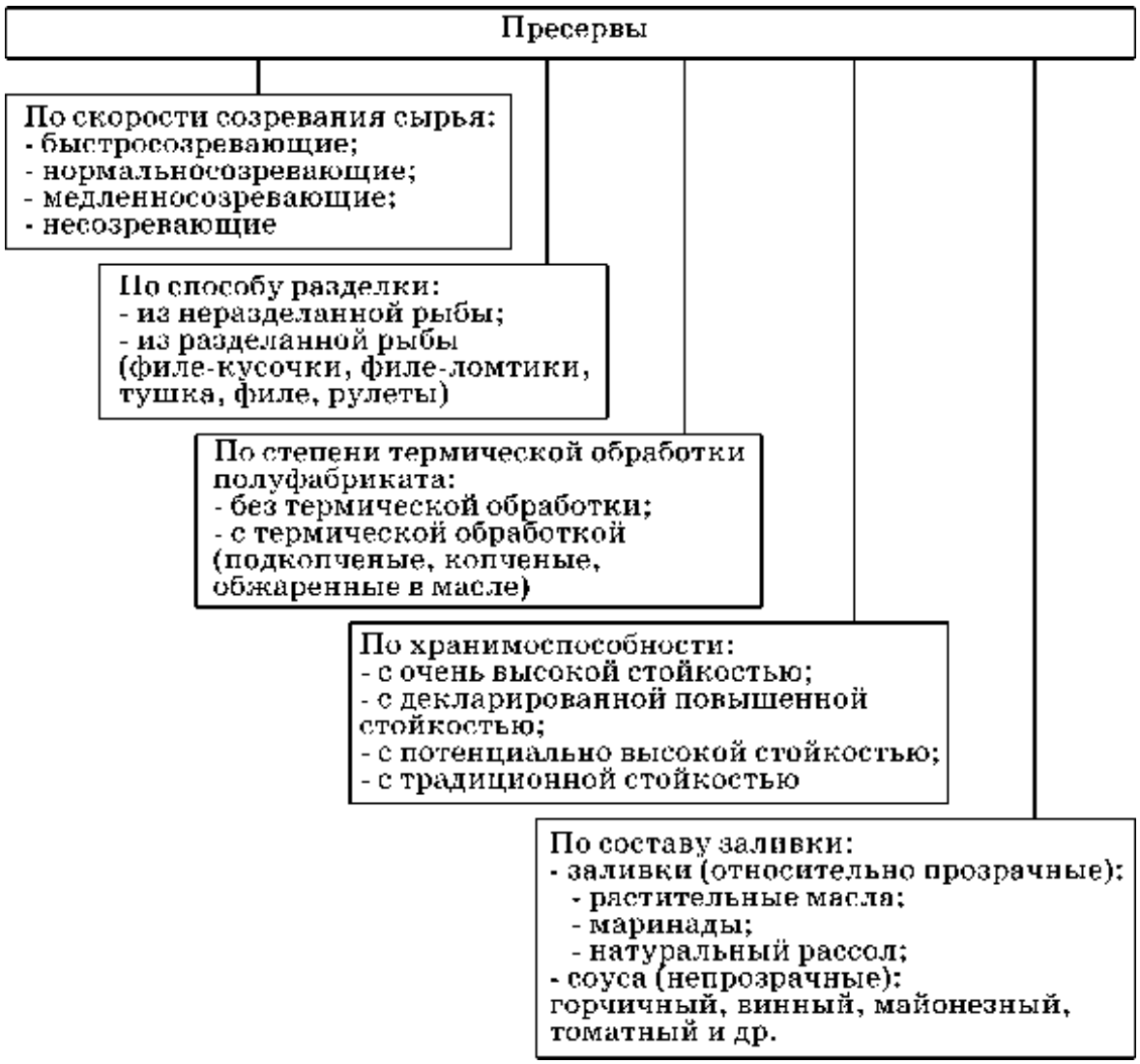


Рисунок 5.3 – Классификация пресервов

5.3 Копчение как комбинированный способ консервирования пищевой продукции

Копчением называют процесс взаимодействия компонентов дыма, полученного при термическом разложении древесины или опилок, с поверхностью продукта. Обработку дымом используют при производстве продукции из животного сырья (мышечная ткань теплокровных животных, рыбы, птицы).

Копчение в основном применялось как метод консервирования рыбы, а затем его стали широко применять для копчения мяса теплокровных животных и птицы. В настоящее время копчение применяют главным образом для придания продукту характерного вкуса и в меньшей степени для повышения его стойкости при хранении.

В зависимости от температуры различают копчение холодное (состоит из двух этапов: подсушка и собственно копчение), горячее и полугорячее (состоит из трех этапов: подсушка, проварка и собственно копчение).

По способу применения продуктов разложения древесины при копчении рыбы и других пищевых продуктов копчение следует подразделять на:

1) дымовое – копчение продуктами разложения древесины в состоянии аэрозоля (дыма);

2) бездымное (мокрое) – копчение продуктами разложения древесины в виде растворов (коптильная жидкость, дымовое масло, коптильный раствор и т. п.);

3) смешанное – копчение продуктами разложения древесины в жидком и газообразном (дым) состоянии. При этом способе копчения рыба последовательно пропитывается жидкими и газообразными продуктами разложения древесины, т. е. применяется в сочетании дымовое и мокрое копчение.

В зависимости от того, как ведется процесс копчения, различают:

1) естественное – осаждение продуктов разложения древесины на поверхности рыбы и проникновение их внутрь тела рыбы – осуществляется без применения специальных технических приемов, активизирующих процесс;

2) искусственное – осаждение продуктов разложения древесины на поверхности рыбы и проникновение их внутрь тела рыбы – осуществляется с применением специальных технических приемов, активизирующих эти процессы;

3) комбинированное (сочетание естественного и искусственного копчения) – некоторые стадии процесса копчения осуществляются с применением специальных технических приемов, активизирующих процессы (токи высокого напряжения и высокой частоты, инфракрасные и ультрафиолетовые лучи, а также другие технические средства).

Топливо при копчении является источником дыма и тепла. Для копчения следует использовать твердые породы деревьев, содержащие наименьшее количество смолистых веществ. В коптильном и сушильном производствах топливо используют в виде опилок, стружек, щепы, чурок и дров.

Коптильный дым получают при неполном сгорании древесины (тлении), медленном горении без пламени при недостаточном доступе воздуха. Коптильный дым состоит из паровой, газовой, жидкой и твердой фаз. В парогазовую смесь входят воздух, газообразные продукты горения (оксид, диоксид углерода), пары коптильных веществ и водяные пары. В жидкую фазу – мельчайшие капельки шарообразной формы высококипящих веществ коптильного дыма.

Химический состав дыма также очень сложен и включает в себя органические кислоты и основания, альдегиды, кетоны, спирты, углеводороды, фенолы и другие органические и неорганические вещества. Из этих веществ наиболее ценными при копчении являются фенолы, летучие кислоты, альдегиды, кетоны. Многие газообразные продукты не участвуют в копчении. Сажа и зола ухудшают качество продуктов, загрязняя их. Метиловый спирт, пиридин ядовиты, полициклические углеводороды [3,4-бенз(а)пирен] канцерогенны.

Состав дыма зависит от температуры в зоне горения. При температуре 350 °С и выше возможно воспламенение древесины. При этом в дыме будет больше конечных продуктов горения, а также канцерогенных углеводородов и меньше полезных веществ: фенолов, кислот, фурфурола, диацетила. Кроме того, ухудшается запах дыма. Оптимальная температура в зоне горения 300 °С.

На органолептические показатели копченых мясопродуктов большое влияние оказывает порода древесины, которая используется для получения коптильного дыма. Наилучшими породами являются лиственные деревья: бук, дуб, береза (без бересты), тополь, ольха, клен, ясень. Коптильный дым на основе хвойных пород (сосна и ель) придает готовым изделиям резкий оттенок запаха скипидара, загрязняет продукт сажей.

Влажность древесины также влияет на химический состав дыма. С повышением влажности древесины в коптильном дыму увеличивается количество уксусной и муравьиной кислот, а также сажи.

Копчение оказывает консервирующее действие на готовый продукт и задерживает окисление жира. Копченые продукты имеют приятный острый вкус и специфический аромат копчения.

Коптильный дым обладает сильным бактерицидным действием. Оно проявляется на поверхности продукта, где самая большая концентрация веществ коптильного дыма, и во внешнем слое глубиной около 5 мм, так как коптильные вещества медленно диффундируют в продукт. Доброкачественность внутренних слоев продуктов обеспечивается консервирующим действием посола.

Вегетативные клетки в основном отмирают через 1–2 ч обработки дымом, споры – через 7–10 ч. К коптильному дыму очень чувствительны бактерии группы кишечной палочки, протей, золотистого стафилококка, наиболее устойчивы плесени, которые способны развиваться при нарушении режимов хранения даже хорошо прокопченных продуктов. Наиболее сильные бактерицидные свойства выявлены у высококипящих фракций фенолов и органических кислот.

При копчении создаются условия, благоприятные для развития полезной микрофлоры.

Вещества коптильного дыма, оказывающие наибольшее влияние на формирование специфических вкуса и аромата копченого продукта, недостаточно изучены. К ним относятся фенолы среднекипящей фракции (гваякол, метилгваякол, эйгенол и др.), ароматические альдегиды (ванилин, фурфурол), а также диацетил и органические кислоты (ангеликовая, лигноцериновая). В формировании вкуса и аромата копченых изделий участвуют также вещества, образующиеся при взаимодействии коптильного дыма и продукта.

В коптильном дыме значительное количество разнообразных карбонильных, а в мясе азотистых веществ (оснований, аминокислот, белков). Карбониламинные реакции должны быть достаточно интенсивны, особенно при горячем копчении. В копченых продуктах обнаружены также вещества дыма с не-

приятным запахом (пиридин и его гомологи, некоторые алифатические альдегиды и кетоны).

Цвет поверхности жира копченых продуктов – золотисто-желтый, мышечной ткани – красновато-коричневый, шкуры – светло-коричневый. Некоторые коптильные агенты окрашены. Так, фенолы имеют светло-коричневый цвет, карамелизованные сахара – красновато-коричневый, смолы – светло-коричневый. Вероятно, они формируют цвет копченостей, адсорбируясь на продукте. По истечении времени после копчения цвет становится интенсивнее, что связано с образованием смолистых веществ за счет окисления и полимеризации фенолов и альдегидов. Окраску обусловливают также продукты карбониламинной реакции между карбонильными веществами дыма и аминокислотами, белками и аминами мяса.

На коллаген и другие фибриллярные белки оказывают дубящее действие вещества коптильного дыма, наиболее активным при этом является формальдегид. Он, реагируя с аминокислотами белков, «соединяет» белковые молекулы, которые теряют гидрофильные свойства. В процессе копчения происходит частичное обезвоживание продуктов; биохимические процессы при невысоких температурах копчения продолжаются.

Взаимодействие фенолов и полифенолов с сульфгидрильными группами (–SH) аминокислот и карбонильных соединений с аминогруппами аминокислот снижает биологическую ценность белков. Нитрозгазы коптильного дыма участвуют в реакции нитрозирования с образованием канцерогенных нитрозаминов.

Копчение проводят в коптильных или обжарочных камерах. Дым получают в дымогенераторах, в которых он приводится в движение вентилятором. В топках сжигают мелко нарубленные дрова, засыпанные опилками, или опилки. Температура дыма, подаваемого в камеры из дымогенератора, регулируется терморегулятором.

Отрицательные последствия дымового копчения можно устранить или уменьшить, используя коптильные препараты и ароматизаторы. Коптильные препараты получают конденсацией коптильного дыма, очисткой жидких продуктов пиролиза древесины (термическое разложение древесины без доступа воздуха) и другими способами. В коптильных препаратах отсутствуют или имеются в незначительном количестве канцерогенные углеводороды, но в их состав входят смолы, поэтому их используют для поверхностной обработки продукции. В отличие от коптильных препаратов коптильные ароматизаторы вводят непосредственно в продукт.

5.3.1 Копчение мясного сырья

В мясной промышленности в зависимости от температуры дыма и продолжительности операции различают следующие виды копчения: холодное, горячее, копчение-запекание и обжарку (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Характеристика видов копчения

Вид копчения	Температура дыма,°С	Продолжительность операций, ч	Производство
Холодное	18–20	48–72	Сырокопченых колбас и изделий из свинины
Горячее	30–50	2–6	Копчено-вареных изделий из свинины
		До 24	Полукопченых колбас
		До 48	Копчено-вареных колбас
Копчение-запекание	85–95		Копчено-запеченых изделий из свинины:
		2	пастромы
		8	корейки, грудинки, бекона
		11–12	окорока и рулетов
Обжарка	80–100	0,5–2(в зависимости от диаметра батона)	Вареных и полукопченых колбас, сосисок и сарделек

5.3.2 Копчение рыбных продуктов

Горячее копчение представляет собой процесс пропекания рыбы в потоке дымовых газов, в результате чего она проваривается, приобретает аромат и вкус копчености. При горячем копчении основным консервирующим агентом является воздух (дым), нагретый до температуры 80–170 ^{0}С.

Технологическая схема производства продукции горячего копчения состоит из следующих операций: приемки, размораживания, разделки, мойки, вкусового посола, ополаскивания, прошивки или обвязки рыбы, навески на рейки, подсушки, проварки, копчения, охлаждения, сортировки, упаковки, хранения.

Посол рыбы для горячего копчения применяют исключительно для придания ей вкуса. Содержание соли в мясе рыбы после посола не должно превышать 2 %; в теплое время года допускается 2,5–3,0 %. После посола рыбу обязательно ополаскивают для удаления с ее поверхности тузлука и загрязнений. Среднюю и мелкую рыбу накалывают на прутки; крупную рыбу, разделанную на кусок и мелкую рыбу допускается раскладывать на сетки; крупную и средних размеров рыбу обвязывают и прошивают шпагатом.

Процесс тепловой обработки обычно выполняется в коптильной камере и состоит, как было сказано выше, из трех этапов: подсушивание, пропекание или проваривание и собственно копчение.

Подсушивание при горячем копчении необходимо для предотвращения падения с прутков и реек. Также данная операция способствует укреплению кожных покровов рыбы, что позволяет в дальнейшем при тепловой обработке предотвратить их разрыв вдоль спинки или по брюшку. Проводят подсушивание при температуре 50–90 ^{0}С в течение 30–40 мин.

Пропекание (проваривание) проводят при t = 100–190 ^{0}С, продолжительность 20–40 мин. Основная цель данной операции – доведение мяса рыбы до полной кулинарной готовности и уничтожение основного количества микроорганизмов.

Собственно копчение – осаждение компонентов дыма на продукт и диффузия их в толщу мышечной ткани. В этот период понижается температура в коптильной камере до 80–100 ^{0}С и одновременно увеличивается количество подаваемого дыма. Продолжительность копчения от 50 до 100 мин. В результате собственно копчения рыба приобретает привлекательный внешний вид и приятный запах копченостей.

Готовую копченую продукцию охлаждают до температуры не выше 25 ^{0}С, после чего сортируют по качеству в соответствии с требованиями стандартов. Рассортированную рыбу упаковывают в тару (ящики, короба) предельной массой до 20 кг. Хранить данную продукцию рекомендуется на складах при температуре от 2 до минус 2 ^{0}С не более 72 ч.

Рыба холодного копчения – продукт со специфическим вкусом и ароматом копчености, употребляемый в пищу без дополнительной кулинарной обработки. Наиболее распространенной продукцией холодного копчения является лещ, скумбрия, ставрида, сельдь и др.

По видам разделки рыбу холодного копчения выпускают: неразделанной, потрошеной с головой и обезглавленной, жаброванной, зябренной, в виде пласта с головой и обезглавленной, полупластом, спинку, боковник, тешу, кусок, филе. Рыбу холодного копчения по качеству делят на 1-й и 2-й сорта.

Последовательность технологических операций при производстве холодного копчения приведена на схеме (рисунок 5.4).

Различают два этапа холодного копчения: подсушивание и собственно копчение. Подсушка рыбы перед копчением необходима для удаления влаги с поверхности рыбы, поскольку влажная поверхность рыбы при копчении вследствие конденсации на ней смолистых веществ будет приобретать непривлекательный темно-коричневый цвет. Также происходит частичное удаление влаги из рыбы (от 7 до 18 % воды в расчете на массу рыбы). Подсушивание ведут при температуре 20–25 ^{0}С, длительность процесса от 2–3 ч до 1,5–2 сут в зависимости от вида, размера, содержания липидов и способа разделки рыбы.

Копчение рыбы проводят при температуре 20–30 ^{0}С в течение от 12–18 ч до 4–5 сут в зависимости от вида и размера рыбы, а также конструкции коптильной камеры.

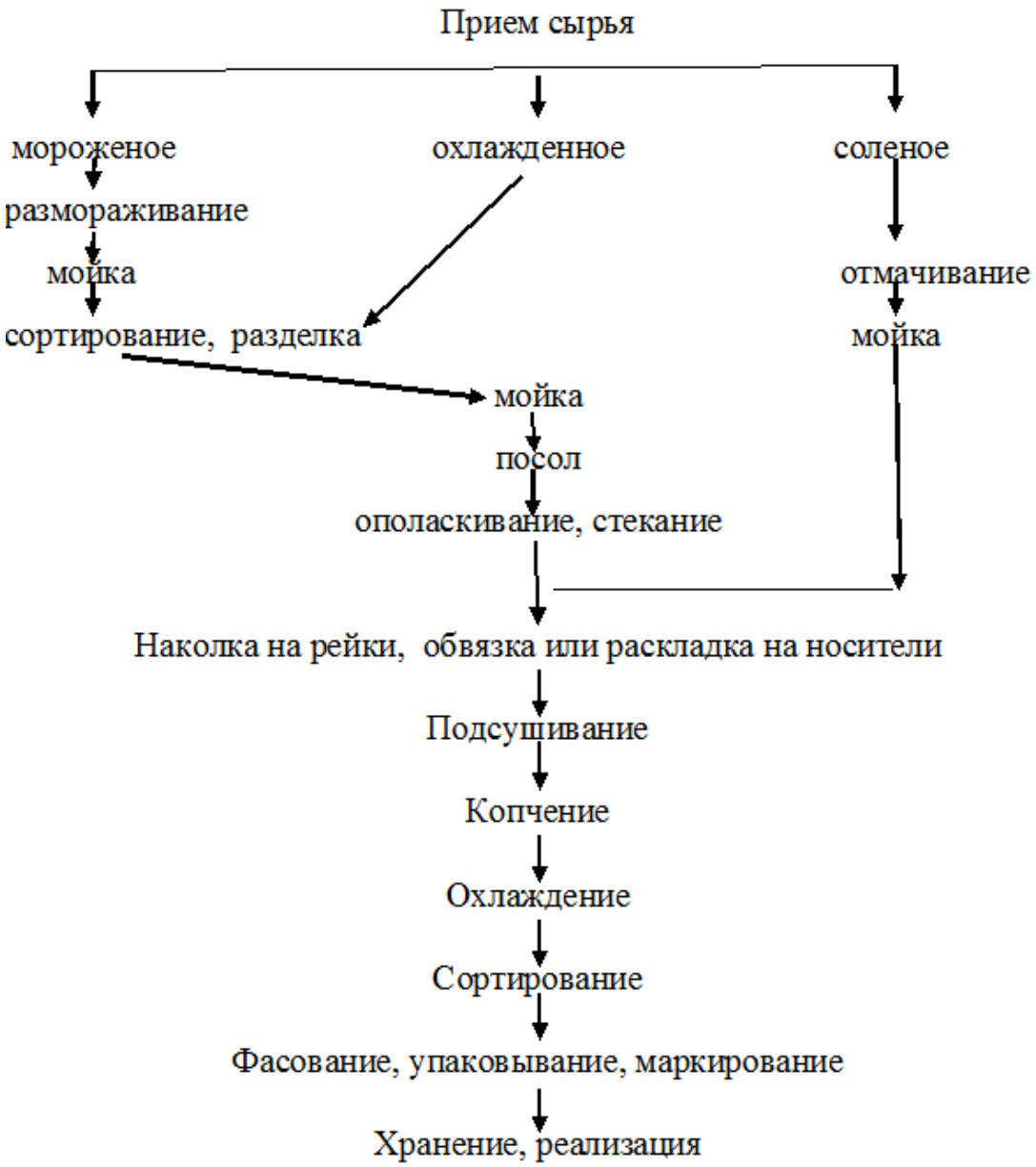


Рисунок 5.4 – Технологическая схема рыбы холодного копчения

Копченую рыбу охлаждают до температуры не выше 20 ^{0}С, упаковывают в дощатые или картонные ящики с пергаментом и хранят при температуре от 0 до минус 5 ^{0}С в течение 2 мес.

Пищевая рыбная продукция горячего копчения – пищевая рыбная продукция, изготовленная из предварительно посоленных рыбы, водных беспозвоночных, водных млекопитающих и других водных животных в процессе горячего копчения и обладающая цветом, запахом и вкусом копченой продукции, полностью проваренная (рисунок 5.5).

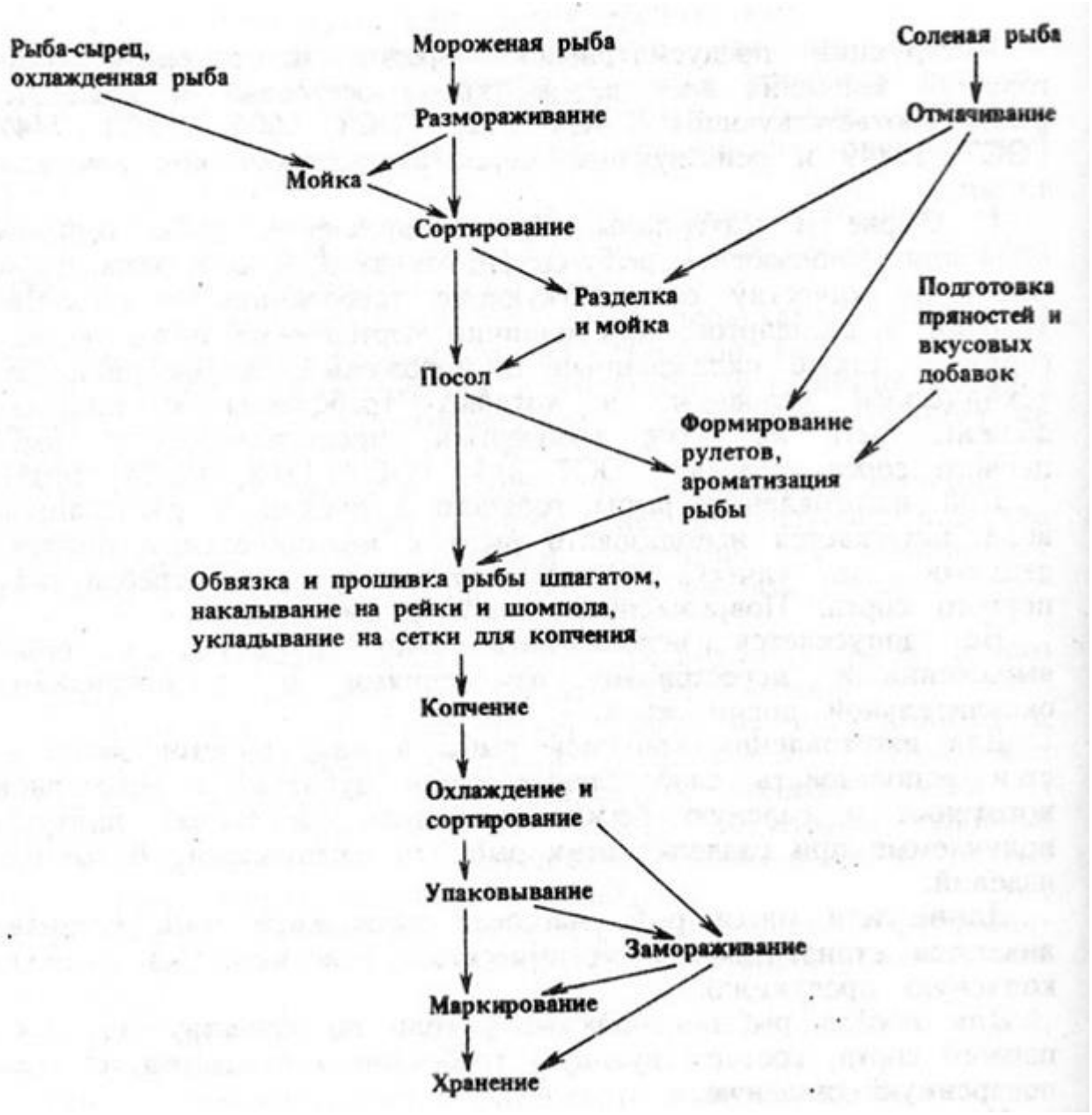


Рисунок 5.5 – Технологическая схема рыбы горячего копчения

5.4 Сушка, как способ консервирования продуктов животного происхождения

История развития сушки как способа обработки пищевого сырья. Сушка пищевого сырья – самый древний способ консервирования. Сушку рыбы впервые стали применять жители древней Вавилонии и Египта около 5000 лет до н. э., а также жители, населявшие берега Персидского залива и Красного моря. 2000 лет спустя (3000 лет до н. э.) сушеная рыба уже имела весьма важное значение в торговле финикийских городов-государств, из которых по торговле рыбными товарами особенно выделялся г. Сидон (город рыбной ловли). Финикийские города в течение двух тысячелетий были основными поставщиками сушеной рыбы многим государствам, расположенным в бассейне Средиземного моря, в том числе и Египту.

Сушеные рыбные продукты в древней Греции назывались меландрия; из осетров и тунцов греки приготовляли продукты, весьма похожие на балычные товары нашего времени.

Русский народ, который вел активную торговлю с Византийским государством и странами Востока, уже в период оформления Киевского государства (IX в.) умел сушить и вялить рыбу. Тысячи бурлаков со всех концов западной и южной России собирались в устье Дона для лова рыбы. Сушеную и вяленую рыбу, приготовленную русскими в устье Дона, развозили по всей России и в больших количествах вывозили в другие государства. Есть основания считать, что норвежцы и шведы (норманы), торговавшие с Византией через русскую территорию, научились сушить рыбу у русских.

С развитием рыболовства и, в частности, добычи трески (XIV в.) на Европейском Севере значительное количество этой рыбы после предварительной разделки на пласт направляли на сушку. Постепенно этот способ консервирования с берегов Средиземного, Черного и Каспийского морей проник на север и стал в наше время довольно распространенным способом обработки тресковых рыб в таких странах, как Норвегия, Канада и Исландия.

Сушеная треска – продукт довольно низкого качества, ее отправляют главным образом в Западную Африку, в страны Латинской Америки и Караибского моря.

В нашей стране сушка трески не получила широкого распространения, тогда как вяление многих рыб имеет большое значение, особенно в Волго-Каспийском и Азово-Черноморском бассейнах. В СССР такими способами консервирования, как сушка и особенно вяление, ежегодно заготавливалось около 150 000 ц рыбных продуктов.

Для производства сушеной и вяленой продукции в настоящее время используют леща, воблу, тарань, рыбца, кефаль, шемаю, треску, судака, щуку, снетка, бычков, корюшку и других рыб. Кроме того, сушка (подсушка) и вяление являются важными процессами, в результате которых улучшается вкус, консистенция и внешний вид продуктов при производстве консервов некоторых видов (сардины) и балычных изделий.

Существуют два основных способа сушки: горячий и холодный. Горячая сушка может происходить только в искусственных условиях – в специальных сушильных установках; температура сушки колеблется от 80 до 200 °С. Холодная сушка осуществляется в искусственных и естественных условиях при температуре воздуха до 40 °С.

Конструкции сушилок весьма разнообразны, но если исходить из давления воздуха в аппарате, при котором осуществляется сушка, и способа организации процесса (периодический или непрерывный), их можно разделить на две группы: атмосферные периодического и непрерывного действия и вакуумные периодического и непрерывного действия**.**

Сушка как метод консервирования пищевых продуктов. Сушкой называют процесс удаления из материалов любой жидкости, в результате чего увеличивается относительное содержание сухой части в высушенном материале. При сушке влажных материалов, в том числе пищевых продуктов, удаляется

главным образом вода, поэтому под сушкой понимают процесс **обезвоживания** материалов.

Консервирование пищевых продуктов методом сушки основано на принципе анабиоза. Известно, что питание микроорганизмов происходит осмотическим путем, всасыванием питательных веществ, поэтому для их развития в продукте должно содержаться определенное количество воды. Развитие бактерий возможно при содержании влаги 25–30% и более, плесневых грибов – 10–15 % и более.

При снижении содержания воды в продукте микробные клетки осмотическим путем отдают свою влагу, в результате чего происходит их плазмолиз, они прекращают свою деятельность.

При высушивании продуктов их влажность снижается до 8–25 %, т. е. до уровня, при котором развитие микроорганизмов невозможно. Однако во время сушки не все клетки микроорганизмов подвергаются плазмолизу, многие микробы попадают в состояние анабиоза и длительное время остаются жизнеспособными. При увлажнении сухого продукта микробы вновь оживают и начинают размножаться, т. е. продукт переходит в прежнее состояние.

Сравнительно с другими методами консервирования сушка имеет **много достоинств**: технология сушки и оборудование для ее осуществления относительно простые, во время сушки уменьшаются в несколько раз масса и объем сырья, тем самым заметно ниже затраты на транспортировку и хранение продукта. Сухие продукты можно хранить при комнатной температуре в обычной, негерметичной упаковке.

Существенный **недостаток метода** сушки – это заметное изменение вкусовых свойств продукта, и особенно его структуры.

Теоретические основы сушки. Принципы обезвоживания и методы сушки материалов различны. По энергетическому признаку можно выделить два основных принципа обезвоживания:

1. Удаление воды из материала без изменения ее агрегатного состояния, т. е. в виде жидкости.

2. Удаление воды с изменением ее агрегатного состояния, т. е. при фазовом превращении жидкости (льда) в пар.

Первый принцип обезвоживания может быть осуществлен механическим методом (прессование, центрифугирование, фильтрация) или при контакте влажного материала с веществами, имеющими более низкий потенциал переноса (контактный массообмен).

Второй принцип сушки связан с затратой теплоты на фазовое превращение воды. В большинстве случаев эта теплота сообщается материалу извне известными способами – кондукцией, конвекцией, радиацией и т. д. Такая сушка называется тепловой.

Применение отдельных принципов обезвоживания и методов сушки обусловлено энергией связи с материалом. Очевидно, если агрегатное состояние воды не изменяется, то может удаляться только вода, менее прочно связанная с материалом. При этом методе энергия затрачивается в основном на преодоление гидравлического сопротивления тела. При изменении агрегатного состоя-

ния воды скорость сушки в большей мере зависит от прочности связи воды с материалом. В этом случае энергия затрачивается как на преодоление силы этой связи, так и на теплоту парообразования.

Влияние различных факторов на процесс сушки. В тканях животного сырья вода распределена между пучками волокон, отдельными волокнами и в самих волокнах. При осмотическом, механическом или тепловом воздействии вода проникает через оболочки со скоростью, зависящей от этого воздействия, а также от формы связи воды с тканями.

Животное сырье относится к влажным и гидрофильным материалам (способность впитывать воду), в которых при сушке наблюдают все виды перемещения воды, обусловленные действием диффузионно-осмотических и капиллярных сил.

Процесс сушки складывается из трех фаз: парообразования на поверхности материала или в глубине его; переноса образовавшихся паров во внешнюю среду через пограничный слой и переноса влаги внутри материала. Скорость сушки зависит от скорости фазового превращения влаги, механизма и скорости перемещения влаги внутри материала и от скорости ее перехода через пограничный слой.

В процессе сушки (так же как и при посоле) движение воды в материале основано на явлении диффузии. Движение пара с поверхности материала в окружающую среду через слой насыщенного водой воздуха у поверхности материала называется **внешней диффузией**. Скорость внешней диффузии зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Движение воды в парообразном или жидком состоянии внутри материала из внутренних ее слоев к поверхности называется **внутренней диффузией.** Внутренняя и внешняя диффузии протекают одновременно и тесно связаны между собой, так как испаряющаяся с поверхности материала вода непрерывно возмещается новыми порциями, поступающими из более глубоких температур материала.

Скорость внутренней диффузии в материале зависит от его химического состава и гистологического строения, градиента влажности, температуры сушки и не зависит от относительной влажности и скорости движения воздуха. Проводником воды из внутренних слоев материала к поверхности является главным образом рыхлая соединительная ткань.

Если скорость внутренней диффузии меньше скорости внешней диффузии, то поверхность высушиваемого объекта быстро высыхает, причем образующаяся корочка замедляет поступление новых порций воды на поверхность; в результате этого процесс сушки приостанавливается.

Механизм протекания процесса сушки. Пищевые продукты как растительного, так и животного происхождения по отношению к сушке отличаются от материалов неживой природы. В пищевых продуктах вода связана с компонентами клетки и образует растворы.

В мясных, молочных и рыбных продуктах влага наиболее прочно связывается белками, содержание которых оказывает решающее влияние на продолжительность сушки.

Протекание процесса сушки можно с большой надежностью оценить по изменению массы материала, что графически выражается в виде кривых. На рисунке 5.6 приведена типичная кривая сушки.

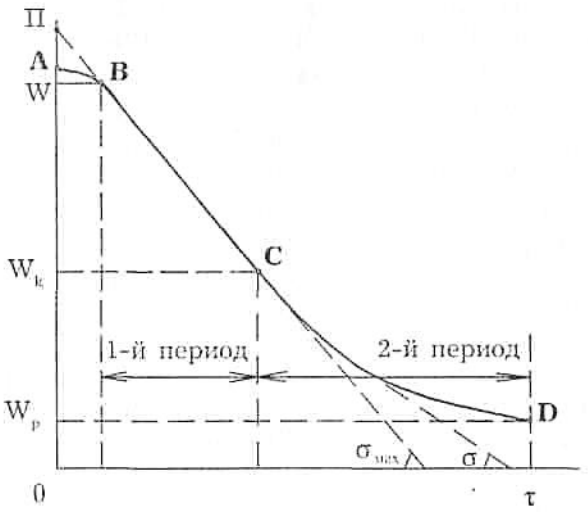


Рисунок 5.6 – Общая кривая сушки

Анализ типичной кривой сушки показывает, что в начале процесса, т. е. в период подогрева продукта (АВ), линия сушки имеет характер кривой, затем влажность изменяется по прямой линии и процесс характеризуется постоянной скоростью сушки (I период). При этом происходит удаление свободной воды и давление пара над продуктом равно давлению пара чистой жидкости, испаряющейся в тех же условиях. Количество воды, поступающей из внутренних слоев, полностью преобразуется в пар и удаляется с поверхности материала. Период постоянной скорости сушки длится до достижения критической влажности $W_к$. После этого начинается II период – период падающей скорости сушки. Линия сушки на этом участке представляет собой кривую. В этот период скорость сушки уменьшается по мере уменьшения влагосодержания, а температура продукта возрастает (для разрыва более сильных адсорбционных связей воды с материалом требуется большая энергия). Форма кривой зависит от характера связи влаги с материалом, структурно-механических характеристик его, т. е. от условий перемещения влаги внутри продукта. Заканчивается кривая сушки при достижении равновесной влажности продукта $W_р$ (когда давление пара у поверхности материала равно парциальному давлению пара в воздухе).

К концу периода сушки температура высушиваемого продукта приближается к температуре сушильного агента.

Способы сушки. Существует большое разнообразие способов сушки пищевых материалов, что обусловлено особенностями материалов, подвергаемых сушке, видами связи влаги с материалом, экономическими соображениями, методами подвода энергии и т. д.

Среди основных методов сушки пищевых продуктов различают конвективную сушку, кондуктивную сушку, сушку под воздействием энергетических полей, сублимационную сушку.

Все эти способы сушки включают в себя подвод теплоты к продукту, фазовое превращение воды (льда), испарение воды на внешней поверхности с углублением поверхности испарения внутрь тела и удаление паров воды с его поверхности.

Конвективный способ. Сушка этим способом наиболее распространена. В качестве сушильного агента применяются нагретый воздух, топочные газы или перегретый пар. Сушильный агент передает материалу теплоту, под действием которой из материала удаляется влага в виде пара, поступающая в окружающую среду. Таким образом, сушильный агент при конвективной сушке является теплоносителем и влагопоглотителем.

Конвективный способ сушки отличается простотой и возможностью регулирования температуры материала. Этот способ сушки является самым распространенным, на нем основана работа подавляющего большинства сушильных установок.

Сушка перегретым паром является эффективной и перспективна для применения в пищевой промышленности.

Преимуществами перегретого пара по сравнению с другими теплоносителями являются повышение тепловой экономичности и интенсификация процесса, отсутствие контакта с кислородом, исключающее окислительные явления при сушке.

Недостатками способа сушки перегретым паром являются сложность оборудования, необходимость повышенной герметизации системы и др.

Для сушки штучных изделий (в том числе рыбы, нерыбных объектов промысла) – **сушка во взвешенном состоянии** – применяют камерные, тунельные, башенные и ленточные сушилки.

Для сушки жидких и пастообразных продуктов (молоко, яичная масса, агаровые растворы) применяется сушка в распыленном состоянии на сушилках распылительного типа. В этих установках создается большая площадь поверхности испарения мелкодисперсных частиц раствора, которые обезвоживаются в потоке горячего воздуха.

Кондуктивная (контактная) сушка. Этот способ сушки основан на передаче теплоты материалу при соприкосновении с горячей поверхностью. Воздух при этом способе служит только для удаления водяного пара из сушилки, являясь влагопоглотителем.

Температура в разных слоях материала различна: наибольшая – у слоя, контактирующего с греющей поверхностью, наименьшая – у наружного слоя. Влагосодержание в процессе контактной сушки постепенно увеличивается от слоев, соприкасающихся с нагретой поверхностью, к наружным слоям. Кондуктивные (контактные) сушилки применяют для сушки как твердых, так и жидких пастообразных продуктов. Для сушки твердых продуктов среди контактных сушилок широко распространены шкафные, работающие при атмосферном давлении или под вакуумом.

Работа вакуумной сушилки основана на понижении под воздействием вакуума точки кипения веществ, находящихся в жидком состоянии. При соответствующем давлении (менее 200 кПа) можно добиться того, что вода будет ки-

петь при температуре менее 60 °С, т. е. при температуре ниже той, при которой начинается свертывание белка. Таким образом, материалы, высушенные при давлении 200 кПа и менее, сохраняют свои первоначальные свойства намного полнее, чем при традиционной сушке.

Скорость процесса сушки под вакуумом в период постоянной скорости в несколько раз, а в период переменной скорости сушки приблизительно в 2 раза выше, чем скорость сушки при атмосферном давлении.

Для сушки жидких и пастообразных продуктов применяют кондуктивные сушилки вальцового типа.

Во внутреннее пространство массивных вальцов поступает пар, а на их поверхность наносится жидкий продукт, покрывающий вальцы пленкой. В результате теплопередачи происходят интенсивный нагрев продукта и испарение из него воды. Сухой продукт снимается с вальцов ножами и попадает в приемные желоба.

Сушка термоизлучением. Сушка инфракрасными лучами (радиационная) осуществляется за счет тепловой энергии. Удельные, т. е. приходящиеся на 1 $м^2$, потоки теплоты в инфракрасных сушилках в десятки раз превышают потоки теплоты при конвективной и кондуктивной сушках сырья, что позволяет достигать высоких скоростей процесса. Однако в результате теплового облучения происходит быстрое нагревание не всего тела, а лишь его поверхности, поэтому интенсивно испаряется только поверхностная вода.

При сушке материалов, имеющих значительную толщину, например кусков рыбы, скорость сушки определяется не удельным потоком теплоты, а скоростью диффузии воды изнутри продукта к его поверхности. Стремление увеличить скорость сушки приводит к подгоранию продукта и образованию вздутий под кожей рыбы. Поэтому толщина биологического материала не должна превышать определенной величины и регулируется с учетом интенсивности инфракрасного облучения, скорости движения транспортера и т. д. Обычно этот способ применяют для производства сушеных рыбных продуктов из сырья толщиной 1–2 см.

Сушка в электромагнитных полях сверхвысоких частот. Сушка в электромагнитных полях сверхвысоких частот (СВЧ) отличается от описанных выше способов принципом передачи теплоты к продукту. Сущность СВЧ-нагрева заключается в том, что при воздействии на диэлектрик (мышечную ткань относят к полупроводникам с преобладанием диэлектрических свойств) электромагнитного поля сверхвысокой частоты направление движения ионов и электронов в теле меняется синхронно с изменением знака заряда электродов, дипольные молекулы приобретают вращательное движение, а неполярные молекулы поляризуются в результате смещения их зарядов. Эти процессы сопровождаются трением, при котором выделяется теплота и температура тела повышается.

При интенсивном отводе испарившейся воды продолжительность процесса сушки в СВЧ-поле по сравнению с традиционной конвективной сушкой уменьшается в несколько раз. Недостатками этого способа являются повышенный расход энергии, а также сложность и высокая стоимость оборудования.

Сублимационная сушка. Сублимационная сушка основана на способности некоторых твердых тел (водного льда), обладающих высокой упругостью паров, переходить при определенных условиях из твердого состояния в пар, минуя жидкую фазу. Особенностью этого способа является замораживание продукта перед сушкой. Чтобы ускорить процесс и предотвратить оттаивание продукта в результате притока теплоты извне, его сушат под значительным вакуумом.

Процесс сублимационной сушки можно разбить на четыре стадии (рисунок 5.7).

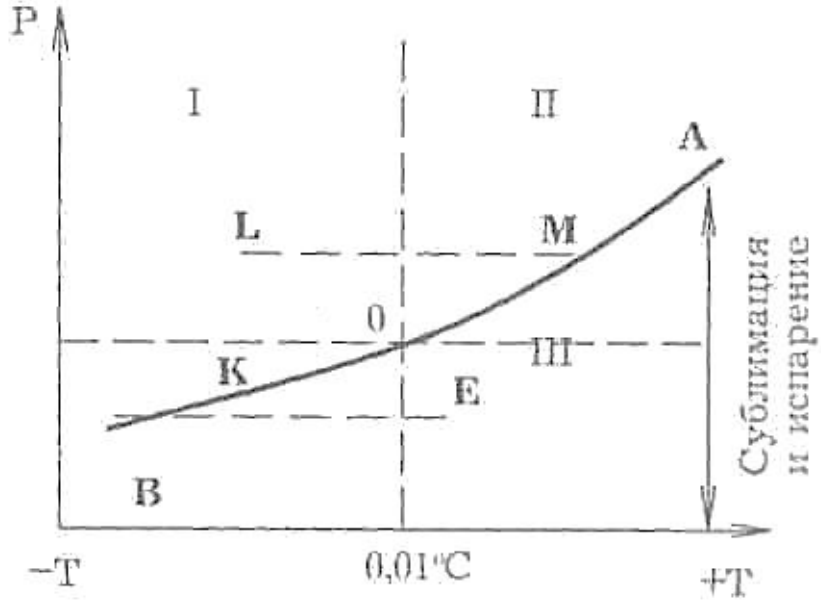


Рисунок 5.7 – Диаграмма состояния фаз воды при глубоком вакууме:
I – лед, II – вода, III – пар

Первая стадия – дегазация материала. При образовании вакуума в аппарате (особенно, если это осуществляется быстро) давление растворенных в клеточном соке газов оказывается значительно большим, чем в аппарате, в результате мясо увеличивается в объеме. При этом происходит интенсивное испарение воды с поверхности материала, вследствие чего его температура быстро понижается до криоскопической. Процесс протекает главным образом за счет теплоты, аккумулированной в материале.

Вторая стадия – самозамораживание воды в мясе, которое начинается после того, как остаточное давление в аппарате будет менее 4,5 мм рт. ст. (598,5 Па). Температура мяса понижается до тех пор, пока давление пара в зоне испарения не достигнет предельной для данного режима сушки величины.

Третья стадия – собственно сушка. На этой стадии испарение льда из материала происходит только за счет теплоты, подводимой к рыбе извне.

Четвертая стадия – досушивание. К концу третьей стадии в рыбе остается только связанная вода, требующая для испарения повышенной температуры до максимально допустимой (60–90 °С).

Отличительной особенностью сублимационной сушки является некоторое увеличение объема сушеного продукта, что объясняется возрастанием объема тела при замораживании.

На предприятиях рыбной промышленности сублимационную сушку используют для обработки рыбы, рыбного фарша, желирующих растворов, бульонов, белковых гидролизатов и др.

Интенсивность процесса высушивания меняется по мере удаления влаги, что наглядно демонстрирует кривая сушки на рисунке 5.6. **Первый период сушки** характеризуется постоянной скоростью испарения (прямолинейный участок кривой сушки). Снижение влагосодержания от начального значения до критического $W_к$ – период постоянной скорости сушки.

Второй период сушки характеризуется уменьшением скорости испарения – криволинейный участок кривой от $W_к$ до Wp (влагосодержание, соответствующее равновесному состоянию), его называют периодом убывающей скорости сушки. При достижении Wp скорость сушки равна нулю. Соответственно с изменением влагосодержания в растительных тканях при сушке изменяется температура продукта. В первый период сушки при интенсивном испарении температура поверхности продукта не может превышать температуру испарения, т. е. температуру смоченного термометра. Во второй период сушки на поверхности, а затем и в глубинных слоях продукта температура повышается и к концу сушки достигает значения температуры сушильного агента.

Процесс обезвоживания продуктов в сушилках с помощью циркулирующего нагретого воздуха представляет собой комплекс одновременно протекающих и влияющих друг на друга явлений. К ним относятся: перенос тепла от нагретого воздуха (агента) к высушиваемому продукту через его поверхность (нагревание продукта), испарение влаги, перенос влаги с поверхности продукта в среду сушильной камеры, перемещение влаги внутри продукта.

Перенос тепла при сушке осложняется переносом влаги. При ее испарении с поверхности какого-либо продукта возникает перепад (градиент) влагосодержания между его наружным и внутренним слоями, что и обусловливает дальнейшее перемещение влаги из внутренних, более влажных участков к его поверхности, имеющей наименьшую влажность. При сушке благодаря перепаду влагосодержания влажность во всем объеме продукта непрерывно уменьшается (рисунок 5.8).

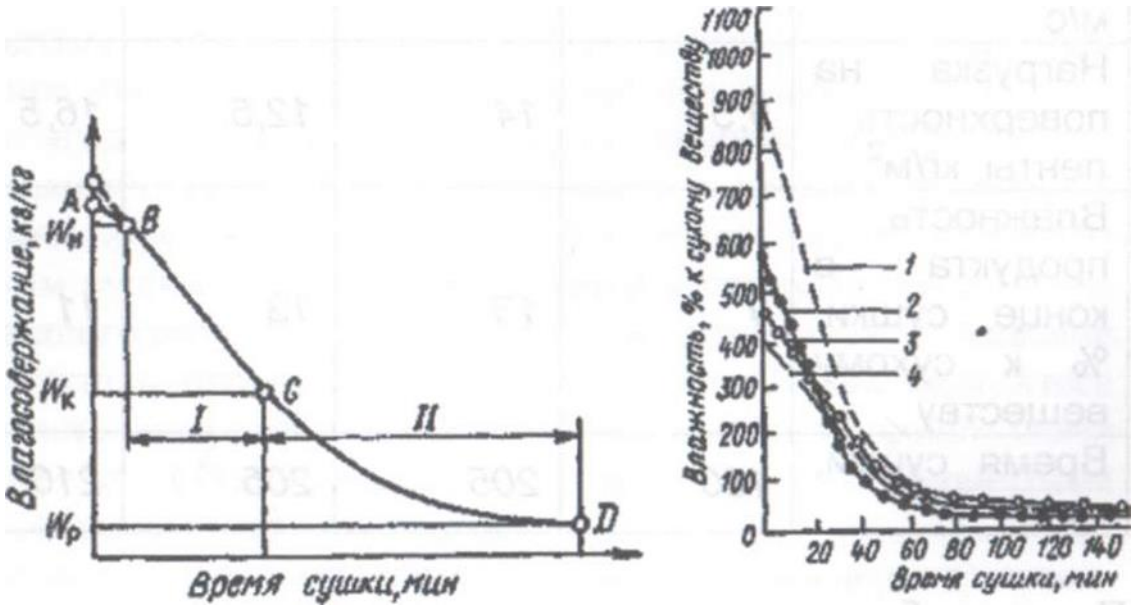


Рисунок 5.8 – Общая кривая сушки: I – период постоянной скорости сушки (отрезок ВС); II– период переменной скорости сушки (отрезок СД)

На перемещение влаги внутри продукта также влияет градиент температуры. На поверхности продукта температура выше, чем в центральных слоях. Под влиянием температурного градиента часть влаги будет перемещаться по направлению теплового потока от поверхности к внутренним слоям.

Явление перемещения влаги внутри продукта под влиянием градиента температуры **называют термовлагопроводностью (термодиффузией).** Явление термовлагопроводности при определенных условиях замедляет процесс сушки. При низкотемпературной сушке или обезвоживании относительно тонко нарезанных кусочков продукта термодиффузия не имеет существенного значения, но при высокотемпературной сушке существенно влияет на процесс, уменьшая его интенсивность.

Для того чтобы снизить негативное влияние термодиффузии, применяют прерывистый (осциллирующий) режим сушки с переменной подачей к продукту нагретого и холодного воздуха. В результате этого приема обезвоживание продукта в процессе сушки ускоряется. В конечном итоге скорость процесса сушки обусловливается формой связи влаги с сухим веществом продукта и механизмом перемещения влаги в материале.

В период постоянной скорости сушки (первый период) интенсивность процесса определяется только параметрами сушильного агента и не зависит от влажности и физико-химических свойств продукта.

В период убывающей скорости сушки (второй период) скорость обезвоживания снижается по мере уменьшения влажности продукта, температура его постепенно увеличивается, приближаясь к температуре сушильного агента. Процесс сушки продолжается до достижения продуктом равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха в сушилке.

Процесс сушки происходит правильно, если скорость испарения влаги с поверхности продукта равна скорости перемещения влаги из глубинных слоев. При быстром испарении на поверхности появляется корка, препятствующая выделению влаги, что снижает скорость сушки, а при медленном испарении продукт запаривается. Скорость сушки зависит от ряда факторов. Чем больше скорость движения воздуха в сушилке, тем скорее он уносит испарившуюся влагу, препятствуя повышению парциального давления водяного пара над продуктом. Скорость испарения тем больше, чем выше температура воздуха в сушилке. Интенсивность испарения влаги зависит также от физико-химических свойств продукта, от размеров кусочков и их формы (чем больше поверхность кусочков, тем быстрее идет процесс сушки), от интенсивности перемешивания, способа укладки и высоты слоя продукта на лентах сушилки.

Применение очень высокой температуры воздуха при сушке недопустимо, так как это может ухудшить вкус, запах, цвет и химический состав продукта. Поэтому для каждого вида сырья разрабатывают оптимальный режим сушки, обеспечивающий наибольшую производительность установки при хорошем качестве сушеного продукта.

Оптимальный режим сушки – это такой режим, при котором обеспечиваются: получение высушенного продукта, наиболее полно восстанавливающего свои исходные качества и химический состав сырья; достижение наилучшей сохранности готового продукта; удаление влаги из сырья при наименьших затратах топлива, электроэнергии и труда; полное использование сушильной поверхности, обеспечивающее максимальную производительность сушильной установки.

Основные параметры режима сушки: температура агента сушки, его относительная влажность и скорость движения.

Чем ниже относительная влажность агента сушки, тем больше он поглощает влаги из продукта и тем быстрее будет проходить сушка. Однако при слишком низкой относительной влажности агента сушки расходуется лишнее тепло (топливо), а следовательно, увеличивается стоимость процесса.

Поток воздуха, движущийся в сушильной установке, способствует лучшему перемешиванию его с испаренной влагой и удалению увлажненного воздуха из сушилки. Без движения воздуха сушка невозможна. Скорость движения воздуха зависит от количества его, поступающего в сушилку в единицу времени, от сечения канала сушилки, от внутренних сопротивлений, создаваемых лентами, ситами, высушиваемыми продуктами, и других факторов.

Кроме параметров воздуха режима сушки определяют и другие факторы, влияющие на процесс обезвоживания. Например, удельная нагрузка сырья на сушильную поверхность (кг на 1 $м^2$) зависит от вида сырья, его химического состава, начальной и конечной влажности, а также от формы и размеров кусочков. Удельная нагрузка обусловливает толщину слоя продукта на лентах или ситах, степень уплотнения продукта при сушке, удельную поверхность испарения, скорость сушки и в конечном итоге качество сушеного продукта.

5.5 Технология теплового консервирования

Стерилизованными консервами называют пищевые продукты, приготовленные из предварительно обработанного животного или растительного сырья, расфасованные в металлическую, стеклянную, полимерную и другую герметично укупоренную тару и консервированные тепловой обработкой (стерилизация, пастеризация) для придания им стойкости при хранении.

Все методы производства консервов должны гарантировать сохранность и стабильность качества продукта во время длительного хранения консервов и безопасность употребления их в пищу. Название такого пищевого продукта «консервы» происходит от латинского слова conservas – сохранять. Этот способ консервирования пищевых продуктов был открыт в конце 18 в. Николасом Аппертом – поваром при дворе французского герцога.

В России первый консервный завод появился в селе Поречье-Рыбное Ярославской губернии в 1875 г., по другим данным – в 1867 г. в г. Одессе. Первоначально консервы изготавливали только в стеклянной таре, а затем появились и жестяные банки круглого, овального и прямоугольного сечений. Применение таких банок позволило интенсифицировать консервное производство, технология которого за два столетия подвергалась непрерывному совершенствованию.

Обобщенная технологическая схема производства консервов. Весь производственный цикл производства консервов может быть представлен в виде обобщенной технологической схемы, состоящей из пяти блоков (рисунок 5.9).

1-й блок операций, называемый «общими процессами», состоит из приемки сырья, хранения, размораживания (для мороженого сырья), мойки, сортирования, разделки, мойки, порционирования. Цель этих операций – подготовка сырья к предварительной термической обработке, отделение съедобных частей от несъедобных.

2-й блок операций – предварительная тепловая обработка (ПТО), представлена следующими операциями – бланшированием, варкой, обжариванием или копчением. В отдельных случаях применяют комбинированную ПТО, когда сочетают две или даже три операции.

3-й блок – «специальные процессы» – включает подготовку и введение заливок, подготовку тары, фасование, контроль массы, эксгаустирование, герметизацию и мойку банок, т. е. операции, которые необходимо осуществить перед завершающей тепловой обработкой.

4-й блок – «завершающая термическая обработка» (ЗТО) включает в себя одну из таких операций, как стерилизация, пастеризация, тиндализация и последующее охлаждение.

5-й блок – «подготовка консервов к реализации» – состоит из следующих завершающих операций: мойки и сушки банок, инспектирования, этикетирования, укладки их в транспортную тару, маркирования, выдержки и бракеража, хранения готовой продукции на складе до реализации. Эти операции выполняются с целью придания консервам необходимого товарного вида.

Рисунок 5.9 – Обобщенная технологическая схема

Основными технологическими процессами при производстве консервов, которые определяют их микробиологическую стабильность, являются – герметизация тары и стерилизация.

Герметизация защищает продукт от контакта с внешней средой. В процессе стерилизации основная часть микроорганизмов и большинство их спор, находящихся внутри банки погибают, а благодаря герметичной упаковке новые возбудители порчи всех пищевых продуктов, которые постоянно находятся в окружающей среде, внутрь банки попасть не могут. Поэтому теоретически стерилизованные консервы могут храниться длительное время при обычной температуре.

Стерилизация консервов – это процесс завершающей тепловой обработки продукта, приготовленного из растительного, животного сырья или их смеси, фасованного в герметически укупоренную тару, выполняющийся при температуре > 100 ^{0}С в аппаратах под давлением по режимам, достаточным для полного уничтожения не спорообразующих микроорганизмов и снижения до заданного уровня спорообразующих бактерий, способных вызвать порчу продукта или образовывать токсины, вредные для здоровья человека.

Режим стерилизации выражает формула (5.2), которая не рассчитывается, а показывает параметры стерилизации:

$$\frac{A - B - C}{t} \; P_a \,, \qquad (5.2)$$

где A – время подъема температуры греющей среды в автоклаве до температуры стерилизации, мин; B – продолжительность стерилизации, в процессе

которой в автоклаве поддерживается постоянная температура, мин; C – время снижения давления пара или время охлаждения греющей среды в автоклаве, мин; t – температура греющей среды в автоклаве во время стерилизации, ^{0}C; P_a – максимальное суммарное давление, создаваемое в автоклаве для компенсации внутреннего давления, возникающего в банках, кПа.

На сегодняшний день современные способы технологической обработки сырья животного происхождения позволяют получать качественную и безопасную пищевую продукцию с заданными технологическими свойствами в широком ассортименте.

Вопросы для самопроверки:

1. Стерилизация как физический способ консервирования. История возникновения консервов.
2. Основные операции предварительной тепловой обработки.
3. Основные операции, входящие в блок «специальные процессы».
4. Стерилизация. Классификация способов стерилизации. Формула стерилизации консервов.

6. ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

6.1. Изменения мяса при охлаждении и хранении в охлажденном виде

При охлаждении и хранении в охлажденном состоянии в мясе могут протекать с достаточной интенсивностью микробиологические, биохимические и физико-химические процессы. В результате качество охлажденного мяса и величина его потерь при охлаждении и хранении формируются под влиянием этих взаимосвязанных процессов.

Микробиологические процессы. Понижение температуры мяса до близкриоскопической ($t_{кр}$= –1,2 °С) приводит к торможению процессов жизнедеятельности микроорганизмов, к нарушению обменных процессов в микробной клетке. В результате этого размножение термофильных микроорганизмов приостанавливается, мезофильных замедляется. Психрофильные микроорганизмы продолжают развиваться с меньшей активностью. Наиболее устойчивы к действию низких положительных температур психрофильные аэробы (Pseudomonas). Таким образом, охлаждение мяса до температур (0–4 °С), близких к точке замерзания тканевой жидкости, не исключает возможности микробиальной порчи мяса. Глубина и интенсивность этих изменений зависят от свойств мясного сырья и условий хранения. Образование слизи на поверхности мяса при 0 °С наблюдается через 20–30 сут хранения, а при 16 °С – на вторые сутки хранения.

Как бы правильно не осуществлялись процессы охлаждения мяса и последующего его хранения в охлажденном состоянии, наступает момент, когда сырье становится непригодным в пищу из-за микробиальной порчи (гниения), поэтому сроки хранения охлажденного мяса ограничиваются его микробиальной порчей.

В этой связи важной практической задачей является увеличение сроков хранения мяса в охлажденном состоянии. Для этого пригодны меры, направленные на подавление развития микроорганизмов:

- снижение первоначальной микробной обсемененности сырья;
- быстрое охлаждение мяса;
- стабильность параметров при хранении мяса во избежание увлажнения поверхности мяса;
- сортировка мяса по характеру автолиза и контроль за сроками хранения PSE и DFD мяса;
- регулярная санитарная обработка камер охлаждения и хранения мяса;
- использование пленкообразующих покрытий, парогазонепроницаемых упаковочных материалов;
- хранение упакованного мяса в регулируемой газовой среде;
- озонирование и ультрафиолетовое облучение холодильных камер и др.

Биохимические изменения. При охлаждении и хранении мяса продолжаются автолитические ферментативные процессы, начавшиеся сразу после

убоя животного. Интенсивность и глубина автолитических изменений мяса зависят от условий охлаждения и длительности хранения мяса.

Установлено, что темп охлаждения мяса определяет не только интенсивность автолитических изменений сырья, но и влияет на характер автолиза белковых систем. При быстром охлаждении говядины, баранины, мяса птицы наблюдается явление холодового сокращения мышц, сопровождающееся нарастанием жесткости мяса, мало устраняемой при последующем созревании в процессе его хранения. Изменяется состояние миофибрилл, ускоряется распад АТФ, образование актомиозинового комплекса, идет сокращение мышечных волокон, изменяется консистенция мяса. Отмечено, что если при охлаждении говядины температура мяса снижается до 10–11 ^{o}C быстрее, чем величина pH изменяется до 6,2, то наступает холодовое сокращение мышц. Для свинины подобное явление не наблюдается, так как темп охлаждения ниже за счет наличия слоя шпига, что снижает теплоотдачу от сырья к воздуху.

Для предупреждения холодового сокращения необходимо снизить запасы гликогена и АТФ до охлаждения. Наиболее рациональным приемом может служить электростимуляция туш в убойном цехе.

При низком темпе охлаждения (медленное охлаждения) возможно появление такого вида порчи мяса как загар. Под загаром понимают процесс, происходящий под влиянием тканевых ферментов, который следует рассматривать как атипично протекающий автолиз. Загар возникает при охлаждении мяса в условиях медленного теплоотвода, обусловленного перегрузкой камер, повышенной температурой охлаждающего воздуха и его недостаточной циркуляцией. Особенно велика вероятность загара для туш с хорошо развитой жировой тканью, тормозящей теплообменные процессы и газообмен с окружающей средой. Непосредственной причиной загара является быстрое накопление кислых продуктов анаэробного гликолиза, обусловленное высокой активностью тканевых ферментов.

Признаки загара сходны с признаками гнилостного разложения. Мясо в глубоких слоях приобретает неприятный кисло-тухлый запах, непомерно мягкую консистенцию, медно-красную или желто-коричневую окраску; реакция среды – кислая.

Пригодность мяса с загаром для переработки зависит от степени его развития. Для определения пригодности мяса с загаром его нарезают на полоски и проветривают в холодильной камере. Если через 24 ч выдержки неприятный запах не исчезает, мясо не пригодно для переработки и потребления.

При слабовыраженном загаре мясо используют для изготовления вареных и ливерных колбас.

Химические изменения за счет взаимодействия с кислородом воздуха. В процессе охлаждения начинаются и при хранении проявляются последствия взаимодействия пигмента мяса с кислородом воздуха:

$$\underset{\text{красный}}{Мв} \xrightarrow{O_2} \underset{\text{ярко-красный}}{МвO_2} \xrightarrow{O_2} \underset{\text{серо-коричневый}}{МетМв}$$

При увеличении количества метмиоглобина до 70 % от общего количества пигментов в мясе его окраска становится серо-коричневой.

Начинаются процессы окисления липидов, но они не заходят глубоко вследствие ограниченных сроков хранения охлажденного мяса.

Физические изменения, вызываемые тепло- и массообменном с окружающей средой. Вследствие этих изменений в процессе охлаждения и хранения происходит снижение массы мяса за счет испарения влаги с поверхности в окружающую среду, формируется так называемая усушка. Величина усушки зависит от свойств сырья (вида мяса, категории упитанности, массы, площади поверхности) и условий охлаждения и хранения (способ охлаждения, температура и скорость движения воздуха). В среднем при охлаждении величина усушки составляет около 1–2 % от массы мяса, поступающего на охлаждение.

Борьба с усушкой – резерв снижения потерь мясного сырья. Пути снижения усушки мяса при охлаждении и хранении мяса:

- снижение длительности охлаждения мяса;
- повышение относительной влажности воздуха на начальном этапе охлаждения до 95–98 % с последующим снижением до 90–92 % для образования корочки подсыхания;
- использование парогазонепроницаемых упаковочных материалов для упаковки мяса (снижает усушку в несколько раз);
- использование пищевых самоформирующихся покрытий (снижает усушку на 20 %).

6.2 Изменения мяса при замораживании и хранении в замороженном виде

При замораживании мяса в нем происходят физические, гистологические, коллоидно-химические, биохимические и биологические изменения, имеющие важное значение для его качества.

Из всех процессов, протекающих при замораживании мяса, кардинальным, определяющим все другие изменения, является процесс кристаллообразования – вымерзания влаги в мясе.

Изменения качества мяса при хранении в замороженном состоянии. Мороженое мясо при хранении подвергается различным изменениям, которые негативно сказываются на его качественных показателях. Характер и интенсивность этих изменений находятся в прямой зависимости от условий хранения. Наиболее совершенным условием хранения является равновесное состояние продукта и воздушной среды. Практически, однако, это невозможно, так как имеет место испарение влаги, содержащейся в мясе, отсюда меняется влажность воздуха и вызывается теплообмен между продуктом и воздухом.

Температура, влажность и циркуляция в камерах хранения мороженого мяса и мясопродуктов зависят от рода и состояния продукта, его химического состава, наличия и состояния тары. Температура хранения в целях сохранения температуры замороженного продукта должна поддерживаться постоянной, без значительных колебаний. При поддерживании температуры в камере на определенном уровне необходимо учитывать тепло, проникающее в камеры через ее

ограждения. Также из замороженных мясопродуктов происходит испарение влаги, которое зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения (циркуляции) окружающего воздуха и от скорости передвижения влаги внутри продукта. Изменения в структуре поверхности продукта также влияют на скорость испарения. Влажность в камерах хранения должна регулироваться в зависимости от степени высушивания продукта в процессе хранения; она снижается по мере того, как при хранении упругость паров становится ниже точки насыщения и продукты начинают приобретать гигроскопические свойства.

Негативные последствия на качество пищевых продуктов при хранении их в замороженном состоянии оказывают такие явления, происходящие в мороженном мясе, как рекристаллизация и сублимация льда, развитие окислительных реакций, конформационные и агрегационные изменения белков. Интенсивность развития указанных процессов зависит от состава и свойств продукта, температуры и продолжительности хранения, наличия и характера упаковки.

Процесс кристаллообразования. Размер, форма и распределение кристаллов льда в мясе зависят от условий замораживания, его исходных свойств. Состояние мембран и клеточных оболочек, ионная и молярная концентрация растворенных веществ отдельных морфологических образований мышечного волокна, степень гидратации белков предопределяют особенности локализации льда в системе, размер и форму кристаллов льда, имеющих большое значение для качества мяса.

По теории Г. Б. Чижова характер кристаллообразования при замораживании продуктов находится в прямой зависимости от скорости теплоотвода, определяющей темп фазового перехода содержащейся в продукте воды. Чем быстрее произойдет затвердение воды, тем меньше будет перемещение влаги, приводящее к обезвоживанию клеток и волокон и накоплению влаги в пространствах между ними, где эта влага и кристаллизуется.

Количество вымерзшей влаги зависит от условий замораживания, общего содержания влаги в продукте, форм и прочности связи влаги с материалом, концентрации растворенных веществ.

Образование кристаллов при замораживании происходит в такой последовательности:

- переохлаждение сырья (снижение активности теплового движения частиц);
- образование зародышей кристаллов – I фаза кристаллообразования;
- выделение скрытой теплоты кристаллизации, повышение температуры, приостановление образования новых зародышей;
- рост образовавшихся кристаллов – II фаза кристаллообразования.

Образование новых центров кристаллообразования зависит от скорости теплоотвода от замораживаемого продукта в окружающую среду. Размер и распределение кристаллов льда в мясе зависят от условий замораживания, его свойств.

Продольные пучки мышечной ткани свежего, медленно и быстро замороженного мяса (под микроскопом) показаны на рисунке 6.1.

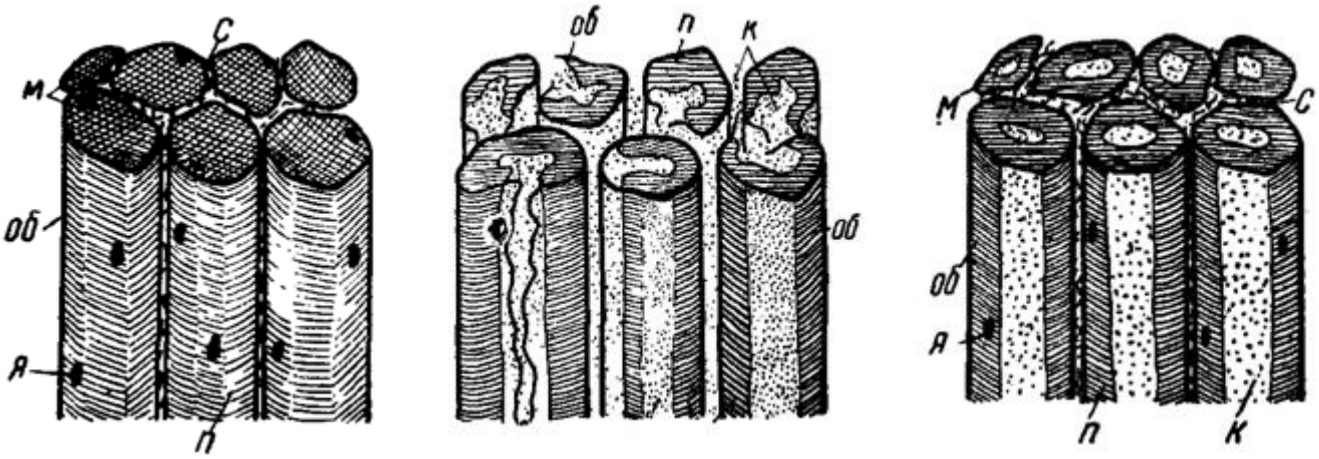


Рисунок 6.1 – Схематический вид мяса свежего (а), медленно (б) и быстро замороженного (в): М – мышечные волокна; об – оболочка мышечных волокон; я – клеточные ядра; п – протоплазма; с – соединительная ткань; об – оболочка волокон; п – протоплазма; к – кристаллы льда

При быстром замораживании выделение влаги происходит очень неполно, и большая часть жидкости оказывается замороженной на том же месте, где она находится в свежей ткани. Выход воды из мышечных волокон имеет место при более медленном замерзании. В межклеточном пространстве капиллярные силы меньше, чем внутри волокон; концентрация солей также меньше, чем внутри волокон, и температура замерзания выше, чем внутри волокон. По этой причине первые кристаллы при замерзании образуются в межклеточном пространстве. Упругость водяных паров в еще незамерзших волокнах выше, чем в межклеточном пространстве, поэтому при медленном замораживании водяные пары диффундируют из волокон в межклеточное пространство. Вследствие указанных явлений большая часть воды замерзает между волокнами. Кристаллы льда укрупняются, сильно сжимают, деформируют волокно и в определенных случаях вызывают разрыв сарколеммы. Благодаря упругости мышечной ткани, разрыв ее наблюдается редко, большей частью нарушается целостность соединительной ткани.

При замораживании вода, таким образом, замерзает частично в волокнах, частично в межклеточном пространстве, причем размер кристаллов и их количество зависят от температуры и скорости замораживания. Чем ниже температура, тем быстрее идет процесс замерзания влаги и тем меньше влаги выделяется в межклеточное пространство.

Характер кристаллообразования также зависит от глубины автолиза поступающего на замораживание мяса. Замораживание мяса на ранних стадиях автолиза приводит к образованию мелких кристаллов льда внутри мышечного волокна. По всей вероятности высокая гидратация белков парного мяса и низкая проницаемость сарколеммы препятствуют перемещению влаги из мышеч-

ного волокна. Вследствие этого кристаллы льда сосредоточены внутри мышечного волокна. Изменение состояния белков миофибрилл к моменту посмертного окоченения мяса, резкое уменьшение их гидратации при сохранении на этой стадии автолиза достаточно высоких барьерных свойств мембран приводят к кристаллизации влаги вне и внутри мышечного волокна. На последующих стадиях автолиза вследствие повышения проницаемости сарколеммы кристаллы льда образуются главным образом между мышечными волокнами. При этом фиксируются разрывы сарколеммы.

Микробиологические изменения при хранении мороженого мяса. Кристаллизация влаги является одной из причин гибели микроорганизмов при замораживании. Замораживание не обеспечивает стерильности продукта, так как некоторые микроорганизмы приспосабливаются к низкой температуре, переходя в состояние анабиоза. Микробиологические изменения обнаруживаются либо в результате местных неблагоприятных условий хранения, либо в результате предварительного, до замораживания, заражения мяса бактериями и плесенями. Колонии бактерий появляются на мороженом мясе обычно в местах, подвергшихся оттаиванию, вследствие попадания на них рассола из мокрых воздухоохладителей или по другим причинам. Во избежание обсеменения мяса микрофлорой надлежит воздух в камеры направлять лишь после очистки его фильтрами.

При замораживании и последующем хранении происходит отмирание 90–99 % микробных клеток. Так, число микробов на поверхности мяса, хранившегося при минус 18 ^{o}C, через 3 мес. уменьшилось на 50 %, через 6 – на 80 %, а через 9 – их осталось 1–2 % от начального количества. В оставшейся микрофлоре преобладают психрофильные бактерии и плесени. Приостановка жизнедеятельности и отмирание микроорганизмов происходит по двум взаимосвязанным причинам: 1) нарушение обмена веществ и 2) повреждения структуры клеток.

При температуре минус 10 – минус 12 ^{o}C микроорганизмы не способны развиваться, что обеспечивает длительную сохранность замороженного мяса.

При продолжительном хранении мяса или при не соответствующих оптимальным требованиям условиях наблюдается поражение мороженого мяса плесенями. Наиболее часто встречаются виды плесени Mucor, Thammidium elegans, Rhizopus. Penicillium, особенно Penicillium glaucum, и др.

Циркуляция воздуха имеет весьма существенное значение для развития плесеней: плесенью поражаются те места, куда нет свободного доступа воздуха. В одинаковых температурно-влажностных условиях чаще всего поражаются те места на поверхности мяса, где образуются складки, зарезы.

Мерами борьбы с развитием плесеней на мороженом мясе, помимо строгого соблюдения санитарно-гигиенических условий обработки, транспортировки и укладки, являются: стерилизация упаковочных материалов перед использованием, дезинфицирование холодильных камер и поддержание в них наиболее низкой температуры, невысокой относительной влажности и необходимой циркуляции воздуха, с учетом их влияния на размеры весовых потерь.

Рекристаллизация. Неизбежные при хранении колебания температур приводят к рекристаллизации – изменению структуры льда. Увеличение размеров кристаллов льда при хранении мяса может оказать негативное последствие на состояние тканей.

Количество и доля вымерзающей влаги в продукте зависят от ее общего содержания, формы и прочности связи со структурными элементами, концентрации, гидратации и степени диссоциации растворенных в воде веществ, температуры замораживания. Количество вымороженной влаги в говядине при температурах замораживания минус 5, минус 10, минус 20, минус 30 и минус 40 °С соответственно составляет 63, 78, 83, 88 и 89 % к начальному влагосодержанию. Учитывая характер зависимости количества вымороженной влаги от температуры, очевидно, что высокий уровень рекристаллизации может иметь место при повышенных температурах хранения (минус 10– минус 15 °С). По мере понижения температур хранения (минус 25– минус 30 °С) колебания этого параметра не могут повлечь значительного изменения в соотношении жидкой и твердой фазы, а следовательно, и вызвать заметную рекристаллизацию.

Сублимация льда. Различие парциальных давлений паров воды над поверхностью продукта и средой приводит к испарению влаги из поверхностных слоев материала. Значение этого явления определяется потерями массы продукта и понижением его качества.

Весовые изменения мяса при замораживании зависят от его размеров, тканевого состава, условий замораживания, упаковки и т. д.

При замораживании охлажденного мяса усушка в среднем составляет при температурах в камере ниже –18°С от 0,8 до 1,2% для говядины в полутушах и баранины в тушах и от 0,7 до 1,4% для свиных туш в шкуре; без шкуры усушка на 10–15% выше.

Скорость сублимации льда можно уменьшить, понизив температуру. Так, понижение температуры с минус 18 до минус 30 °С уменьшает скорость сублимации в 3 раза. На обезвоживание материала влияют также колебания температуры хранения. Сублимацию льда можно в значительной мере предотвратить, используя паронепроницаемые упаковочные материалы, плотно прилегающие к продукту. В противном случае испаряющаяся влага в виде кристаллов льда конденсируется на внутренней поверхности упаковки.

Изменение структуры тканей (гистологические изменения). Кристаллообразование сопровождается разрушением морфологической структуры тканей. Наибольшие структурные изменения имеют место при медленном замораживании вследствие образования крупных кристаллов льда, которые расширяют межклеточное пространство, разрушают соединительнотканные прослойки острыми гранями, мышечные волокна деформируются, а иногда разрушаются, что приводит к потерям мясного сока при размораживании мяса. Теряется не только влага, но и питательные вещества.

Для сохранения морфологической структуры тканей мяса при замораживании и снижения величины возможных потерь при размораживании сырья целесообразно использовать способы и режимы замораживания, обеспечивающие интенсивный теплоотвод. При этом очень важно правильно выбрать темпера-

туру хранения мяса и обеспечить ее стабильность. Иначе возможна перекристаллизация – изменение структуры льда в процессе хранения, укрупнение кристаллов со всеми вытекающими последствиями.

Изменение белков. Увеличение концентрации тканевого сока при замораживании обуславливает денатурацию и коагуляцию мышечных белков. В большей степени этим изменениям подвергаются миофибриллярные белки, в первую очередь, миозин.

При замораживании возможно механическое разрушение белковых цепочек за счет напряжений, возникающих в тканях при образовании и росте кристаллов и превышающих энергию ковалентной связи.

Денатурационные и агрегационные превращения белков при замораживании и хранении мяса приводят к понижению их растворимости, изменению заряда и массы белковых фракций. Указанные превращения белков влияют на их гидратацию, ВСС мяса, его консистенцию и сочность и могут отразиться на устойчивости белков к действию пищеварительных ферментов.

Степень снижения гидрофильности белков зависит:

- от скорости замораживания мяса;
- глубины автолиза мяса перед замораживанием;
- условий и длительности хранения мяса.

В максимальной степени нативные свойства белков мяса сохраняются при быстром замораживании парного мяса.

Автолитические процессы при замораживании и последующем хранении мяса продолжаются с меньшей скоростью, так как деятельность ферментов резко замедляется, но не приостанавливается даже при очень низких температурах.

Чем быстрее производится замораживание мяса, тем на более ранней стадии тормозятся автолитические процессы, при этом надо учитывать размеры продукта. На периферии может быть торможение автолиза, а в глубинных слоях процессы идут с достаточной скоростью, так как теплоотвод из глубинных слоев даже при быстром замораживании замедлен.

Признаки глубокого гидролиза белков обнаруживаются в процессе хранения мяса при минус 18 ^{o}C, о чем свидетельствует возрастание количества амино-аммиачного азота в тканях.

При замораживании и хранении мяса не приостанавливается гидролитический распад жира, однако резко тормозится с понижением температуры хранения. Так, кислотное число свиного шпига, хранившегося 12 мес. при минус 18 ^{o}C выросло на 0,2, а при минус 8 ^{o}C – на 1,6.

Резкое торможение автолитических процессов обеспечивается при быстром замораживании сырья, имеющего небольшие размеры; это имеет первостепенное значение при холодильном консервировании эндокринно-ферментного сырья.

Изменение липидной фракции при хранении мясопродуктов в замороженном состоянии может привести к снижению их пищевой ценности. Превращения жиров могут быть результатом ферментативных и окислительных процессов.

Развитие окислительных реакций при контакте с воздухом приводит к образованию первичных и вторичных продуктов окисления, что отрицательно сказывается на биологической ценности и органолептических показателях пищевых продуктов.

Микробиологические изменения при хранении мороженого мяса при достаточно низкой температуре воздуха вообще незначительны. Они обнаруживаются либо в результате местных неблагоприятных условий хранения, либо в результате предварительного, до замораживания, заражения мяса бактериями и плесенями. Колонии бактерий появляются на мороженом мясе обычно в местах, подвергшихся оттаиванию, вследствие попадания на них рассола из мокрых воздухоохладителей или по другим причинам. Во избежание обсеменения мяса микрофлорой надлежит воздух в камеры направлять лишь после очистки его фильтрами, о чем уже упоминалось ранее.

При продолжительном хранении мяса или при не соответствующих оптимальным требованиям условиях наблюдается поражение мороженого мяса плесенями. Наиболее часто встречаются виды плесени Mucor, Thammidium elegans, Rhizopus. Penicillium, особенно Penicillium glaucum, и др.

Циркуляция воздуха имеет весьма существенное значение для развития плесеней: плесенью поражаются те места, куда нет свободного доступа воздуха. В одинаковых температурно-влажностных условиях чаще всего поражаются те места на поверхности мяса, где образуются складки, зарезы.

Мерами борьбы с развитием плесеней на мороженом мясе, помимо строгого соблюдения санитарно-гигиенических условий обработки, транспортировки и укладки, являются: стерилизация упаковочных материалов перед использованием, дезинфицирование холодильных камер и поддержание в них наиболее низкой температуры, невысокой относительной влажности и необходимой циркуляции воздуха, с учетом их влияния на размеры весовых потерь.

Массообменные и химические взаимодействия с окружающей средой. Разница парциальных давлений водяных паров над поверхностью продукта и в окружающей среде приводит к испарению влаги (сублимации льда) из поверхностных слоев. Это сопровождается потерей массы (усушкой) и снижением качества мяса. Величина *усушки* мяса зависит от его свойств и условий замораживания и хранения.

Пути снижения усушки при замораживании и хранении замороженного мяса:

- повышение скорости замораживания мяса;
- использование паронепроницаемых упаковочных материалов, плотно прилегающих к продукту;
- замораживание упакованного мяса в блоках (усушка не более 0,1 %);
- использование ледяных экранов при штабелировании мясных полутуш для длительного хранения.

Химическое взаимодействие компонентов мяса с кислородом воздуха приводит к существенным изменениям качества мяса. Глубина этих изменений в значительной степени определяется условиями и длительностью хранения мяса.

Окисление миоглобина кислородом, а также увеличение концентрации пигментов в поверхностном слое вследствие его пересыхания сопровождаются потемнением поверхности полутуш и появлением серо-коричневой окраски, характерной для метмиоглобина.

Изменение запаха и вкуса мяса в процессе хранения обусловлены главным образом окислительными изменениями липидов. Образующийся на поверхности мяса губчатый обезвоженный слой способствует увеличению степени контакта мяса с кислородом воздуха. В ходе окислительных реакций образуются первичные и вторичные продукты окисления жиров, что отрицательно сказывается на органолептических показателях, его биологической ценности. При длительном хранении мяса возможно образование токсичных продуктов окисления жиров. В связи с этим изменения жировой ткани мяса под действием кислорода воздуха играют решающую роль для сроков хранения мяса.

Продолжительность хранения замороженного мяса ограничивается окислительными изменениями липидов под действием кислорода воздуха.

Снизить степень этих нежелательных изменений можно путем понижения температуры хранения мороженого мяса, применения вакуум-упаковки, использования упаковочных материалов с низкой газопроницаемостью.

При замораживании и последующем хранении *потери* мясного сырья формируются:

- за счет разрушения морфологических элементов тканей кристаллами льда и оттекания мясного сока при замораживании;
- снижения степени гидратации белков и, как следствие, снижения ВСС мяса и увеличения потерь мясного сока при размораживании мяса;
- усушки мяса вследствие испарения влаги и сублимации льда с поверхности мяса.

Снижение качества мяса при замораживании и последующем хранении происходит:

- за счет потерь питательных веществ (белков, витаминов и др.) вследствие оттекания мясного сока при размораживании;
- ухудшения органолептических показателей качества (цвет, запах, вкус) вследствие окисления пигментов, липидов мяса;
- снижения перевариваемости белков пищеварительными ферментами вследствие агрегирования белков, образования липопротеидных комплексов;
- образования токсичных соединений при глубоком окислении липидов мяса.

Необходимо отметить, что в итоге качество мяса и величина потерь определяются исходными свойствами сырья, условиями замораживания и хранения его в замороженном виде, условиями размораживания. Это все звенья одной цепи.

Для снижения негативных последствий замораживания и длительного хранения мяса целесообразно:

- применять способы замораживания, обеспечивающие интенсивный теплоотвод (быстрое замораживание);
- замораживать мясо в блоках (толщина блока 10–15 см);

- использовать для упаковки мяса паронепроницаемые термоусадочные упаковочные материалы;
- снижать температуру хранения мяса (до минус 25–35 °С);
- направлять на замораживание парное сырье или охлажденное на начальной стадии созревания.

6.3 Изменение свойств мясного сырья при посоле

Водосвязывающая способность мяса перед посолом определяется его морфологическим (тканевым) и химическим составом, исходными свойствами с учетом pH (PSE, DFD, NOR), степенью автолиза, видом холодильной обработки и т. д. В процессе посола мяса изменяются все формы связи воды с мясом: адсорбционная, осмотическая, капиллярная.

Наибольший интерес представляют изменения адсорбционной формы связи воды с белками как наиболее прочно связанной. Хлорид натрия, взаимодействуя с мышечными белками, повышает количество адсорбционно-связанной влаги в результате увеличения заряда белка. В период выдержки мяса в посоле белки адсорбируют преимущественно ион хлора. При полном насыщении белков ионами хлора изоэлектрическая точка смещается с 5,3–5,4 до 4,8. При этом растет интервал между pH изоэлектрической точки белков и фактической величиной pH мяса, что приводит к увеличению заряда белка и доли адсорбционно-связанной влаги. В результате повышается ВСС мяса, которая сохраняется на более высоком уровне и после тепловой обработки, что положительно влияет на выход мясных продуктов.

Наряду с этим хлорид натрия, накапливающийся в мясе в результате посола (2–3 % к массе мяса), способствует созданию концентрации тканевой жидкости, близкой к растворяющей миофибриллярные белки. Вследствие чего при посоле повышается растворимость белков актомиозиновой фракции, что положительно влияет на липкость колбасного фарша.

Воздействие соли на белки мышечного волокна становятся возможными после достижения контакта между ними. Отсюда возникает зависимость между степенью измельчения мяса перед посолом и временем достижения требуемого эффекта. Даже при степени измельчения мяса до 2–3 мм необходим промежуток времени для диффузии соли и взаимодействия ее ионов с белками, протекающего с небольшой скоростью. При температуре 0–4 °С, поддерживаемой в камерах посола мяса, для этого требуется не менее 12 ч.

Хлористый натрий ускоряет окислительные процессы, в ходе которых накапливаются различные производные гема – простетической части мышечного пигмента миоглобина. В связи с этим при посоле мышечная ткань теряет свою естественную окраску и приобретает серовато-коричневую с различными оттенками.

Денатурация миоглобина, происходящая при тепловой обработке соленых изделий, сопровождается отщеплением гема, окислением железа гема до трехвалентного с образованием парагематинов, обладающих серо-коричневой

окраской. В связи с этим, даже если при посоле часть миоглобина оказалась не окисленной и естественная окраска мяса частично сохранилась, при последующей тепловой обработке мяса полностью исчезает его естественная окраска. В практике посола мясопродукты предохраняют от нежелательных изменений окраски обработкой их нитритом натрия. При этом в конечном счете образуется ярко-красный нитрозомиоглобин (NOМв) в результате взаимодействия пигмента миоглобина с окисью азота, источником которой является нитрит натрия.

В этом соединении (NOМв) нитрозогруппа довольно прочно связана с железом гема, что обеспечивает сравнительную устойчивость окраски соленого мяса, которая в сыром продукте обусловлена присутствием нитрозомиоглобина, а в вареном – нитрозогемохромогена, также имеющего красный цвет.

Механизм формирования нитритной окраски мяса заключается в следующем.

Введенный в мясо нитрит натрия как соль слабой кислоты и сильного основания гидролизуется в присутствии воды до азотистой кислоты:

$$NaNO_2 + H_2O \rightleftarrows HNO_2 + Na^+ + OH^-.$$

В кислой среде, характерной для мяса, эта реакция сдвинута вправо. Азотистая кислота восстанавливается под действием редуцирующих веществ, содержащихся в мясе, и микроорганизмов до оксида азота:

$$4HNO_2 \xrightarrow[\text{вещества}]{\text{редуц.}} N_2O_4 + 2NO + 2H_2O.$$

Оксид азота вступает в реакцию с миоглобином с образованием красного нитрозомиоглобина.

$$Мв + NO \rightarrow NOМв.$$

Реакция взаимодействия оксида азота с миоглобином протекает во времени. Ее скорость зависит от температуры и pH среды (оптимум pH 5,2–5,7).

Таким образом, интенсивность окраски мясных продуктов зависит от содержания в них миоглобина и количества образующегося из нитрита оксида азота. Образующийся одновременно с оксидом азота четырехоксид азота является сильным окислителем и окисляет часть миоглобина до метмиоглобина. Из метпигментов нитрозопигменты (нитрозомиоглобин) могут образовываться только после их предварительного восстановления, поэтому эффективность стабилизации нитритной окраски мяса зависит от содержания в нем редуцирующих веществ.

Увеличение количества оксида азота за счет больших количеств нитрита натрия недопустимо, так как он физиологически вреден и ядовит. Минимально необходимое количество нитрита натрия составляет 5–7,5 мг% к массе мяса. Образование оксида азота из введенного в мясо нитрита можно ускорить, используя эффективные восстановители. Наиболее широкое применение нашли аскорбиновая кислота, ее соли и редуцирующие сахара.

Аскорбиновая кислота восстанавливает нитрит до оксида азота без образования четырехоксида азота:

$$2HNO_2 + C_6H_8O_6 \rightarrow 2NO + 2H_2O + C_6H_6O_6.$$

Кроме того, аскорбиновая кислота ускоряет восстановление метмиоглобина в миоглобин, способствуя тем самым увеличению количества нитрозопигментов и, как следствие, интенсивности окраски продукта:

$$МетМв + C_6H_8O_6 \rightarrow Мв + C_6H_6O_6 + H_2O.$$

Аскорбиновая кислота также предохраняет нитрозопигменты от окисления, обеспечивая повышение устойчивости окраски изделия.

При изготовлении мясопродуктов аскорбиновую кислоту вводят в виде 5%-ного раствора в количестве 0,05 % к массе сырья. Для получения аскорбината натрия кислоту подвергают предварительной нейтрализации раствором питьевой соды. Использование аскорбината натрия предупреждает снижение величины pH мяса.

Роль нитрита при посоле не ограничивается стабилизацией окраски. Кроме того, он участвует в процессах формирования аромата и вкуса «ветчинности» при длительном посоле мяса, оказывает антиокислительное действие на липиды, обладает ингибирующим эффектом на рост микроорганизмов (в том числе Cl. Botulinum) и токсигенных плесеней.

Поваренная соль подавляет развитие большинства микроорганизмов, в том числе и гнилостных, что обусловлено высоким осмотическим давлением растворов соли, приводящим к обезвоживанию клеток микроорганизмов, а также влиянием хлористого натрия на ферментативную деятельность бактерий.

При больших концентрациях хлористый натрий способен задерживать микробиальную порчу мясных продуктов в течение длительного времени. Наибольший консервирующий эффект достигается при сухом посоле (при консервировании шкур, кишок) и насыщенным раствором. Однако даже насыщенный раствор соли полностью не уничтожает микрофлору, поэтому с течением времени общее количество микроорганизмов, попавших в рассол с солью, сырьем и другим путем, увеличивается как в продуктах, так и в рассолах. Размножение солеустойчивых микроорганизмов, а также приспособляемость некоторых гнилостных бактерий к высокой концентрации рассола могут привести рассолы и соленые продукты к порче.

При посоле мяса для изготовления мясопродуктов применяют ненасыщенные растворы поваренной соли, консервирующее действие которых невелико. Консервирующий эффект усиливают за счет применения нитрита натрия при посоле, а также при сочетании посола с другими способами консервирования: охлаждением, копчением, сушкой. Температуру в камерах посола мяса поддерживают на уровне 0–4 ^{o}C.

Подавление жизнедеятельности гнилостных микроорганизмов при длительном посоле мяса происходит не только за счет действия хлористого натрия,

но также в результате развития в рассоле и продукте микробов – антагонистов гнилостных бактерий, которые могут попадать в рассолы с мясом.

С течением времени меняется количество микроорганизмов и их качественный состав. В рассоле возрастает доля многочисленных бактерий, наиболее устойчивых к условиям посола (низкая положительная температура, наличие соли, нитрита, сахара), например, Lact. plantarum, Str. lactis. Установлено, что после 30 сут посола мяса (при 0–4 ^{o}C) около 80–90 % микроорганизмов являются молочнокислыми бактериями. Однако подобное селективное развитие микрофлоры требует длительного времени (несколько недель). В качестве питательной среды молочнокислые бактерии используют сахар (вносится в рассол) и продукты промежуточного распада углеводов мяса с образованием карбоновых кислот: уксусной, муравьиной, молочной и др.

Снижение величины pH за счет накопления кислот приводит к подавлению жизнедеятельности и отмиранию гнилостной микрофлоры, приближает реакцию среды к оптимальной для развития нитритной окраски.

Наличие в рассолах денитрифицирующих микробов (обеспечивающих восстановление нитрита) также способствует формированию окраски в процессе посола мяса.

С жизнедеятельностью молочнокислых бактерий и денитрифицирующих микроорганизмов связано накопление в соленых продуктах соединений, участвующих в формировании специфического аромата и вкуса «ветчинности»: органических кислот, карбонильных соединений, аминокислот и др.

Таким образом, следует отметить, что при длительном посоле мяса так называемая полезная микрофлора играет активную роль в следующих важных технологических аспектах, а именно:

- подавляет жизнедеятельность патогенной микрофлоры;
- участвует в стабилизации нитритной окраски мяса;
- влияет на формирование аромата и вкуса «ветчинности» изделий.

Появление в продукте в процессе длительного посола ветчинных свойств обусловлено действием не только ферментов, продуцируемых микроорганизмами, а также непрекращающимся действием тканевых ферментов (катепсинов) в процессе созревания мяса при посоле.

Под действием тканевых и микробиальных ферментов происходит гидролиз белков, липидов. В результате накапливаются предшественники вкуса и аромата, изменяется консистенция мяса.

Характерные свойства ветчинные изделия приобретают в течение достаточно длительной выдержки сырья в посоле (примерно через 10–14 сут), четко выраженными свойства становятся к 21-м суткам. Ускорению процесса способствует целенаправленное использование стартовых культур микроорганизмов.

6.4 Изменения свойств мяса и мясопродуктов при тепловой обработке

Изменения белков. Тепловая денатурация сопровождается модификацией структуры белковых молекул, приводящей к заметному изменению их свойств без разрушения ковалентных связей. В фибриллярных белках группы миозина, фибриногена наблюдается переход от изогнутой складчатой α-кон-фигурации

полипептидных цепей к более растянутой β-конфигурации. При денатурации глобулярных белков происходит перегруппировка водородных связей, глобулы развертываются, приближаясь по структуре к фибриллярным белкам.

При нагреве мяса денатурация белков происходит в температурном интервале, так как белки отличаются по температуре денатурации (таблица 6.1). Денатурация сопровождается изменением свойств белков. Характерным признаком денатурации является потеря белками физиологической (ферментативной) активности. В результате тепловой денатурации уменьшается гидратация белков и их растворимость.

Нагрев мышечной ткани сопровождается значительным увеличением числа определяемых кислотных групп белков без изменения доли основных групп. В связи с этим происходит смещение pH среды в нейтральную область. Одновременно с этим смещается и изоэлектрическая точка мышечных белков в нейтральную область, но в большей мере. Таким образом, происходит сближение фактической величины pH с изоэлектрической точкой белков, что является основной причиной уменьшения их ВСС.

Таблица 6.1 – Температура денатурации белков

Белки мяса	Температура денатурации, ^{o}C
Миозин	45–55
Актин	50–55
Миоген	55–66
Миоальбумин	45–47
Глобулин Х	50–80
Миоглобин	60–70
Коллаген	58–65
Эластин	125

Количество прочно связанной влаги в мышечной ткани уменьшается на 15–20 %. Это приводит к потерям массы сырья при нагреве, повышению жесткости и уменьшению сочности мышечной ткани.

При варке несоленого мяса в зависимости от температуры и времени выделятся около 35–40 % воды. С водой теряются растворимые соединения. Величина потерь определяет выход продукта после нагрева. Отсюда следует, что температура и продолжительность тепловой обработки мясопродуктов должны быть лишь минимально необходимыми и соответствовать особенностям состава и свойств нагреваемого продукта.

Внутренние пептидные связи при развертывании полипептидных цепей при денатурации становятся более доступными действию ферментов. Следовательно, денатурированные белки лучше перевариваются. Но длительный нагрев приводит к снижению перевариваемости вследствие агрегирования белков.

За собственно денатурацией следует агрегирование белковых частиц в крупные образования. Внутримолекулярные связи заменяются межмолекулярными, т. е. происходит коагуляция белка. Коагуляция ускоряется с повышением температуры и длительности нагрева.

Заметные денатурационные изменения при нагревании мышц наступают при температуре 45 °С, когда мышцы начинают сокращаться. При дальнейшем нагреве наблюдается дальнейшее укорачивание мышцы, это явление необратимо.

Основные денатурационные изменения завершаются при достижении температуры 70 °С, когда тканевые ферменты утрачивают свою активность, поэтому при умеренном нагреве конечная температура мясных изделий составляет 65–70 °С в центре продукта.

При этой температуре происходит денатурация миоглобина и гемоглобина, сопровождающаяся характерным для сложных белков ослаблением связей между глобином и простетической группой – гемом. В результате гем отщепляется и, вступая в поточные реакции, изменяет окраску. Введение в мясо нитрита позволяет стабилизировать окраску вареного мяса. При нагреве нитрозомиоглобин денатурирует с образованием окрашенного в красный цвет нитрозогемохромогена:

$$\text{NOMв} \xrightarrow{\text{нагрев}} \text{глобин} + \text{NO-гемохромоген}\ .$$

Важнейшим результатом тепловой обработки мясного сырья является изменение свойств основного белка соединительной ткани – коллагена (подробно рассмотрено в теме 2). Сваривание и гидротермический распад коллагена повышают усвояемость белка, уменьшают прочность соединительной ткани, поэтому для сырья с высоким содержанием коллагена состояние кулинарной готовности определяется степенью его распада.

В клеежелатиновом производстве при производстве застудневающих мясопродуктов гидротермический распад коллагена является главным технологическим процессом получения желатина и клеящих веществ.

Изменения жиров. Нагрев тканей, содержащих жир, сопровождается его плавлением. Если нагрев протекает в водной среде, часть жира образует с водой эмульсию. При достаточно длительном нагреве в контакте с водой жир претерпевает химические изменения. Возрастание кислотного числа свидетельствует о гидролитическом распаде жира. Отщепляющиеся при гидролизе низкомолекулярные кислоты участвуют в формировании запаха мяса после варки.

Изменения экстрактивных веществ. Изменения экстрактивных веществ мяса при нагреве играют решающую роль в формировании специфических аромата и вкуса вареного мяса.

Тщательно отмытое от растворимых в воде веществ мясо после варки обладает очень слабым запахом, а водная вытяжка после нагрева имеет вкус и запах вареного мяса.

В формировании запаха и вкуса вареного мяса участвует большое количество веществ различной химической природы. Известно, что важную роль в этом играет *глютаминовая кислота* и ее соли. Даже в очень малых количествах (около 0,03 %) эти соединения придают продукту вкус мяса. Глютаминовая кислота образуется при нагреве в слабокислой среде (pH равным 6 и ниже) из глютамина (амида глютаминовой кислоты), содержащегося в мышечной ткани.

Существенное значение в образовании вкуса и аромата мяса играют также инозиновая кислота, креатин, креатинин; меркаптаны, образующиеся в ходе превращений серусодержащих аминокислот; летучие карбонильные соединения, летучие жирные кислоты и др.

В образовании специфического аромата и вкуса мяса большая роль принадлежит реакции меланоидинообразования, начальным этапом которой является окислительно-восстановительное взаимодействие аминокислот с редуцирующими сахарами, содержащимися в мясе. Наиболее склонны к такому взаимодействию моносахариды (рибоза, глюкоза), гликокол, лейцин, аланин.

В ходе таких реакций образуются различные карбонильные соединения (преимущественно альдегиды), являющиеся ароматобразующими веществами.

В ходе реакций образуются также окрашенные продукты темно-коричневые меланоидины, придающие продукту коричневую окраску.

Реакция меланоидинообразования в обычных условиях протекает медленно, а при нагревании резко ускоряется. Наиболее наглядно ее последствия проявляются при жарении мяса.

На ход реакции меланоидинообразования влияет степень созревания мяса, продукты жизнедеятельности микрофлоры (например, при посоле). С развитием автолиза мышечной ткани мяса в его составе увеличивается число и количество свободных аминокислот, а также содержание рибозы (за счет распада нуклеотидов) и глюкозы (вследствие амилолиза гликогена).

Развитие полезной микрофлоры при длительном созревании сопровождается накоплением продуктов распада белков.

Изменения витаминов. Тепловая обработка мяса приводит к уменьшению содержания некоторых витаминов в результате их химических изменений, а также потерь во внешнюю среду. В зависимости от способа и условий тепловой обработки мясо теряет 30–60 % тиамина, 15–30 % пантотеновой кислоты и рибофлавина, 10–35 % никотиновой кислоты, 30–60 % пиридоксина, часть аскорбиновой кислоты.

Микробиологические изменения. В результате нагрева мясопродуктов до температуры 68–70 ^{o}C уничтожается до 99 % начального количества микроорганизмов. Большинство микроорганизмов в вегетативной форме погибает при нагреве до 60–70 ^{o}C в течение 5–10 мин. Однако некоторые выдерживают более жесткий нагрев. Среди остающихся микроорганизмов около 90 % составляют споровые формы; анаэробы обнаруживаются редко и в небольших количествах. Абсолютное количество остающихся жизнедеятельных микробов в значительной степени зависит от начальной микробиальной загрязненности продукта.

Таким образом, конечная температура нагрева мясных изделий при умеренном нагреве (65–70 ^{o}C в центре продукта) обеспечивает санитарно-гигиеническую безопасность изделий и повышает их стабильность при хранении.

Нагрев при температурах выше 100 ^{o}C уничтожает вегетативные формы микроорганизмов и большую часть споровых, что обусловлено денатурацией белков протоплазмы живых клеток и разрушением ферментов. Одновременно

под воздействием нагрева перерождаются сохранившиеся споры, их способность к прорастанию резко снижается. Количество остаточной микрофлоры зависит как от температуры, так и от продолжительности обработки.

Не исключается наличие в стерилизованных консервах единичных спор мезофильных бацилл типа Bac. Subtilis (сенная палочка), Bac. Mesentericus (картофельная палочка). Для поддержания высокого санитарного уровня консервного производства степень обсемененности сырья спорами этих микроорганизмов не должна превышать 10^3 на 1 г, что обеспечивает содержание остаточной микрофлоры не более одной споры на 10 г готового консервированного продукта.

К наиболее устойчивым спорогенным микробам, способным вызывать пищевые отравления, относится Cl. Botulinum. Его споры выдерживают нагрев при 110 °С в течение 30 мин, а при 115 °С – 12 мин.

Споры различных микроорганизмов обладают разной устойчивостью к действию высоких температур. Споры анаэробов отмирают медленнее, чем споры аэробов.

Устойчивость микроорганизмов к нагреву зависит от свойств стерилизуемой среды. Существенное значение имеет величина pH. В кислой среде термоустойчивость микроорганизмов снижается.

6.5 Изменения мясопродуктов при копчении

Копчение следует рассматривать как комплекс взаимосвязанных процессов.: собственно копчение, обезвоживание, биохимические изменения и структурообразование. Совокупность протекающих процессов зависит от условий копчения.

Собственно копчение можно рассматривать как совокупность следующих процессов:

- осаждение коптильных веществ на поверхности продукта;
- диффузия в толщу продукта и накопление коптильных веществ;
- взаимодействие коптильных веществ с составными частями продукта.

Температура копчения является наиболее существенным фактором, определяющим интенсивность этих процессов. Внутренний перенос коптильных веществ зависит также от тканевого состава продукта, степени измельчения, свойств поверхности и других факторов. В частности, при температурах 35–50 °С эффект копчения достигается вдвое быстрее, чем при 18–22 °С; шпиг накапливает коптильные вещества в 1,5 раза интенсивнее, чем свинина, и в 2,1 раза больше, чем говядина. Кишечные оболочки на 20–25 % более проницаемые для коптильных веществ, чем искусственные.

Следствием адсорбции коптильных веществ, их диффузии, накопления и взаимодействия с составными частями продукта являются следующие изменения.

Продукты приобретают острый, приятный, своеобразный вкус и аромат копчения, темно-красный цвет и блеск на поверхности.

Проникновение в продукт некоторых фракций дыма, особенно фенольной и органических кислот, обладающих высоким бактерицидным и бактериостати-

ческим действием, подавляет развитие гнилостной микрофлоры, повышает устойчивость изделий при хранении, т. е. копчение является одним из способов консервирования, особенно в сочетании с посолом и сушкой. Наиболее чувствительны к действию дыма кишечная палочка, протей, стафилококк. Наиболее устойчивы к действию коптильных веществ плесени. Бактерицидное действие дыма проявляется, прежде всего, на поверхности продукта, где выше концентрация коптильных веществ.

Таким образом, важнейшим следствием копчения является образование периферийной защитной зоны (толщиной около 5 мм), предохраняющей продукт от внешней микрофлоры и окислительного действия кислорода воздуха.

Фенолы, хорошо поглощаемые жировой тканью, имея высокие антиокислительные свойства, тормозят окисление липидов, что особенно важно для копченых продуктов длительного хранения, например, сырокопченых. Кроме того, фенолы обладают дубящим действием на коллаген, в результате этого белковая оболочка (для колбас) и поверхностные слои продукта упрочняются, что усиливает их защитные свойства к действию микроорганизмов.

Помимо перечисленных положительных изменений при копчении имеют место нежелательные явления. Взаимодействие компонентов коптильного дыма с белками мяса сопровождается снижением их перевариваемости. Возможность образования при копчении и попадания в продукт ПАУ снижает гигиеническую оценку изделий.

Помимо собственно копчения во всех случаях обработки продуктов коптильным дымом происходит их обезвоживание в результате испарения части влаги. Например, при копчении сырокопченых изделий может удалиться до 25 % влаги от содержащейся в продукте до копчения. Полукопченые и варенокопченые колбасы теряют при копчении до 10 % влаги к начальной массе. Удаление влаги при копчении задерживает развитие микрофлоры, придает изделию характерные органолептические характеристики и позволяет снизить содержание влаги в продукте до регламентированного стандартом уровня. В случае необходимости дополнительное удаление влаги ведут при сушке изделий.

Если копчение проводится при относительно высоких температурах (55 ^{o}C и выше), во время копчения имеют место также процессы, характерные для тепловой обработки: денатурация и коагуляция мышечных белков, сваривание и гидротермический распад коллагена, превращения других веществ. Интенсивность и глубина этих изменений зависят от температуры, при которой ведется копчение.

Если копчение проводится в течение длительного времени и при температурах, не ограничивающих деятельность микроорганизмов и тканевых ферментов (холодное копчение), в продукте развиваются сложные биохимические процессы, существенным образом влияющие на свойства готовых изделий.

При холодном копчении сырокопченых изделий продолжаются автолитические процессы созревания и селективного развития микроорганизмов, начавшиеся при посоле и осадке. Под влиянием тканевых и микробиальных ферментов протекает гидролитический распад белков и жиров, что сопровождается накоплением соединений, ответственных за вкус и аромат продукта.

Продолжаются процессы формирования нитритной окраски, в которых участвуют и молочнокислые микроорганизмы.

Гидролиз белковых веществ приводит к заметному разрушению клеточной структуры сырья и образованию новой более монолитной структуры. Она возникает в результате многочисленных коагуляционных связей между частицами, являющимися продуктами деструкции тканей. К концу холодного копчения в 2,5–3 раза уменьшается содосвязывающая способность фарша, в 1,5–2 раза снижается пластичность. Вместе с этим возрастает связность и прочность структуры.

Таким образом, несмотря на очень важную роль коптильных веществ, для разных способов копчения технологический эффект определяется не только накоплением в продукте того или иного количества компонентов дыма, но и последствиями ряда других взаимосвязанных процессов, сопровождающих собственно копчение.

6.6 Влияние сушки на свойства мясных продуктов

Формирование структуры. При сушке сырых продуктов продолжаются начавшиеся ранее (посол, осадка, холодное копчение) разрушения клеточной структуры мяса за счет ферментативного *гидролиза белков* (под действием тканевых и микробиальных ферментов). До 15 % белков разрушаются до полипептидов и низкомолекулярных азотистых соединений. Эти изменения приводят к повышению гомогенности фарша, формированию характерной для этих изделий монолитной структуры.

Вместе с этим протекает противоположно направленный процесс – вторичное структурообразование за счет агрегирования белков на фоне снижения pH фарше (деятельность молочнокислой микрофлоры) и его обезвоживания.

Таким образом, специфическая для сырокопченых и сыровяленых колбас плотная монолитная структура формируется за счет протекания противоположно направленных процессов гидролиза и агрегирования белков. Вторичное структурообразование сопровождается снижением степени перевариваемости белков пищеварительными ферментами.

Формирование вкусоароматических характеристик мясных продуктов. Количество накапливающихся вкусоароматических веществ и степень выраженности вкуса и аромата сырокопченых и сыровяленых колбас связаны с глубиной развития ферментативных процессов при созревании–сушке и с деятельностью микрофлоры. Специфический вкус и запах этих видов колбас обусловлены, главным образом, присутствием карбонильных соединений, серусодержащих компонентов (меркаптаны и др.), органических кислот, спиртов, эфиров, летучих жирных кислот. Определенную роль играет молочная кислота, как продукт ферментативного превращения углеводов и сахаров, а также пептиды, свободные аминокислоты и продукты гидролиза жиров. В сырокопченых колбасах своеобразный вкус и аромат дополняется проникновением в продукт коптильных веществ.

Формирование окраски сырых продуктов при сушке происходит медленно вследствие невысоких температур на фоне обезвоживания продукта, роста концентрации поваренной соли и присутствия денитрифицирующей микрофлоры. Окраска сырокопченых и сыровяленых колбас определяется наличием не денатурированных пигментов мяса, прежде всего нитрозопигментов.

Положительно влияет на процесс формирования нитритной окраски снижение величины pH фарша при созревании–сушке за счет жизнедеятельности молочнокислых микроорганизмов. Кроме того, микрококки фарша способствуют восстановлению нитрита, накоплению редуцирующих веществ, что приводит к интенсификации реакций цветообразования.

Микробиологические процессы при сушке. В процессе длительной сушки, применяемой при производстве сырокопченых и сыровяленых колбас, продолжается селективное развитие микроорганизмов, что в совокупности с обезвоживанием и другими моментами обеспечивает повышение устойчивости изделий к микробиальной порче.

В условиях постепенного обезвоживания фарша, увеличения концентрации соли и снижения величины pH количественно-видовой состав микрофлоры существенно изменяется. Преобладающее развитие отмечается для молочнокислых микроорганизмов. Жизнеспособность этих форм микроорганизмов объясняется их кислото- и солеустойчивостью, способностью развиваться в широком диапазоне температур при относительно низком содержании влаги.

При сбраживании сахара, добавляемого в фарш при его составлении, микроорганизмами образуются органические кислоты, накопление которых ведет к снижению величины pH и подавлению патогенных микробов. При этом повышается активность микроорганизмов, участвующих в фермен-тативном гидролизе белков и липидов с образованием вкусоароматических веществ.

Снижение величины pH в ходе сушки предопределяет падение ВСС белков и создает лучшие условия для обезвоживания продукта (так как в первую очередь удаляется при сушке слабосвязанная влага) и для взаимодействия белковых веществ при вторичном структурообразовании продукта.

Учитывая важную роль микроорганизмов в процессе производства сырокопченых, сыровяленых колбас, регулировать созревание-сушку можно за счет введения в состав исходного фарша специальных бактериальных препаратов и добавок, активизирующих жизнедеятельность микроорганизмов.

6.7 Изменения рыбы при охлаждении и хранении в охлажденном виде

При охлаждении в рыбе происходят существенные физические и биохимические изменения.

Физические изменения проявляются в некотором увеличении плотности тканей и вязкости тканевых соков и крови, уменьшении массы рыбы в результате частичного испарения влаги с ее поверхности при охлаждении в воздушной среде (усушка).

Степень усушки зависит от свойств рыбы, охлаждающей среды и условий охлаждения. Также на степень усушки влияют такие свойства рыбы, как размеры, плотность, наличие и свойства упаковки (упаковочные материалы в зави-

симости от их свойств могут практически полностью предохранить рыбу от усушки либо замедлить этот процесс). Чем больше в рыбе содержится воды, тем больше влаги из нее испарится в процессе охлаждения, поэтому у тощих рыб усушка больше, чем у жирных с большей плотностью.

Биохимические изменения. После смерти рыбы температура ее тканей повышается в результате расщепления веществ (гликогена, креатинфосфата, аденозинтрифосфорной кислоты и др.), входящих в состав мышечной ткани, высвобождающаяся в этих процессах энергия выделяется в виде теплоты. Чем быстрее в процессе охлаждения отводится от рыбы теплота, тем резче затормаживаются биохимические процессы.

Наиболее существенные биохимические изменения в рыбе, обусловливающие качество мышечной ткани при охлаждении и хранении, проявляются в изменении белковых веществ – актина, миозина и актомиозина, количественно преобладающих в тканях. В результате взаимодействия актина и миозина образуется актомиозиновый комплекс, оказывающий большое влияние на свойства тканей, их окоченение и расслабление. Мышечные волокна сохраняют свою эластичность только в присутствии достаточного количества аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), оказывающей диссоциирующее действие на актомиозин. В свою очередь концентрация АТФ зависит от температуры рыбы: чем ниже температура, тем медленнее происходит распад АТФ и позднее наступает посмертное окоченение.

Быстрое охлаждение рыбы до криоскопической температуры тормозит образование актомиозинового комплекса и, следовательно, отодвигает сроки начала окоченения, вслед за которым наступают микробиологические процессы, приводящие к порче.

Микробиологические процессы. Охлаждение способствует подавлению жизнедеятельности микроорганизмов, которые находятся на поверхности и внутри рыбы, а также снижению их количества.

Жизнедеятельность микроорганизмов не приостанавливается, а лишь замедляется, поэтому сроки хранения охлажденной рыбы ограничены. Обитающие в рыбе микроорганизмы психрофильны и способны развиваться при относительно низких температурах. В частности, при хранении имеют тенденцию к росту представители рода Pseudomonas.

При медленном охлаждении рыбы темп развития микробиологических и биохимических процессов оказывается выше темпа охлаждения и нежелательные изменения в рыбе происходят раньше, чем она успевает охладиться.

6.8 Изменения рыбы при замораживании и хранении в замороженном виде

В процессе замораживания и хранении в замороженном виде в рыбе происходят физические, биохимические и биологические изменения.

К физическим изменениям следует отнести некоторое увеличение плотности тканей и вязкости тканевых соков и крови, уменьшение массы рыбы за счет частичного испарения влаги с ее поверхности при охлаждении в воздушной среде (усушка рыбы), изменение цвета и гистологической структуры тканей.

Основным физическим процессом, характеризующим замораживание, яв-

ляется превращение тканевого сока в лед. При замораживании наблюдаются изменения гидрофильных свойств тканей, которые определяют их водоудерживающую способность к концу хранения и влияют на количество тканевой жидкости, отделяющейся при размораживании.

При продолжительном хранении происходит постепенное увеличение кристаллов льда, т. е. перекристаллизация. За счет этого теряется преимущество быстрого замораживания. Рост размеров кристаллов льда изменяет гистологическое строение тканей, так как происходит разрыв мышечных оболочек. Ткань становится пористой. Причиной перекристаллизации служит разница в упругости насыщенного водяного пара и испаряющей поверхности.

При хранении уменьшается масса продукта или происходит усушка за счет сублимации льда на поверхности мороженой рыбы. Она тем выше, чем ниже относительная влажность воздуха, чем более открыта поверхность тела рыбы.

Усушка определяет естественную убыль мороженой рыбы, т. е. количественные потери. Разделанная рыба (филе, тушка и т. д.) теряет в массе больше, чем неразделанная. Глазированная рыба может усыхать только за счет испарения ледяной глазури, если своевременно вновь проводить глазирование, то можно исключить потери массы при продолжительном хранении.

Уменьшение влаги на поверхности в свою очередь обусловливает возникновение разности концентрации влаги внутри тела и на поверхности рыбы, что вызывает перемещение влаги из центральных слоев к поверхности, т. е. наступает внутренняя диффузия.

При обезвоживании или усушке происходит не только потеря массы, но и возникает явление холодильного ожога. Оно выражается в изменении цвета на поверхности рыбы, консистенция поверхностного слоя становится губчатой, неэластичной.

Окисление красящих веществ (ксантина, эритрина) ведет к изменению окраски кожи, чешуи, потере естественного блеска, потускнению поверхности. Причиной изменения цвета служит также перекристаллизация льда вследствие различного оптического преломления при разных размерах кристаллов.

К биохимическим изменениям относятся окисление, гидролиз жиров и денатурация белков.

При понижении температуры ферментативные процессы в рыбе хотя и незначительно, но продолжаются. При замораживании рыбы до температуры минус 18 °С часть ферментов еще активна. К группе таких ферментов относятся каталаза, пероксидаза, вызывающие окисление жиров, которое также происходит при повышенной температуре хранения в контакте с кислородом.

У тощих рыб окисление наступает быстрее, чем у жирных. В ходе гидролиза из жиров образуются глицерин и жирные кислоты. При этом ухудшаются вкус, запах и цвет рыбьих жиров. Гидролиз сопровождается окислением, в результате чего жир прогоркает. Особенно быстро прогоркают сельдевые и лососевые рыбы, у которых жировые отложения сконцентрированы непосредственно на поверхности под кожей. В результате окисления и деятельности микроорганизмов происходит ржавление жира в связи с накоплением летучих кислот.

Окисление при температуре минус 9 °С в 2–3 раза проходит быстрее, чем при температуре минус 18 °С. Для предотвращения гидролиза и окисления жиров необходимо практиковать быстрое замораживание и хранение при наиболее низких температурах (минус 30 °С и ниже).

В замораживаемой рыбе происходит разрушение гликогена с образованием молочной кислоты, креатинфосфата с образованием креатина и фосфорной кислоты. Наиболее интенсивно эти процессы протекают в интервале температур от минус 2 до минус 5 °С. Максимум накопления молочной кислоты в мясе рыбы находится в температурном интервале от минус 2,5 до минус 3,7 °С, который называется критическим.

При медленном замораживании, т. е. при относительно высокой температуре, распад гликогена происходит быстро.

При замораживании живой рыбы посмертные изменения сводятся к минимуму.

Изменения белков. Во время замораживания клеточного сока в межклеточных пространствах из него в виде льда выделяется вода, а растворенные в клеточном соке вещества отделяются и создают высокое осмотическое давление в межклеточном пространстве. Повышение концентрации веществ при кристаллизации вызывает химические изменения белков.

В результате обезвоживания и действия солей, концентрация которых в тканевом соке увеличивается при вымораживании воды, происходит денатурация белков тканей рыбы. Распад белковых молекул приводит к образованию аминокислот, а затем триметиламина, служащего показателем порчи продукта. При денатурации белка происходит изменение его растворимости, уменьшается способность к набуханию, удерживанию тканевого сока. При этом изменяется качество продукта, он приобретает сухую и жесткую консистенцию. Белки рыбы быстрее всего денатурируются при температурах от минус 2 до минус 5 °С, а максимально при температуре около минус 2,5 °С. Чтобы достичь максимальной технологической обратимости процесса замораживания продукта, следует насколько возможно быстрее проходить температурную зону биохимических изменений в продукте.

Основное влияние на денатурацию белка оказывает температура и длительность хранения рыбы, ее жирность, обезвоживание тканей рыбы.

Влияние замораживания на микроорганизмы. Процесс замораживания рыбы вызывает гибель 60–90 % содержащейся микрофлоры. Чем больше начальная обсемененность рыбы до замораживания, тем больше выживших микроорганизмов. Обсемененность после замораживания часто составляет 103–104 клеток в 1 г.

Гибель микроорганизмов происходит как в процессе замораживания рыбы, так и при последующем хранении. Хранение сопровождается дальнейшей постепенной гибелью микроорганизмов. Однако полной стерильности никогда не наступает. Например, обсемененность мороженой рыбы, упакованной в пленку и пергамент на 5–7 мес. хранения при температуре минус 18 °С, колеблется от единиц до тысяч клеток в 1 г.

Примерно через 12 дней хранения в мороженой рыбе снижается общее число бактерий, обсеменяющих кожные покровы, но увеличивается относительное содержание бактерий родов Moraxella, Acinetobacter, Flavobacterium, Cytophaga. В дальнейшем возможно увеличение содержания представителей рода Pseudomonas, которые характеризуются быстрым ростом, опережающим остальные группы бактерий, и образованием летучих оснований и летучих кислот.

В процессе медленного понижения температуры при замораживании, воздействие холода на микроорганизмы ослабляется, и они приспосабливаются к действию низких температур. Количество микроорганизмов при медленном замораживании становится больше, чем при быстром.

Вместе с тем следует учитывать, что микроорганизмы переносят низкую температуру лучше, чем высокую, поэтому при неблагоприятных условиях хранения (например, зараженность окружающей воздушной среды микроорганизмами, высокая влажность воздуха, значительная первоначальная обсемененность продукта микроорганизмами) на них появляется плесень. При температурах не ниже минус 10–12 °С в жизнеспособном состоянии находятся плесени, некоторые бактерии, действующие на продукты полураспада белков и вызывающие образование аммиака, сероводорода с изменением органолептических показателей рыбы

6.9 Изменения рыбного сырья при посоле

Проникновение соли в мышечную ткань и перераспределение ее между тканью и рассолом происходят осмотически через мембранные системы, покрывающие внешнюю поверхность обрабатываемой ткани, и через систему макро- и микрокапилляров, пронизывающих ткань во всех направлениях.

При тузлучном посоле продуктов перераспределение соли и воды складывается из трех одновременно протекающих процессов: перераспределения соли и воды между рассолом и продуктом; перераспределения соли и воды в рассоле; перераспределения соли и воды внутри продукта.

Все эти три процесса перераспределения соли и воды происходят диффузно-осмотическим путем. При диффузии вдоль мышечных волокон средняя скорость проникновения соли в мышечную ткань выше, чем при диффузии поперек волокон. Одновременно с перераспределением соли между рассолом и продуктом начинается и перераспределение воды.

В первый период посола осмос, т. е. просачивание воды сквозь оболочки мышечной ткани в раствор с более высокой концентрацией, преобладает над диффузией соли. В результате происходит уменьшение массы рыбы. Степень обезвоживания тем больше, чем выше концентрация рассола. Она достигает наибольшего значения при обычных условиях посола приблизительно на пятые сутки в зависимости от массы рыбы. После этого начинается обводнение мышечной ткани, обусловленное нарастанием в ней концентрации соли. Этот процесс продолжается в течение всего времени посола, хотя и с меньшей интенсивностью. Максимальное количество воды мышечная ткань поглощает, когда содержание соли в ней достигает 4–5 % массы.

При посоле сухой солью на поверхности вначале образуется рассол за счет влаги самих продуктов. С этого момента между продуктом и рассолом возникает обменная диффузия, аналогичная диффузии при мокром посоле. Быстрее всего образуется рассол на поверхности мышечной ткани, медленнее – на жировой, еще медленнее – на внешней поверхности кожи.

Если продукт длительное время находится в соприкосновении с сухой солью, он практически теряет всю осмотическую и капиллярную влагу. В процессе посола в рассол переходят белковые, экстрактивные вещества, минеральные вещества, водорастворимые витамины, количество которых зависит от условий посола, крепости и количества рассола, длительности процесса. Несмотря на это, пищевая ценность соленых продуктов не снижается, а даже несколько повышается, так как продукт становится более нежным, вкусным и усваивается лучше, чем несоленый.

Поваренная соль, проникая в ткани рыбы, изменяет коллоидные свойства белков и характер их связи с водой. Степень набухания тканей рыбы обусловливается гидратацией белков и осмотическим давлением растворенных фракций белка. Проникшая в рыбу соль вызывает растворение и пептизацию белков, что ведет дополнительно к небольшому набуханию и приросту веса тканей, если температура и концентрация соли не слишком высоки.

С увеличением содержания соли количество влаги, связанной с белками, уменьшается. Обезвоживание изменяет состояние белков: при достаточно высокой концентрации соли они денатурируют, теряют способность растворяться. При дальнейшем повышении концентрации (более 15 %) происходит высаливание белков, степень высаливания возрастает с повышением концентрации соли; вследствие этого крепкосоленая рыба имеет жесткую консистенцию.

Масса и объем рыбы изменяются при посоле почти параллельно, незначительное расхождение получается вследствие увеличения плотности рыбы при просаливании.

Потеря воды рыбой почти всегда значительно превышает количество проникшей в рыбу соли, поэтому масса рыбы в результате посола уменьшается. Тощая рыба теряет в массе больше, чем жирная. Потеря массы рыбы зависит также от крепости посола: чем больше дозировка соли и чем выше конечная соленость, тем меньше выход соленой рыбы.

Потери массы рыбой зависят также от температуры посола, химического состава соли, качества рыбы-сырца, способа и продолжительности посола. Рыба, посоленная во время посмертного окоченения, теряет массы меньше, чем посоленная в состоянии автолиза. При посоле мороженой рыбы отдача воды настолько мала, что образующегося при сухом посоле тузлука не хватает для заполнения промежутков между рыбой. Масса соленой рыбы при этом может увеличиться и быть больше массы рыбы-сырца.

Потери жира при посоле в большинстве случаев составляют небольшую величину, так как жир нерастворим в водных растворах минеральных солей и не может пройти через оболочку клеток во время диффузии соли и влаги. Мешает этому также большая вязкость жира при невысоких температурах посола. Потери жира при посоле жирных рыб во многом зависят от характера его расположе-

ния в теле рыбы, температуры посола, способа разделки. При теплом посоле рыба теряет жира больше, чем при холодном, разделанная больше, чем неразделенная. Обычно потери жира не превышают 0,1 % от массы высаливаемой рыбы.

Качество жира при посоле изменяется в зависимости от температуры, способа, продолжительности посола и свойств рыбы. Наблюдаются гидролиз и окисление жира, которые в случае посола при повышенных температурах бывают выражены сильнее. Окисление жира протекает особенно интенсивно при посоле и хранении рыбы без тузлуков.

При посоле происходит увеличение относительного содержания органических веществ в рыбе в результате значительной потери ею влаги. Абсолютное содержание азотсодержащих веществ (белковых и небелковых) при этом несколько уменьшается в зависимости от способа посола. В случае посола при более высоких температурах разделанной рыбы потери этих веществ больше, чем при посоле неразделенной рыбы при пониженной температуре. Азотистые вещества при посоле выделяются из рыбы постепенно. Происходят и качественные изменения белков. При крепких, особенно теплых, посолах наблюдается денатурация белков, которая отрицательно сказывается на качестве соленой продукции.

Изменение свойств рыбного сырья при созревании. В соленой рыбе при хранении под влиянием ферментов мышечных тканей и внутренних органов, а также микроорганизмов происходят сложные биохимические процессы, вызывающие расщепление белков и жиров с образованием ряда продуктов – полипептидов, свободных аминокислот, летучих оснований и других экстрактивных азотистых веществ, свободных жирных кислот, летучих кислот, карбонильных соединений и др. При этом в рыбе уменьшается содержание белкового азота и солерастворимых белков, увеличивается количество экстрактивного азота, продуктов гидролиза и окисления жира.

Под влиянием совокупности всех ферментативных и окислительных процессов рыба приобретает совершенно новые качества. В ней исчезают цвет, запах и вкус сырой рыбы, жир равномерно распределяется в тканях, мясо легко отделяется от костей и становится очень нежным, сочным и вкусным, имеющим особый приятный аромат. Такое благоприятное изменение в рыбе называется созреванием. Созревшая рыба становится съедобной без дополнительной кулинарной обработки.

При созревании всегда имеет место гидролиз жира, в результате чего в нем накапливаются свободные жирные кислоты, которые быстрее, чем связанные, подвергаются окислительным изменениям. Окисление жира – нежелательно. Однако оно всегда имеет место при созревании соленой продукции и, следовательно, не может не влиять на качество получаемого продукта. В жирах рыб при созревании накапливаются некоторые продукты распада белковых веществ (аминокислоты, низкомолекулярные полипептиды). Эти вещества нерастворимы в жирах, поэтому есть основания считать, что из продуктов распада белков и жира (в том числе и из окисленных) образуются новые вещества, не свойственные мышечной ткани свежей рыбы, которые растворяются в жирах и придают им характерный вкус и запах.

Интенсивность процесса созревания зависит от вида рыбы, ее физиологического состояния, условий посола, температуры, при которой протекает созревание, дозировки и химического состава соли, конечной солености продукта.

Созревание может происходить в соленой рыбе, залитой тузлуком и хранящейся без тузлука. Во втором случае желательна изоляция рыбы от кислорода воздуха, иначе в рыбе быстро протекает окисление жира.

Микробиологические процессы. Поваренная соль блокирует деятельность многих ферментов, ответственных за энергетический обмен бактерий, нарушает функции клеточных мембран и вызывает плазмолиз бактериальных клеток. Консервирующее действие поваренной соли связано в основном с изменением осмотического давления в бактериальной клетке и с обезвоживанием продукта, что препятствует развитию бактерий.

Большинство патогенных и гнилостных видов бактерий солечувствительны. Концентрация раствора соли, превышающая 6 %, в значительной степени задерживает или прекращает их развитие, хотя жизнеспособность отдельных клеток может сохраняться в течение длительного времени.

Развитие большинства микроорганизмов, в первую очередь гнилостных, подавляется при концентрации соли 10–15 %. Однако небольшие концентрации хлористого натрия – менее 5 %, напротив, способствуют развитию солелюбивых (галофильных) микроорганизмов. Подавление жизнедеятельности микроорганизмов при посоле происходит также в результате развития в рассоле и продукте микробов – антагонистов гнилостных бактерий.

6.10 Изменения свойств рыбного сырья при тепловой обработке

Происходящие при тепловой обработке физико-химические процессы являются необратимыми и носят в целом такой же характер, что и в мясе теплокровных животных.

Изменения мышечных белков. Изменения направлены на значительное уменьшение растворимости миофибриллярных белков по сравнению с белками саркоплазмы, возрастание в 3–3,5 раза количества денатурированных белков и растворимых азотистых веществ, в том числе белковой природы, в связи с переходом коллагена в глютин. По мере прогревания рыбы происходит денатурация мышечных белков. В отличие от мяса теплокровных животных коллаген мяса рыб менее устойчив к гидротермическому воздействию, денатурация начинается при довольно низкой температуре (30–50 °С), в соответствии с этим и переход коллагена в глютин происходит более быстрыми темпами и в более низком температурном интервале. В интервале 60–65 °С денатурация белков идет быстро, к 80 °С денатурирует около 90–95 % белков.

Денатурация белков вызывает их свертывание, гели мышечных волокон (миофибрилл) уплотняются. При этом уменьшается гидратация и выпрессовывается значительная часть воды вместе с растворенными в ней веществами (минеральные, экстрактивные, витамины). В результате уменьшается диаметр мышечных волокон. Чем выше температура нагрева, тем интенсивнее уплотнение волокон и больше потери массы и растворимых веществ.

Изменение белков соединительной ткани. Соединительная ткань состоит в основном из белка коллагена. При нагревании рыбы так же, как и при тепловой обработке мяса, коллагеновые пучки соединительной ткани в присутствии воды набухают. Дальнейшее нагревание приводит к разрыву межмолекулярных связей и уменьшению длины волокон примерно на 1/3 их первоначальной длины (сваривание или усадка). В результате денатурации объем рыбы сокращается, но менее значительно, чем мясо.

В кожных покровах рыбы сваривание коллагена вызывает большее сокращение линейных размеров (усадку) кожи, чем мышечной ткани. Кожа рыбы после тепловой обработки сравнительно хорошо усваивается, так как коллаген после денатурации легче разрушается протеолитическими ферментами пищеварительного тракта.

При дальнейшем нагреве происходит деструкция коллагеновых волокон – распад их на отдельные полипептидные цепочки (дезагрегация коллагена). В результате коллаген превращается в растворимый глютин (желатин). Переход коллагена в глютин – основная причина размягчения рыбы, уменьшения механической прочности ее тканей. При чрезмерно продолжительной обработке весь коллаген септ превращается в глютин, мышцы распадаются на миокомы, в результате качество готовых изделий ухудшается.

Изменения жиров (липидов). При варке жир вытапливается. Количество такого жира зависит от жирности рыбы и характера его распределения в тканях. При тепловой обработке рыбы содержание ненасыщенных жирных кислот уменьшается, насыщенных кислот увеличивается. Они сосредоточены в мясе, икре и молоках, в печени некоторых видов рыб. В состав липидов рыб входят триглицериды, свободные жирные кислоты, моно- и диглицериды, фосфолипиды, а также стерины, витамины, каротиноиды. Физико-химические изменения экстрактивных веществ и липидов рыб – одна из причин того, что пищевая ценность блюд, приготовляемых из рыбы длительного хранения, обычно значительно ниже, чем блюд, приготовляемых из живой или охлажденной рыбы.

Изменение азотистых и минеральных веществ. Ферменты являются биологическими катализаторами, ускоряющими химические реакции при переваривании пищи организмом человека. Экстрактивные вещества пищи, воздействуя на нервные окончания пищеварительных органов и вызывая усиленное выделение пищеварительных соков, содействуют появлению аппетита и лучшему усвоению пищи.

Формирование своеобразного вкуса и аромата рыбы, подвергнутой тепловой обработке, связано со своеобразным составом экстрактивных, минеральных веществ. Специфический вкус приготовленной рыбы обусловлен сравнительно высоким содержанием азотистых экстрактивных веществ (9–18 % общего азота мышц) и своеобразием их состава. В мясе морских рыб, как правило, содержится больше экстрактивных веществ, чем в мясе пресноводных рыб. Среди свободных аминокислот в мясе рыб мало глутаминовой кислоты, обладающей вкусом, свойственным говяжьему мясу, и очень много циклических аминокислот – гистидина, фенилаланина, триптофана. Гистидин в значительных количествах содержится в темном мясе морских рыб: в скумбрии до 280

мг/100г, в тунцах до 400 мг/100г, в сайре до 500 мг/100г. В процессе посмертного автолиза рыбы в результате ферментативного декарбоксилирования гистидин превращается в гистамин, обладающий высокой биологической активностью и токсичностью. В малых концентрациях (до 100 мг/кг) гистамин оказывает сосудорасширяющее действие на организм человека, одновременно стимулирует деятельность желудочно-кишечного тракта. В более высоких концентрациях гистамин может вызывать тяжелые пищевые отравления. В связи с этим океанических рыб, содержащих повышенное количество темного мяса (сайру, сардину, скумбрию и др.), после вылова сразу направляют на промышленную переработку (консервы, копчение).

Креатин и креатинин в мясе рыб содержатся в сравнительно небольших количествах. В мясе морских рыб из веществ этой группы обнаружен метилгуанидин, которого нет в мясе пресноводных рыб и теплокровных животных. Метилгуанидин в больших концентрациях токсичен.

В составе экстрактивных веществ мяса рыб содержатся значительные количества азотистых оснований. Они подразделяются на летучие и триметиламмониевые. Среди летучих оснований преобладают моно-, ди- и триметиламин и аммиак. Среди триметиламмониевых оснований преобладают триметиаминоксид и бетаины.

При тепловой обработке на переход экстрактивных и минеральных веществ из рыбы в бульон оказывают влияние не только денатурация мышечных белков и их постденатурационные изменения, но и диффузия.

По качественному составу экстрактивных азотистых веществ рыбные бульоны существенно отличаются от мясных. В рыбных бульонах преобладают циклические (гистидин, триптофан, фенилаланин) и серосодержащие (цистин, цистеин, триптофан, фенилаланин) свободные аминокислоты. В бульонах из океанических рыб содержится метилгуанидин – сильное основание, в больших концентрациях оказывающее токсическое действие на живые организмы. К особенностям рыбных бульонов относится содержание в них значительных количеств аминов, среди которых важная роль принадлежит гистамину. К качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов установлен предельно допустимый уровень содержания гистамина в мясе некоторых видов рыб (тунец, скумбрия, лосось, сельдь), который составляет 100 мг/кг.

Изменения витаминов. Тепловая обработка при умеренных температурах (до 100 °С) уменьшает содержание в них некоторых витаминов из-за химических изменений, но главным образом в результате потерь во внешнюю среду. В зависимости от способа и условий тепловой обработки мясо рыбы теряет, %: тиамина 30–60, пантотеновой кислоты и рибофлавина 15–30, никотиновой кислоты 10–35, пиридоксина 30–60, часть аскорбиновой кислоты.

Потери массы при тепловой обработке. Общие потери массы при тепловой обработке рыбы находятся в пределах 18–20 %, что вдвое меньше потерь массы мяса крупного рогатого скота.

Сравнительно небольшие потери воды мясом рыб при тепловой обработке объясняются особенностями его химического состава и гистологического строения: высоким содержанием белков актомиозинового комплекса в миофиб-

риллах мышечных волокон; простым строением перимизия мышц; сравнительно низкой температурой денатурации и деструкции коллагена внутримышечной соединительной ткани. Тепловая денатурация мышечных белков сопровождается сравнительно слабой их дегидратацией. Вода, отделяемая белковыми гелями мышечных волокон и поступающая в пространство между пучками мышечных волокон, слабо выпрессовывается в окружающее пространство из-за незначительной деформации внутримышечных соединительнотканных образований мышц рыбы и сравнительно быстрой желатинизации коллагена. В результате этого мясо рыб при тепловой обработке теряет не более 25 % содержащейся в ней воды.

6.11 Влияние копчения на свойства рыбных продуктов

В процессе копчения в рыбе происходят сложные физические и биохимические изменения: нагревание продукта, диффузия влаги в рыбе и испарение ее с поверхности; осаждение коптильных компонентов на рыбу и диффузия этих веществ вглубь продукта; денатурация и гидролиз белков, липидов и экстрактивных веществ; уменьшение микрофлоры; разрушение витаминов.

Физико-химические изменения, происходящие в процессе копчения, связаны с тепловым воздействием, влиянием посолочных веществ и значительным обезвоживанием, а также насыщением тканей компонентами коптильной среды. Все это приводит к формированию характерных копченых свойств и некоторому консервированию продукта.

В ходе копчения одни компоненты коптильной среды осаждаются на поверхности продукта, другие проникают внутрь. В процессе диффузии часть компонентов не меняет своей химической природы, а часть вступает в различные взаимодействия с веществами ткани. Кислоты, содержащиеся в дыме, подкисляют продукт, снижая его pH до 5,7–5,2.

Альдегиды и кетоны коптильного дыма активно взаимодействуют со свободными аминогруппами полипептидов. Так, формальдегид, количественно преобладающий в группе альдегидов, образует в конечном итоге моно- и диметильные соединения. Взаимодействуя с двумя аминогруппами двух пептидных цепей, формальдегид связывает их метиленовыми мостиками. Физически это выражается в упрочнении ткани и по характеру действия похоже на процесс дубления. Дубящее действие на ткани оказывают также фенолы, реагирующие с аминокислотными остатками и другими функциональными группами белков.

Копчение при высокой температуре (полугорячее и горячее) от 40 до 170 °С сопровождается разной степенью денатурации белков и освобождением скрытых функциональных групп (сульфидных, карбоксильных, аминных, окси- и др.), которые вступают во взаимодействие с коптильными компонентами. В результате наблюдаются необратимая дегидратация, коагуляция части белков саркоплазмы и миофибрилл мышечных тканей, в связи с чем уменьшается влагоудерживающая способность ткани, продукт лучше обезвоживается и уплотняется.

Наиболее сильные изменения при копчении претерпевает коллаген. Фибриллы мышечных тканей вначале изменяют свою пространственную упаковку.

При этом водородные связи разрушаются и освобождаются функциональные группы, вступающие в реакции с компонентами дыма. Под действием альдегидов, кетонов и фенолов протекают превращения, называемые дублением. Коллаген оболочек и кожи у рыб в этом случае играет защитную роль, связывая ряд активных коптильных веществ и препятствуя их диффузии внутрь продукта. Особенно это важно при непродолжительном горячем копчении.

Одновременно под действием высокой температуры коллагеновые молекулы обезвоживаются. В конце копчения резко изменяется их структура, в результате оболочка становится тонкой, полупрозрачной, кожа у рыбы подсыхает и легко отделяется от мышечных тканей. Поверхность копченого продукта приобретает характерный цвет от светло-золотистого до темно-коричневого.

Биохимические изменения при копчении связаны с действием поваренной соли, нитритов, тканевых и микробиологических ферментов, компонентов дыма и температуры процесса. Глубина изменений определяется видом продукта и способом копчения.

На стадии копчения до 40 °С ускоряются реакции, катализируемые ферментами мышечных тканей и микроорганизмов, – протеолиз, липолиз, денитрификация и др. По мере повышения температуры постепенно развиваются денатурация белков и инактивация ферментов.

Продолжительное холодное копчение сопровождается более глубокой, чем при горячем копчении, ферментацией – протеолизом мышечной ткани. Структура ткани нарушается, консистенция становится мягче, нежнее.

Жиры, содержащиеся в мышечной ткани, при копчении активно сорбируют коптильные компоненты (карбонилы и особенно фенолы). Продукты взаимодействия фенолов с радикалами жиров имеют характерный привкус, что вносит специфический оттенок во вкусо-ароматические ощущения.

В ходе копчения, особенно горячего, продукты теряют некоторое количество витаминов – 15–20 % тиамина, рибофлавина, ниацина.

6.12 Изменения рыбного сырья при сушке и вялении

При нагревании продукта в процессе сушки до определенной температуры происходит тепловая денатурация белков. Ускоряется движение полипептидных цепей, сопровождающееся разрывом непрочных связей между структурными элементами, происходят развертывание и перегруппировка полипептидных цепей с последующим перераспределением полярных и неполярных радикалов и концентрацией последних на поверхности молекул, гидрофильность которых вследствие этого уменьшается.

Благодаря изменению макроструктуры белки частично или полностью утрачивают способность к набуханию; одновременно происходит изменение их коллоидного состояния, т. е. коагуляция (свертывание). Денатурация белков в мышечной ткани рыбы начинается при 35–50 °С. Однако при уменьшении содержания воды в мышечной ткани денатурация белков начинается при более высокой температуре.

При тепловой денатурации основного белка соединительной ткани - коллагена, содержание которого находится в пределах 2–5 % общего содержания белковых веществ рыбы, наблюдается деформация поперечных связей полипептидных цепей молекул. При нагревании в условиях избытка воды коллаген вначале несколько набухает. При температуре 33 °С и выше происходят укорачивание и утолщение волокон, и тем значительнее, чем выше температура денатурации. Одновременно с этим коллагеновые волокна теряют фибриллярную структуру и принимают вид однородной стекловидной массы.

Денатурация коллагена завершается при 50–60 °С. Нагревание соединительных тканей с переплетающимися коллагеновыми волокнами сопровождается сильной деформацией (изгибом) коллагеновых пучков. Денатурированный коллаген отличается от нативного способностью расщепляться протеолитическими ферментами.

При длительном нагревании коллагена происходит необратимая дезагрегация (пептизация) с образованием глютина, который при температуре 30 °С и выше неограниченно растворим в воде. В результате перехода коллагена в глютин ослабляются прочность прослоек эндомизия, а также связь между пучками мышечных волокон.

В целом денатурационные изменения мышечных белков и коллагена вызывают изменение прочностных характеристик, уплотнение мышечных тканей и уменьшение объема рыбы с отделением значительного количества тканевой жидкости.

При нагревании до 100 °С ферменты в тканях рыбы разрушаются, а при 70–80 °С большинство ферментов необратимо инактивируется. В высушенной рыбе ферменты более устойчивы к нагреву: инактивация происходит медленнее и при более высокой температуре.

В процессе сушки происходит гидролитический распад липидов с образованием свободных жирных кислот, которые легче окисляются, чем исходный жир, что снижает пищевую ценность продукта. Применение вместо воздуха инертных газовых сред (азот, углекислота) предотвращает окисление жиров.

При тепловой обработке рыбы разрушаются витамины, причем глубина этого процесса зависит главным образом от температуры, при которой осуществляется тепловая обработка, и продолжительности последней. Особенно быстро разрушаются водорастворимые витамины, в том числе витамин С.

Сушка при высоких температурах приводит к гибели более 99 % микроорганизмов сырья. Выживают только споры некоторых видов микроорганизмов. Отмирание клеток при нагревании наступает вследствие необратимых изменений в протоплазме: инактивации ферментов, денатурации белков. Большинство вегетативных клеток погибает уже при 60–70 °С в течение 15–30 мин, а при 100 °С – в течение нескольких секунд. Дрожжи и плесени также не переносят температуру выше 50–60 °С.

Губительно действует на микроорганизмы обезвоживание субстрата и клеток микроорганизмов. Устойчивы к высушиванию сапрофиты и особенно споры бактерий и плесневых грибов.

Как правило, вяление – сушка рыбы при низких температурах (20–28 °С) – обычно проводится с предварительным просаливанием. При этом в мышечной

ткани рыбы развиваются биохимические и физико-химические процессы, придающие ей специфические вкусо-ароматические свойства, происходит созревание рыбы.

Биохимические процессы, развивающиеся в мышечной ткани вяленой рыбы, связаны с деятельностью протеолитических и липолитических ферментов. При вялении разделанной рыбы в процессе созревания действуют протеазы и липазы мышечных тканей, а при обработке неразделанной рыбы процесс созревания существенно ускоряется за счет более активных ферментов пищеварительных органов. В результате ферментативного гидролиза белков в мышечной ткани вяленой рыбы накапливаются небелковые азотистые вещества, в том числе свободные аминокислоты и азотистые основания. Под действием липазы в мышечной ткани увеличивается содержание свободных жирных кислот.

Во время вяления за счет длительного контакта с кислородом воздуха развиваются процессы окисления липидов, сопровождающиеся увеличением содержания первичных (пероксиды) и конечных (кетоны, альдегиды, оксикислоты) продуктов автоокисления. Продукты окисления липидов участвуют в образовании специфических вкусо-ароматических свойств вяленой рыбы.

В результате вяления в мышечной ткани рыбы накапливаются летучие соединения, которые играют большую роль в образовании аромата вяленой рыбы. В этой группе веществ, содержание которых в мышцах вяленой рыбы достигает 750–850 мг/100 г, присутствуют кетоны (ацетокетон, метилэтилкетон), альдегиды (масляный, изомасляный, пропиловый, фурфурол), спирты (изопропиловый, изобутиловый, изоамиловый), эфиры (метиловый, масляной кислоты, бутилацетат).

При вялении часть воды удаляется из тканей и в готовом продукте содержится всего 25–35 % воды. Действие ферментов при вялении начинается в присутствии большого количества воды и малой концентрации соли. По мере уменьшения содержания в тканях воды активность ферментов снижается, и когда ее содержание уменьшается до 30–25 %, накопление продуктов гидролиза белков и липидов в мышечной ткани практически прекращается.

Подсыхание тканей во время вяления сопровождается уменьшением объема клеток, в результате чего из жировых клеток выжимаются липиды, которые по капиллярам перераспределяются внутри подкожных тканей, пропитывая их, а также частично перемещаются на поверхность тела и образуют на ней жировую пленку. Именно на поверхности продукта в первую очередь развиваются процессы окисления липидов.

6.13 Изменения молока при охлаждении и хранении в охлажденном виде

На фермах и молочных заводах сырое и пастеризованное молоко охлаждают и хранят при температуре 4–10 °С.

Охлаждение сырого молока способствует увеличению продолжительности бактерицидной фазы. Как известно, бактерицидные свойства молока обусловливаются наличием в нем антибактериальных веществ. Их количество зависит от индивидуальных особенностей, физиологического состояния живот-

ных и изменяется в течение лактационного периода (особенно высокой антибактериальной активностью обладает молозиво). Антибактериальными свойствами в молоке обладают ранее рассмотренные иммуноглобулины, лизоцим, некоторые ферменты (лактопероксидаза, ксантиноксидаза и др.) – лактоферрин и лейкоциты.

По окончании бактерицидной фазы в молоке при высокой температуре хранения (13–15 °С) начинается быстрое размножение разнообразной микрофлоры. При этом в нем могут накапливаться бактериальные токсины, вызывающие сильные пищевые отравления, появляются окисленный и прогорклый привкусы, повышается титруемая кислотность, и молоко свертывается. Поэтому температура 6–10 °С является предельной для кратковременного (не более 1 сут) хранения сырого молока. При необходимости более длительного хранения (2–3 сут) молоко охлаждают до температуры 2–4 °С. Однако длительное его хранение, особенно после предварительной обработки (центробежной очистки, перекачивания насосами и др.), может изменить физико-химические, органолептические и технологические свойства молока.

Жир. При охлаждении молока жир переходит из жидкого состояния в твердое, в результате чего повышаются его вязкость и плотность. Вследствие кристаллизации высокоплавких ацилглицеринов жировых шариков изменяются состав и свойства их защитных белковых оболочек. Механические воздействия (при транспортировании, очистке, перемешивании, перекачивании и т. д.) могут привести к повреждению оболочек и повышению степени дестабилизации жировой фазы. В таком молоке активнее происходят липолиз и окисление липидов.

Липолиз может быть вызван активированием нативных липаз и выделением липолитических ферментов психотрофными бактериями.

Различают два вида липолиза, вызываемого нативными липазами: спонтанный (самопроизвольный) и индуцированный (наведенный).

Спонтанный липолиз происходит при охлаждении молока. В процессе охлаждения плазменная липаза самопроизвольно адсорбируется оболочками жировых шариков и вызывает гидролиз жира. Склонность или чувствительность молока к развитию в нем спонтанного липолиза обусловлена индивидуальными особенностями животного, рационом кормления, периодом лактации и другими факторами.

Индуцированный липолиз происходит при активировании липаз с одновременным разрушением оболочек жировых шариков в результате получения и обработки молока. Прогорканию молока способствуют нарушения в технике машинного доения, центробежная очистка, перекачивание и т. д.

В результате липолиза в молоке увеличивается (на 30–70 %) количество свободных жирных кислот и появляются прогорклый вкус, мыльный и другие привкусы. Качество выработанных из него масла, молочных консервов и других продуктов снижается.

Белки. При длительном низкотемпературном хранении молока уменьшается средний диаметр казеиновых мицелл, увеличивается содержание Y-казеина вследствие расщепления плазмином β-казеина. Молоко медленнее свертывается сычужным ферментом, снижается интенсивность синерезиса сычужных и кислотных сгустков.

Минеральные вещества. В процессе хранения в плазме молока повышается количество ионов кальция. Поэтому с увеличением продолжительности хранения термоустойчивость молока снижается, что необходимо учитывать при производстве молочных консервов. Перед длительным хранением молоко следует пастеризовать или подвергать *термизации* (более мягкой тепловой обработке при температуре 60–65 °С с выдержкой от 2 до 20 с).

Витамины. Хранение сырого молока при 4 °С не вызывает заметного снижения содержания витаминов. Исключение составляет витамин С – он разрушается на 18 % при хранении в течение 2 сут и на 30–70 % при хранении в течение 3 сут.

6.14 Изменения молока при замораживании и хранении в замороженном виде

Изменение состава и свойств молока под влиянием низких температур зависит от температуры и скорости замораживания.

Молоко замерзает при температуре ниже минус 0,54 °С. В интервале от минус 0,54 до минус 3,5 °С в лед превращается основная часть (80–85 %) свободной воды, процесс льдообразования практически заканчивается при температуре минус 30 °С.

Замораживание молока при любых температурах происходит неравномерно. Вначале замерзает слой чистой воды на границе раздела фаз (на стенках, вверху и на дне сосуда), а в оставшейся жидкой части концентрируются компоненты молока, в том числе электролиты (соли кальция и др.), которые могут вызвать нежелательные изменения белков и жира.

Изменения воды. При медленном замораживании незамерзшими остаются вся связанная вода (3–3,5 %) и часть свободной влаги молока. Так, при температуре замораживания минус 10 °С количество незамерзшей воды составляет 7–7,5 %, т. е. на свободную влагу приходится около 4 %. В этой части воды повышается концентрация белков, солей и молочного сахара.

Изменения белков. В концентрированном растворе увеличивается вероятность столкновения и укрупнения частиц казеина. Концентрация электролитов в незамерзшей части молока может достичь такого предела, при котором они начинают снижать заряд казеиновых мицелл, вызывая их агрегацию. Помимо этого, при льдообразовании из коллоидных частиц белка может удаляться гидратационная вода, т. е. происходить обезвоживание и денатурация белковых молекул с потерей их стабильности. Этому способствуют также понижение pH молока и кристаллизация лактозы.

Таким образом, в медленно замороженном молоке происходят физико-химические изменения белков, приводящие к частичной или полной их коагуляции. Оттаявшее после замораживания молоко быстрее свертывается сычужным ферментом по сравнению с обычным.

При быстром замораживании молока при температуре ниже минус 22 °С остается незамерзшей около 3–4 % воды, то есть почти вся свободная влага переходит в лед, а в жидком состоянии находится лишь связанная влага, которая

не обладает свойством растворять соли, поэтому денатурационных изменений белков не происходит.

Изменение жира. При высоких температурах замораживания (минус 5–минус 10 °С) может разрушаться жировая эмульсия. В процессе охлаждения жировые шарики отвердевают (форма их становится угловатой), свойства оболочечного вещества изменяются под влиянием незамороженной части плазмы. В результате этих изменений нарушается целостность оболочек жировых шариков, т. е. происходит частичная дестабилизация жировой фазы с выделением свободного жира. Замороженное и оттаявшее молоко быстрее сбивается, при нагревании в нем появляются капли жира, при хранении оно более склонно к липолизу. Быстрое замораживание молока при низких температурах (ниже минус 22 °С) предотвращает нарушение жировой эмульсии. Предварительно проведенная гомогенизация молока повышает стабильность жировой фазы.

6.15 Изменения молока при его механической обработке

Очистка молока не вызывает существенных изменений его составных частей. Общие потери белков, жира и изменение размера жировых шариков незначительны. Титруемая кислотность молока уменьшается на 0,5–4,0 °Т

При сепарировании состав и физико-химические свойства молока – его вязкость, плотность, кислотность и степень диспергирования жира – влияют на степень обезжиривания молока. Предварительная обработка молока (перекачивание, перемешивание, пастеризация и т. д.) отрицательно влияет на степень обезжиривания, так как при обработке могут происходить дробление жировых шариков и частичное подсбивание жира. Длительное хранение молока (при низких температурах) перед сепарированием приводит к повышению кислотности, вязкости, плотности молока и тем самым снижает степень его обезжиривания.

Степень обезжиривания зависит от температуры молока. Оптимальной температурой сепарирования принято считать 35–45 °С, более высокие температуры применяют только при получении высокожирных сливок. Повышение температуры сепарирования обычно сопровождается дроблением жировых шариков и вспениванием обезжиренного молока и сливок. Наличие пены отрицательно влияет на свойства сливок, вызывая коагуляцию белков и образование комочков жира (которые формируются из слипшихся жировых шариков при разрушении пены). Слипанию жировых шариков способствует свободный жир, выделяющийся на поверхности шариков при повреждении оболочек. В сливках увеличивается, по сравнению с молоком, количество свободного жира. Степень дестабилизации жира повышается с увеличением жирности сливок.

Менее интенсивное дробление жировых шариков наблюдается при сепарировании холодного молока (1–5 °С). Однако сепарирование при низких температурах приводит к снижению производительности сепаратора, так как вязкость молока повышается.

При перекачивании молока и сливок насосами уменьшается количество мелких жировых шариков (диаметром до 2 мкм) и происходит диспергирование крупных (диаметром 4–6 мкм и выше) шариков с увеличением числа средних

(диаметром 2–4 мкм). Степень диспергирования жира увеличивается с возрастанием напора в линии нагнетания.

В результате механического воздействия на оболочки жировых шариков в процессе перекачивания молока происходит частичная дестабилизация жира (при работе некоторых насосов молочный жир сбивается в комочки). Эффект разрушения жировой эмульсии возрастает с повышением напора в линии нагнетания, концентрации жировой фазы, кислотности молока, а также при подсасывании воздуха в перекачиваемый продукт.

В процессе перекачивания молока и сливок часто образуется пена, продукт обогащается воздухом, его коллоидная система может нарушаться вследствие изменения состояния белков.

Плотность молока после перекачивания насосами незначительно отличается от исходной, вязкость в результате диспергирования жира в процессе перекачивания несколько возрастает. Способность молока к сычужному свертыванию после перекачивания насосами не изменяется.

Перемешивание свежевыдоенного молока мешалками (при охлаждении и хранении в емкостях и т. д.) существенно не влияет на диспергирование и стабильность жира. При воздействии мешалок на молоко вовремя длительного хранения оболочки жировых шариков могут нарушаться, в результате чего образуется свободный жир, склонный к липолизу и окислению.

В результате гомогенизации в молоке образуются однородные по величине шарики диаметром около 1 мкм (рисунок 6.2). Степень диспергирования жировых шариков зависит от температуры, давления гомогенизации, содержания жира и других факторов.

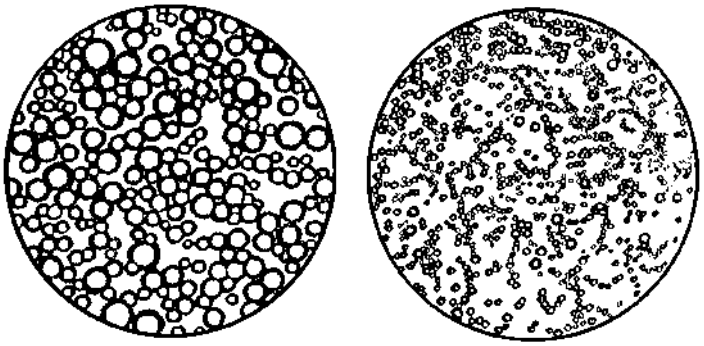


Рисунок 6.2 – Жировые шарики под микроскопом:
а – негомогенизированное молоко; б – гомогенизированное молоко

В молоке после гомогенизации не происходит скопления жировых шариков и практически не наблюдается отстоя сливок. Однако в гомогенизированном молоке с повышенным содержанием жира могут возникать скопления и агрегаты жировых шариков. Это явление можно объяснить следующим образом. В процессе гомогенизации резко возрастает общая поверхность жировых шариков, происходит перераспределение оболочечного вещества (оболочки шариков гомогенизированного молока отличаются по составу от оболочек шариков негомогенизированного молока). Фосфолипидов и оболочечных белков, имеющихся в молоке, недостаточно для того, чтобы покрыть увеличивающуюся по-

верхность жировых шариков. Поэтому дефицит оболочечного вещества компенсируется (полностью или частично) за счет адсорбирования белков плазмы (мицелл казеина, его фрагментов, а также денатурированных сывороточных белков). Это приводит к стабилизации жировой эмульсии.

В гомогенизированном молоке с повышенным содержанием жира (сливках) может быть недостаточно оболочечного вещества для быстрого образования новых оболочек, часть жира остается незащищенной. Выявлено, что прочные оболочки образуются только при соотношении СОМО/жир выше 0,6–0,85. Между жировыми шариками с гидрофобной поверхностью активно действуют силы межмолекулярного сцепления. При соударении шариков образуются рыхлые скопления и агрегаты. Может происходить также слияние отдельных шариков с увеличением их диаметра.

В процессе гомогенизации изменяется не только молочный жир, но также белки и соли. Диаметр крупных казеиновых мицелл уменьшается, часть их распадается на фрагменты и субмицеллы, которые адсорбируются поверхностью жировых шариков. Изменяется солевой баланс молока: в плазме увеличивается количество растворимого кальция, часть же коллоидных фосфатов кальция адсорбируется поверхностью жировых шариков.

После гомогенизации снижается термоустойчивость молочных эмульсий, особенно эмульсий с высоким содержанием жира. Скорость сычужного свертывания гомогенизированного молока повышается, увеличивается прочность полученных сгустков и замедляется их синерезис.

6.16 Изменение составных частей молока при тепловой обработке

Для уничтожения микроорганизмов и разрушения ферментов сырье при выработке пищевых продуктов подвергают тепловой обработке. Основная цель тепловой обработки – получить при минимальном изменении вкуса, цвета, пищевой и биологической ценности безопасный в гигиеническом отношении продукт и увеличить срок его хранения.

Изменения белков. Наиболее глубоким изменениям при нагревании молока подвергаются сывороточные белки. Сначала происходит их денатурация, которая сопровождается развертыванием полипептидных цепей. При этом освобождаются ранее «скрытые» группы – сульфгидрильные, гидроксильные и др.

Затем денатурированные белки при взаимодействии SH-групп образуют дисульфидные связи (–S–S–) и агрегируют при частичной или полной потере растворимости. В первую очередь агрегирует денатурированный β-лактоглобулин.

Агрегаты сывороточных белков молока имеют небольшие размеры и достаточно сильно гидратированы. Поэтому они остаются в растворе и лишь небольшая их часть в виде хлопьев оседает на поверхности нагревательных аппаратов. При высоких температурах пастеризации денатурированный в-лактоглобулин образует комплексы с к-казеином термостабильных казеиновых мицелл и, таким образом, сохраняет свою устойчивость в растворе. Образование комплекса β-лактоглобулин – к-казеин, в свою очередь, повышает термо-

устойчивость казеина при стерилизации молока. В некоторых случаях образование комплексов, наоборот, снижает устойчивость казеина.

Денатурация сывороточных белков начинается при сравнительно низких температурах нагревания молока (62 °С). Степень денатурации белков (со снижением их растворимости) зависит от температуры и продолжительности ее воздействия на молоко.

Из сывороточных белков наиболее чувствительны к нагреванию иммуноглобулины, сывороточный альбумин и β-лактоглобулин.

α-Лактальбумин – термостабильный белок. Он полностью теряет растворимость при нагревании молока до 96 °С и выдерживании при этой температуре в течение 30 мин. Высокая термоустойчивость α-лактальбумина объясняется его способностью к ренатурации помощью кальция.

Вследствие тепловой денатурации сывороточных белков и освобождения сульфгидрильных групп молоко приобретает специфический вкус «кипяченого молока» или привкус пастеризации.

Казеин, по сравнению с сывороточными белками, более термоустойчив. Он не коагулирует при нагревании свежего молока до 130–150 °С. Однако тепловая обработка при высоких температурах изменяет состав и структуру казеинового комплекса. От комплекса отщепляются органические фосфор и кальций, изменяется соотношение фракций. к-Казеин комплекса может терять гликомакропептиды, придающие ему коллоидную устойчивость. С повышением температуры увеличиваются диаметр частиц казеина и вязкость молока. Укрупнение белковых частиц обусловлено агрегацией казеина и его комплексообразованием с денатурированным β-лактоглобулином.

Изменение состава и структуры казеиновых мицелл влияет на скорость получения сычужного сгустка. Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом после тепловой обработки (при 85 °С и выше) увеличивается в несколько раз по сравнению с продолжительностью свертывания сырого молока (стерилизованное молоко практически утрачивает способность к сычужному свертыванию). Увеличение продолжительности свертывания молока вызывается комплексообразованием денатурированного β-лактоглобулина с к-казеином, в результате чего ухудшается его атакуемость сычужным ферментом.

Тепловая обработка влияет на структурно-механические свойства кислотного и сычужного сгустков – прочность и интенсивность отделения сыворотки. С повышением температуры пастеризации прочность сгустков увеличивается, а процесс отделения сыворотки замедляется. По мнению П. Ф. Дьяченко, прочность сгустка обусловливается не только размером частиц казеина, но и степенью участия денатурированных сывороточных белков в построении структурной сетки сгустка. С повышением температуры пастеризации увеличивается степень их включения в белковый каркас сгустка, что придает ему определенную жесткость. Помимо этого, сывороточные белки, благодаря высоким гидрофильным свойствам, увеличивают влагоудерживающую способность казеина и замедляют отделение сыворотки от сгустка.

Изменения солей. При тепловой обработке молока изменяется его солевой состав. Эти изменения часто имеют необратимый характер. В первую очередь нарушается соотношение форм солей кальция в плазме молока. В процессе нагревания гидрофосфат кальция, находящийся в виде истинного раствора, переходит в плохо растворимый фосфат кальция.

Образовавшийся фосфат кальция агрегирует и в виде коллоида осаждается на казеиновых мицеллах. Часть его выпадает на поверхности нагревательных аппаратов, образуя вместе с денатурированными сывороточными белками так называемый *молочный камень*. Таким образом, после пастеризации и стерилизации в молоке снижается количество растворимых солей кальция (в среднем на 11–50 %), что приводит к ухудшению способности молока к сычужному свертыванию. Поэтому перед сычужным свертыванием в пастеризованное молоко вносят для восстановления солевого баланса растворимые соли кальция в виде $CaC1_2$.

Изменения жира. Молочный жир – наиболее устойчивый к тепловому воздействию компонент молока. При пастеризации глицериды молочного жира химически почти не изменяются. В результате стерилизации лишь незначительно изменяется жирно-кислотный состав глицеридов – на 2–3 % снижается содержание ненасыщенных жирных кислот (вследствие разрушения при высокой температуре двойных связей). При длительном хранении стерилизованного молока в комнатных условиях могут происходить гидролиз и окисление липидов молока.

При тепловой обработке молока изменениям подвергаются оболочки жировых шариков. Даже при низких температурах пастеризации (63 °С) происходит переход белков и фосфолипидов с поверхности жировых шариков в плазму молока. При пастеризации нарушенные оболочки жировых шариков восстанавливаются за счет адсорбции казеина и сывороточных белков. Поэтому степень дестабилизации жира весьма незначительна. Однако жировые шарики теряют способность агглютинироваться (склеиваться) и отстой сливок замедляется.

При стерилизации молока происходит денатурация оболочечных белков и разрушение части оболочек жировых шариков, в результате некоторые жировые шарики сливаются и наблюдается вытапливание жира. Для повышения устойчивости жировой эмульсии стерилизованного молока в технологическую схему производства молочных продуктов обычно включают процесс гомогенизации.

Изменения углеводов. В процессе длительной высокотемпературной пастеризации молока, и особенно при стерилизации, лактоза взаимодействует с белками и свободными аминокислотами – происходит реакция Майара, или реакция меланоидинообразования. Вследствие образования меланоидинов изменяются цвет и вкус молока. Интенсивность окраски молока зависит от температуры и продолжительности нагревания. Она может усиливаться при хранении молока.

Дальнейшее нагревание сопровождается переходом лактозамина в лактулозамин. Затем, после отщепления от него амина, образуются различные альдегиды (ацетальдегид, фурфурол, оксиметилфурфурол и др.). Эти вещества непосредственно влияют на вкус и запах продуктов, а также могут вступать в даль-

нейшие реакции с аминокислотами, образуя циклические соединения коричневого цвета – меланоидины.

В реакцию с лактозой вовлекается, главным образом, незаменимая аминокислота лизин. Образовавшиеся комплексы трудно расщепляются пищеварительными ферментами, т. е. необходимый лизин «блокируется» и плохо усваивается организмом (таким образом, уменьшается количество доступного лизина, и снижается биологическая ценность продукта).

Стерилизация молока также вызывает распад лактозы с образованием углекислого газа и кислот – муравьиной, молочной, уксусной и др. При этом кислотность молока увеличивается на 2–3 °Т

Изменения витаминов и ферментов. Тепловая обработка молока вызывает в той или иной степени снижение содержания витаминов, причем потери жирорастворимых витаминов меньше потерь водорастворимых.

Потери витаминов зависят от температуры нагревания и продолжительности выдержки. Наибольшие потери происходят при стерилизации молока в автоклавах. УВТ-обработка способствует большему сохранению витаминного состава молока.

При хранении пастеризованного и стерилизованного молока наблюдается дальнейшее уменьшение содержания витаминов. Наиболее устойчив при хранении витамин B_2, менее устойчивы С, B_1, А, B_{12}. Особенно большим изменениям подвержен витамин С. Он быстро разрушается при хранении пастеризованного охлажденного молока. Так, потери его на вторые сутки хранения составляют 45, на третьи – 75 %.

Вопросы для самопроверки:

1. Совокупность процессов, протекающих в сырье животного происхождения при замораживании и хранении в замороженном виде. Механизм изменений, их влияние на качество сырья и величину потерь при замораживании и хранении.

2. Понятие о стерилизации. Изменения, протекающие в сырье животного происхождения при высокотемпературном нагреве. Их влияние на показатели качества продуктов.

3. Расскажите о причинах развития липолиза в охлажденном молоке. Как влияет длительное хранение молока при низких температурах на скорость сычужного свертывания.

ЧАСТЬ II

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОЛАТОРНЫМ РАБОТАМ

Результатом освоения курса лабораторных работ по дисциплине «Научные основы технологических процессов» является поэтапное формирование у обучающегося следующих умений и владений:

владение - основами способов консервирования и технологий пищевых продуктов, навыками применения полученных знаний на практике;
- навыками оформлять отчеты и обосновывать результаты

умения - пользоваться справочной и специализированной литературой для получения необходимой информации о пищевых технологиях;
- проводить анализ влияния основных технологических методов обработки на свойства готового продукта;
- оценивать влияние технологических факторов и физических процессов, протекающих при реализации технологических методов на свойства сырья и материалов.

Тематический план лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Количество часов	
		очная форма	заочная форма
1	Влияние способа и степени измельчения мышечной ткани на водоудерживающую способность (ВУС) фарша	4	2
2	Изучение свойств молока и эффективности его тепловой обработки	4	4
3	Влияние охлаждающих сред на скорость охлаждения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции	4	-
4	Изучение влияния свойств молочного сырья и технологических параметров при его сепарировании	4	-
5	Влияние различных факторов на скорость просаливания	4	4
6	Влияние способа и режимов бланширования на качественные характеристики полуфабриката	4	-
7	Изучение влияния вида технологической обработки сырья животного происхождения на показатель активности воды	4	-
8	Итоговое занятие	2	-
ИТОГО		30	10

Требования к технике безопасности при выполнении лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине «Научные основы технологических процессов» проводятся в соответствии с учебным планом и расписанием учебных занятий.

На первом занятии преподаватель проводит инструктирование студентов по технике безопасности, обращая внимание на опасные моменты при проведении работ и способы их предупреждения, меры первой помощи при ожогах, поражении электрическим током и других несчастных случаях; возможные причины возникновения пожаров и способах их тушения.

В технологической лаборатории при инструктаже знакомят с правилами эксплуатации теплового оборудования, показывают приёмы включения электрической аппаратуры.

Основные правила безопасной эксплуатации технологического оборудования:

1. Студент обязан соблюдать правила техники безопасности при работе с тепловым оборудованием, во избежание получения ожогов. Не допускается оставлять электрические нагревательные приборы под напряжением без надобности.

2. Студент обязан соблюдать правила техники безопасности при работе с механическим оборудованием во избежание получения травм. Не допускается: пользоваться мясорубкой без специального толкателя; при пользовании миксером трогать руками вращающиеся лопасти; при пользовании блендером открывать крышку во время его работы.

В журнале инструктажа все студенты подписью подтверждают ознакомление с правилами техники безопасности.

Студенты заранее, в рамках самостоятельной работы, знакомятся с ходом лабораторной работы, методами исследования и отвечают на контрольные вопросы. В начале занятия преподаватель путём опроса выясняет подготовленность студентов к работе, после чего студенты получают задания у преподавателя.

Работая в технологической лаборатории, студенты обязаны неукоснительно соблюдать правила личной и производственной гигиены. К работе приступают, надев санитарную одежду (халат), тщательно прикрыв волосы шапочкой или косынкой и вымыв руки с мылом. Санодежду нельзя закалывать булавками или иголками, хранить в её карманах посторонние предметы. Выходя из лаборатории, санодежду снимают.

Принимая работу, преподаватель оценивает, с одной стороны, правильность выполнения заданий, с другой – теоретические знания студентов по данной работе.

По окончании лабораторного занятия следует выключить приборы и аппараты, вымыть и убрать посуду, привести в порядок рабочее место. Дежурные, кроме того, моют инструменты, инвентарь, которыми группа пользовалась на занятии, проверяют, отключены ли нагревательные приборы, убирают места общего пользования.

Этапы проведения лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине «Научные основы технологических процессов» проводятся по нижеперечисленному алгоритму:

1. Формулирование цели проведения лабораторной работы.

2. Освоение теоретического материала посредством ответов на вопросы для самостоятельного изучения студентов, приведенные в конце теоретической части лабораторной работы.

3. Практическое освоение изучаемых технологий, включающее знания принципов производства продукции, основные технологические операции и параметры их проведения, нормативной и технической документации, основных изменений свойств сырья и готовой продукции.

По результатам выполнения лабораторной работы студентом оформляется отчет, который должен включать:

• название лабораторной работы, ее цель и дату выполнения работы;

• ответы на вопросы для самостоятельного изучения студентов, приведенные в конце теоретической части лабораторной работы;

• выполнение заданий, прописанных в разделе «Ход лабораторной работы»;

• вывод по полученным результатам.

Структура отчетов может корректироваться в связи со спецификой лабораторных работ. Отчеты должны сохраняться до завершения семестра.

Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета, составленного по результатам самостоятельно выполненной им лабораторной работы, а также на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы. Студент самостоятельно выполнивший лабораторную работу и продемонстрировавший знание использованных им методов лабораторных исследований, получает по лабораторной работе оценку «зачтено». Студент, получает оценку «не зачтено», если он не выполнил лабораторную работу, не провел все предполагаемые темой занятия исследования, отчет по лабораторной работе не составил.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

7 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА И СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ НА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ (ВУС) ФАРША

Цель: приобретение навыков в установлении влияния способа и степени измельчения на водоудерживающую способность (ВУС) фарша, полученного из мяса рыб, сельскохозяйственных животных, птицы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Методы определения функционально-технологических свойств

Источники животного происхождения как объект технологической переработки представляют собой специфическое сырье со сложным химическим составом и определенными органолептическими, биохимическими и физико-механическими свойствами. Химический состав и совокупность этих свойств определяют качественные показатели сырья, необходимые для его использования на пищевые цели.

Под функционально-технологическими свойствами (ФТС) сырья животного происхождения понимают совокупность показателей, характеризующих уровни эмульгирующей, водосвязывающей, жиро-, водопоглощающей и гелеобразующей способностей, структурно-механические свойства (липкость, вязкость, пластичность и т. д.), сенсорные характеристики (цвет, вкус, запах), величину выхода и потерь при термообработке различных видов сырья и мясных систем. Перечисленные показатели имеют приоритетное значение при определении степени приемлемости сырья для производства пищевых продуктов.

Под функциональными свойствами изолированных белков принято понимать широкий комплекс физико-химических характеристик, определяющих их поведение при переработке и хранении, обеспечивающих желаемую структуру, технологические и потребительские свойства готовых продуктов.

Влагоудерживающая способность. Вода – важный компонент пищевых продуктов. Вода в продуктах питания присутствует как диспергирующая среда и растворитель, обусловливает консистенцию и структуру, влияет на внешний вид и вкус, усвояемость и устойчивость продуктов при хранении.

Практически любые изменения, происходящие в тканях сырья при технологической обработке, приводят к перераспределению форм связей воды в структуре тканей, нарушению соотношения между структурно-свободной и иммобилизованной водой, изменению степени гидратации белка (гидратация – способность белка прочно связывать влагу).

Поэтому сила, с которой белки, формирующие структуру мяса, удерживают влагу при воздействии различных факторов является одним из важнейших технологических показателей сырья. Это свойство характеризуется количе-

ством влаги, остающейся в продукте после механического воздействия (прессование или центрифугирование). В рыбной промышленности этот показатель называется **влагоудерживающей (водосвязывающей) способностью (ВУС).** ВУС не зависит от массовой доли влаги в продукте, а зависит от форм связи влаги в материале. Чем меньше структурно-свободной влаги в материале, тем, как правило, выше ВУС.

Водоудерживающие свойства (ВУС) имеют большое значение при оценке эффективности технологических процессов и характеризуют способность мяса к удержанию собственной тканевой влаги.

Ослабление (снижение) ВУС проявляется в величине потерь тканевого сока при размораживании, различных видах тепловой обработки (варке, бланшировании, обжарке) и продолжительности хранения кулинарных полуфабрикатов (фарша, филе, кусков рыбы).

Внешний вид мяса до и после термической обработки, его сочность, ощущаемая при разжевывании также определяются его влагоудерживающей способностью. Это особенно важно для измельченных мясопродуктов, при производстве которых структура мышечной ткани разрушается за счет механического воздействия, что способствует частичной потере тканевого сока.

Особенно важен фактор ВУС для производства структурированных и формованных продуктов, в которых первичная структура тканей разрушена и вытекание тканевого сока трудно предотвратить. Низкие водоудерживающие свойства мышечной ткани приводят к росту технологических потерь, увеличению расхода сырья на единицу готовой продукции. Мышечная ткань, лишенная значительной части сока при обработке, становится жесткой, сухой и волокнистой. Нежность и сочность мышечной ткани связана с величиной содержания в мясе свободной легкоподвижной воды.

На изменение ВУС мышечной ткани мяса влияет целый ряд факторов: вид и качественное состояние сырья, способы технологической обработки (степень измельчения, способ тепловой обработки, температура, до которой нагревается продукт, длительность выдержки при этой температуре, скорость нагрева, величина pH сырья и ряд других).

Например, при одних и тех же условиях обработки влагоудерживающая способность мышечной ткани свинины выше, чем говядины. Мышцы с большим содержанием внутримышечного жира обычно обладают высокой влагоудерживающей способностью. Поэтому мраморное мясо скота специализированных мясных пород обладает и более высокой влагоудерживающей способностью, лучшей сочностью, чем мясо скота молочных пород.

При выборе оптимальных параметров технологической обработки принимают во внимание их влияние на водоудерживающую способность полуфабриката или готового изделия. Поэтому при разработке новых технологий, рецептур проводят экспериментальные исследования, позволяющие определить оптимальные параметры технологической обработки. При производстве продукции на основе фарша (измельченная мышечная ткань) одним из определяющих факторов, влияющих на величину ВУС является механическое воздействие. Различные свойства исходного сырья (рыбы, теплокровных животных, птицы) по разному реагируют на способ механического воздействия (принцип

измельчения, продолжительность механического воздействия, размер части получаемого продукта).

Определяют ВУС с помощью прессования или центрифугирования.

Метод прессования основан на выделении воды испытуемым образцом при легком его прессовании, сорбции выделяющейся воды фильтровальной бумагой и определении количества отделившейся влаги по площади пятна, оставляемого ею на фильтровальной бумаге. Достоверность результатов обеспечивается трехкратной повторностью определений.

Метод центрифугирования основан на выделении под действием центробежной силы из исследуемого объекта, находящегося в фиксированном положении, жидкой фазы, количество которой зависит от степени взаимодействия влаги с «каркасной фазой» объекта. Метод условен. Достоверность результатов может быть обеспечена при трех-четырехкратной повторности определений.

Оценка влагоудерживающей способности основана на определении разности между массовым содержанием влаги в фарше и количеством влаги, отделившейся в процессе термической обработки.

Жироудерживающая способность фарша определяется как разность между массовым содержанием жира в фарше и количеством жира, отделившимся в процессе термической обработки.

Отношение объема эмульгированного масла к общему его объему в системе называют **эмульгирующей способностью** (ЭС). При таком определении ЭС в нее включается и понятие стабильности эмульсии, проявляющейся за промежуток времени от окончания эмульгирования до момента измерения при фиксированных условиях проведения эксперимента.

Устойчивость фарша характеризует связанное фаршевой эмульсией количество влаги и жира и определяется отношением массы выделившегося в процессе тепловой обработки бульона и жира к массе фарша, взятого на исследование.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Материалы и оборудование

Сырье: филе рыб, мышечная ткань свинины, говядины, кур.

Приборы, оборудование, посуда: разделочные доски, ножи, мясорубка с различным диаметром решетки, блендер, весы технические, фильтровальная бумага.

ХОД РАБОТЫ

Работа выполняется группами по два-три человека. Задание различается видом сырья. 1-я группа – мышечная ткань рыбы, 2-я группа – говядина, 3-я группа – свинина, 4-я – мясо кур.

Работа выполнятся в следующей последовательности:

1. Определить ВУС неизмельченной мышечной ткани методом «влажного пятна». Каждое определение провести на двух параллельных пробах. Данные оформить в виде нижеприведенной табличной формы:

Номер опыта	Масса навески m	Массовая доля воды в Навеске m_1 %	Масса влаги в навеске, г	Площадь «влажного пятна» s	ВУС, %
1					
2					
$\bar{X}$					

2. Исследуемый образец разделить на четыре части.

Две части (каждую отдельно) измельчить на мясорубке с разным диаметром отверстий. Оставшиеся части измельчить на блендере с различной или с одинаковой скоростью, но с разным временем (0,5; 1,5 мин). Измельченные образцы, не допуская потери влаги, тщательно перемешать и перенести в закрытые емкости, подписав каждый образец, из которых брать навески для определения ВУС. Определить ВУС фарша разной степени измельчения методом прессования. Каждое определение провести на двух параллельных пробах.

Сделать расчет ВУС для каждого образца. За окончательный результат принять среднее арифметическое двух параллельных определений.

Полученные результаты оформить в виде нижеприведенной табличной формы:

Номер опыта	Масса навески m	Массовая доля воды в Навеске m_1 %	Масса влаги в навеске, г	Площадь «влажного пятна» s	ВУС, %
1. (d решетки, скорость вращения миксера или время измельчения)					
2.					
$\bar{X}$					

3. Построить графические зависимости ВУС от диаметра решетки мясорубки или от параметров работы миксера.

4. Привести математическую обработку результатов.

5. Обосновать влияние параметров измельчения мышечной ткани на ВУС.

Метод определения ВУС

Сущность метода

Метод основан на выделении воды из анализируемой пробы прессованием и определении ее по площади «влажного» пятна.

Определение ВУС по площади «влажного пятна»

0,3 г фарша взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,001 г, помещают на полиэтиленовый кружок, который переносят на кружок фильтровальной бумаги, расположенный на стеклянной или плексигласовой пластинке (кругу) так, чтобы навеска фарша лежала на фильтровальной бумаге. Сверху полиэтиленовый кружок закрывают стеклянной или плексигласовой пластиной (кругом), на которую ставят груз (гирю) массой I кг (рисунок 7.1). Продолжительность прессования 10 мин.

Рисунок 7.1 – Схема устройства для определения ВУС:
1 – гиря массой 1 кг; 2 – пластинки;
3 – кружок полиэтиленовой пленки;
4 – образец фарша или мяса;
5 – фильтровальная бумага

По окончании прессования фильтр освобождают от навески, очерчивают карандашом контур пятна вокруг прессованного мяса и контур общего пятна по границе распространения воды (рисунок 7.2). Площадь пятен определяют планиметром.

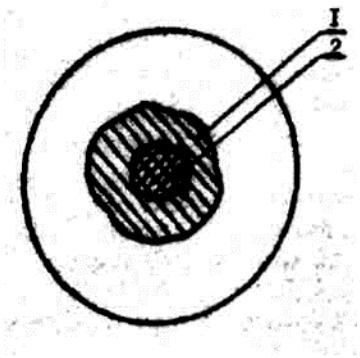


Рисунок 7.2 – Вид бумажного фильтра после прессования навески: 1 – пятно от выделившегося сока (S_1), см^2; 2 – пятно от отпрессованного мяса (S_2), см^2

Площадь «влажного» пятна находят по разности между площадью общего пятна и площадью пятна, образованного отпрессованной массой.

Одновременно определяют массовую долю воды в исследуемом образце.

Водоудерживающую способность исследуемого продукта (ВУС) в процентах вычисляют по формуле (7.1):

$$ВУС = \frac{(m_1 - 0{,}0084 * S) * 100}{m}, \qquad (7.1)$$

где m – навеска исследуемого образца, г; m_1 – массовая доля воды в навеске, г; S – площадь «влажного» пятна, $см^2$; 0,0084 – количество воды в 1 $см^2$ «влажного» пятна, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 1 %. Вычисление проводят до единицы.

Экспресс метод определения влаги высушиванием на аппарате Чижовой

Сущность метода

Метод основан на выделении воды из продукта при нагревании инфракрасными лучами (рис. 7.3) и определении изменения его массы взвешиванием.

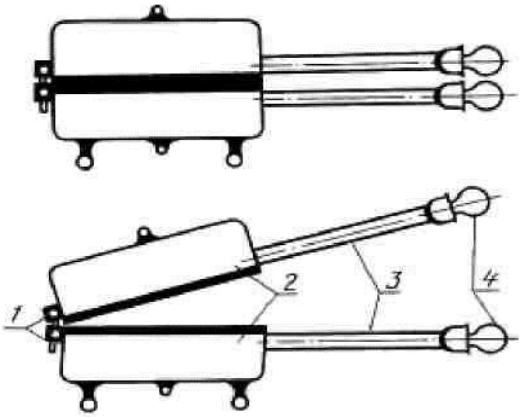


Рисунок 7.3 – Прибор Чижовой:
1 – шарниры, 2 – металлические плиты,
3 – ручка, 4 – термометры

Прибор Чижовой нагревают до температуры обезвоживания исследуемого продукта (125–180 ^{0}C) в соответствии с установленным режимом.

Для изготовления бумажных пакетов лист бумаги размером 15–15 см складывают по диагонали пополам и края загибают в одну сторону на 1 см. При определении воды в жирных пробах (сельдь и др.) в бумажный пакет помещают дополнительно лист фильтровальной бумаги.

Заготовительные пакеты просушивают 1–3,5 мин между нагретыми плитами прибора при температуре, при которой будет высушиваться навеска, и переносят на 5 мин в эксикатор для охлаждения. После этого пакеты взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г.

Навеску анализируемой пробы 2–3 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,01 г, помешают в предварительно высушенный и взвешенный пакет и распределяют ее шпателем равномерным тонким слоем по внутренней поверхности пакета. Шпатель вытирают о внутреннюю сторону пакета. Пакет с навеской складывают, помещают в прибор между плитами и выдерживают 1–3,5 мин в соответствии с режимом обезвоживания (таблица 7.1). Для мясного и рыбного сырья предпочтительно двукратное высушивание по предложенным температурным и временным режимам.

Таблица 7.1 – Режимы обезвоживания

Наименование продукта	Масса анализируемой пробы, г	Температура высушивания, ºС	Время высушивания, мин
Рыбный фарш	3	155	3,0
Мясной, куриный фарш	3	160	3,0

Обработка результатов

Массовую долю воды (X) в процентах вычисляют по формуле (7.2):

$$X = \frac{(m_1 - m_2) * 100}{(m_1 - m)}, \qquad (7.2)$$

где m – масса пакета, г; m_1 – масса пакета с навеской до обезвоживания, г; m_2 – масса пакета с навеской после обезвоживаний, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,5 %. Вычисление проводят до первого десятичного знака.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что понимают под водоудерживающей, жироудерживающей и эмульгирующей способностью сырья животного происхождения?
2. Значение ВУС сырья животного происхождения в его технологической обработке.
3. Перечислите факторы, влияющие на изменение ВУС мышечной ткани сырья животного происхождения.
4. На чем основан метод определения ВУС сырья животного происхождения?
5. Опишите экспресс-метод определения влаги высушиванием на аппарате Чижовой.
6. Зарисуйте прибор Чижовой, указав основные механизмы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МОЛОКА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Цель: приобретение умений и навыков в области изучения методов определения технологической пригодности молока и влияния режимов тепловой обработки на его свойства.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Тепловую обработку (пастеризацию и стерилизацию) молока применяют для предохранения молочных продуктов от порчи и для повышения стойкости при хранении. Кроме того, тепловая обработка молока проводится с целью направленного изменения его физико-химических свойств, для получения заданных свойств готового продукта, в частности органолептических свойств, вязкости, плотности сгустка и т. п.

В процессе тепловой обработки изменяются основные компоненты молока.

Сывороточные белки в процессе пастеризации и стерилизации подвергаются сравнительно глубоким изменениям. Сначала происходит их денатурация, т. е. конформационные изменения молекул с нарушением четвертичной, третичной и вторичной структур. Денатурация большинства сывороточных белков начинается при температуре около 60–65 ^{O}C. Степень денатурации зависит от температуры и продолжительности ее воздействия на молоко. В результате структурных изменений, вызванных денатурацией, в молекулах белка освобождаются ранее «скрытые» функциональные группы: Н – группы цистеина, Е – аминогруппы лизина, гидроксильные группы серина и др. Вследствие освобождения сульфгидрильных групп и выделения из них сероводорода молоко приобретает вкус кипяченого продукта или привкус пастеризации. В результате взаимодействия Н-групп и других реакционноспособных групп наступает агрегация денатурированных белков.

Казеин является очень термоустойчивым белком – для его коагуляции необходима выдержка молока при температуре 130 ^{o}C в течение 2–8 мин. Однако тепловая обработка при высоких температурах изменяет состав и структуру казеинаткальцийфосфатного комплекса. От него отщепляются защитные гликомакропептиды; на поверхности мицелл казеина осаждаются денатурированный β-лактоглобулин, коллоидный фосфат кальция и др. Эти изменения вызывают как дезагрегацию, так и агрегацию мицелл казеина.

В результате преобладающего процесса агрегации увеличиваются размер частиц казеина и вязкость молока.

Изменение структуры и размера мицелл казеина влияет на технологические свойства молока, например, на скорость получения сычужного сгустка. После тепловой обработки продолжительность сычужного свертывания молока увеличивается в несколько раз (по сравнению с сырым молоком).

Это объясняется (наряду с изменением солевого состава) комплексообразованием денатурированного лактоглобулина с казеином, в результате чего ухудшается его атакуемость сычужным ферментом.

В процессе высокотемпературной пастеризации молока и особенно при стерилизации происходит изомеризация **лактозы** (образование лактулозы) и ее взаимодействие с аминокислотами (реакция меланоидинообразования). Вследствие образования меланоидинов изменяются цвет и вкус молока. Стерилизация молока также вызывает разложение лактозы с образованием углекислого газа и кислот – муравьиной, молочной, уксусной и др. При этом кислотность молока увеличивается на 2–3 ^{O}Т.

При пастеризации триглицериды молочного **жира** химически почти не изменяются. Длительная выдержка при высоких температурах и стерилизация молока приводят к незначительному гидролизу триглицеридов и изменению их жирнокислотного состава.

При тепловой обработке молока подвергаются изменениям оболочки жировых шариков. Даже при низких температурах нагревания наблюдается переход белков и фосфолипидов с поверхности жировых шариков в плазму молока. При пастеризации дисперсность жира повышается, изменяется состав оболочек – нарушенные нативные оболочки жировых шариков быстро восстанавливаются за счет адсорбции на их поверхности сывороточных белков и казеина молочной плазмы. Поэтому степень дестабилизации жира при пастеризации весьма незначительна. Однако в результате денатурации белковых компонентов оболочки жировых шариков теряют способность склеиваться и отстой сливок замедляется.

При стерилизации молока происходит более сильная денатурация белка оболочек жировых шариков и нарушение целостности некоторых оболочек, в результате чего часть жировых шариков сливается в более крупные и наблюдается вытапливание жира.

В процессе тепловой обработки молока изменяется в первую очередь состав **солей кальция**. Часть гидрофосфатов и дегидрофосфатов кальция, находящихся в ионно-молекулярной форме, переходит в плохо растворимый фосфат кальция, который агрегирует, и в виде коллоида осаждается на мицеллах казеина. Это приводит к нарушению структуры мицелл и снижению термоустойчивости молока. Часть фосфата кальция выпадает на поверхности теплообменных аппаратов, образуя вместе с денатурированными сывороточными белками отложения – так называемый молочный камень. Снижение ионно-молекулярного кальция ухудшает способность молока к сычужному свертыванию.

Тепловая обработка в той или иной степени приводит к потерям **витаминов**. Они зависят от температуры нагревания и продолжительности выдержки. Кроме того, инактивируется большая часть нативных и бактеральных ферментов молока.

Тепловая обработка молока представляет собой комбинацию режимов воздействия температуры (нагрева или охлаждения) и продолжительности выдерживания при этой температуре. Причем продолжительность выдержки при заданной температуре должна быть такой, чтобы был получен необходимый

эффект. В молочной отрасли тепловая обработка проводится при температуре до 100 и свыше 100 ºС.

Пастеризация. Основная цель пастеризации – уничтожение патогенной и токсинообразующей микрофлоры и инактивации ферментов. В результате исключается передача через молоко и молочные продукты инфекционных заболеваний и обеспечивается более длительный срок хранения молока с сохранением его нативных свойств.

На основании теоретических выводов для производства молочных продуктов были разработаны три вида режимов пастеризации молочного сырья, обеспечивающие уничтожение туберкулезной палочки, бактерий группы кишечной палочки и других патогенных микроорганизмов и инактивацию ферментов:

Длительная пастеризация	t = 65 ^{0}C, время 1800 с (30 мин)
Кратковременная пастеризация	t = 71–74 ^{0}C, время 40 с
Мгновенная пастеризация	t = 85 ^{0}C, время 8–10 с

Эффективность пастеризации молочного сырья при производстве различных молочных продуктов зависит не только от температуры и времени проведения процесса. Большое значение имеет первоначальное бактериальное обсеменение и механическая загрязненность сырого молока. Эффективность пастеризации выражается отношением количества бактерий, уничтоженных пастеризацией, к количеству бактерий, содержащихся в исходном молоке. Эффективность пастеризации должна достигать 99,50–99,98%.

Стерилизация. Тепловую обработку молока при температуре больше 100 ºС с называют стерилизацией. Цель – уничтожение всех вегетативных и споровых форм бактерий, инактивация ферментов.

В производстве стерилизованных молочных продуктов учитывают такой показатель, как термоустойчивость молока.

Термоустойчивость молока, в свою очередь, зависит от стойкости казеина, сывороточных белков и сохранения коллоидной суспензии при воздействии высоких температур. Все это связано с химическим составом молока, который зависит от периода лактации, времени года, породы и индивидуальных особенностей коров.

В молочной промышленности молочное сырье стерилизуют по различным режимам, в зависимости от способа и назначения получаемого продукта.

Схемы стерилизации:

одноступенчатая в упаковке – после розлива молока в упаковку и герметичной укупорки при температуре 115–120 ^{0}C с выдержкой 15–30 мин;

двухступенчатая – предварительная стерилизация молочного сырья в потоке при температуре 130–150 ^{0}C в течение нескольких секунд, а затем вторичная стерилизация после разлива молока в упаковку и ее герметичной укупорки при температуре 115–120 ^{0}C в течение 15–20 мин;

одноступенчатая с асептическим розливом – косвенная или прямая стерилизация молочного сырья при температуре 135–150 ^{o}C в течение несколь-

ких секунд с последующим фасованием в асептических условиях в стерильную тару.

В зависимости от особенностей производства и фасования готового продукта молочное сырье стерилизуют периодическим и непрерывным способами.

Перед тепловой обработкой определяется термоустойчивость молока по алкогольной пробе. Эффективность тепловой обработки определяют пробой на редуктазу, фосфатазу и др.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Материалы и оборудование

Сырье: молоко сырое охлажденное, три образца.

Приборы, оборудование, посуда: бюксы, эксикатор, весы, сушильный шкаф, стаканы, конические колбы на 100 мл, пипетки, пробирки, чашки Петри, водяная баня, анализатор качества молока «Лактан 1-4 М».

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Исследование показателей качества сырого молока предназначенного для тепловой обработки.

Работа выполняется группами по два-три человека. Для исследования используют три вида молока. Работа выполнятся в последовательности, представленной на рисунке

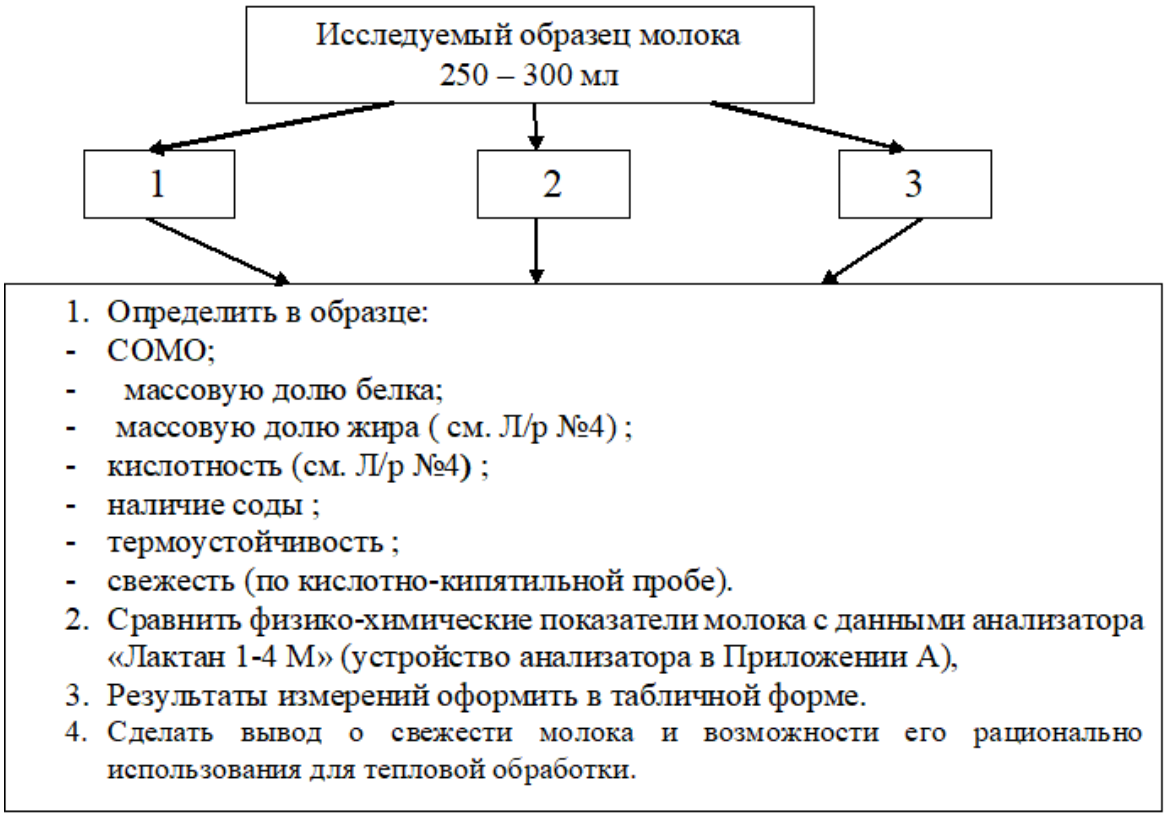


Рисунок 7.4 – Последовательность выполнения работы

Определение массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) (ГОСТ Р 54668, Р 54761)

Метод определения массовой доли влаги (или сухого вещества) в продукте основан на высушивании анализируемой пробы продукта при постоянной температуре и вычислении массовой доли влаги (или сухого вещества) по потере массы анализируемой пробы в процентах.

Приборы и реактивы. Весы, шкаф сушильный лабораторный, эксикатор, бюксы, палочки стеклянные.

Ход анализа. Бюксу с 20–30 г песка и стеклянной палочкой, не выступающей за края бюксы, помещают в сушильный шкаф и выдерживают при температуре (102±2) °С в течение 30–40 мин. После этого бюксу вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе 40 мин и взвешивают с записью результата, в граммах, до третьего десятичного знака. В эту же бюксу вносят 5,0–5,1 г молока или сливок, 5,0–5,1 г мороженого, 3,0–5,0 г творога или творожных продуктов с записью результата, в граммах, до третьего знака после запятой, бюксу закрывают крышкой и немедленно взвешивают. Затем содержимое тщательно перемешивают стеклянной палочкой до получения однородной массы. Затем открытую бюксу и крышку помещают в сушильный шкаф с температурой (102±2) °С. По истечении 2 ч бюксу вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе 40 мин и взвешивают.

Последующие взвешивания проводят после высушивания в течение 1 ч до тех пор, пока разность между двумя последовательными взвешиваниями будет менее или равна 0,001 г. Если при одном из взвешиваний после высушивания будет найдено увеличение массы, для расчетов принимают результаты предыдущего взвешивания.

Массовую долю сухого вещества в анализируемой пробе продукта $X_{\text{с.в}}$, %, вычисляют по формуле (7.3):

$$X_{\text{с.в}} = \frac{(m_1 - m_0)}{m - m_0} \cdot 100\%, \qquad (7.3)$$

где m_1 – масса бюксы с песком, стеклянной палочкой и анализируемой пробой после высушивания, г; m_0 – масса бюксы с песком и стеклянной палочкой, г; m – масса бюксы с песком, стеклянной палочкой и анализируемой пробой до высушивания, г.

Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка Х, % вычисляют по формуле (7.4):

$$X = X_{\text{св}} - X_{\text{ж}}, \qquad (7.4)$$

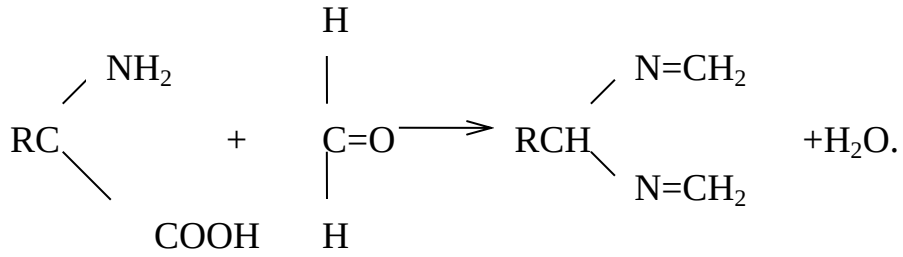
где $X_{\text{св}}$ – массовая доля сухого вещества в пробе, %; $X_{\text{ж}}$ – массовая доля жира в пробе, %.

Определение общего количества белка и казеина методом формального титрования

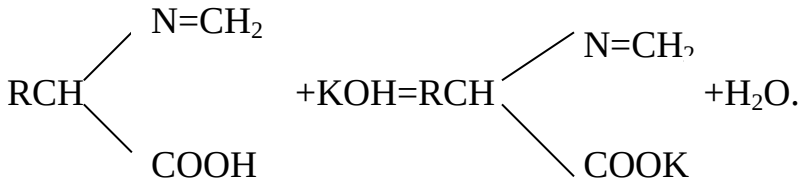
Метод основан на нейтрализации карбоксильных групп моноаминодикарбоновых кислот белков раствором гидроксида натрия, количество которого, затраченное на нейтрализацию, пропорционально массовой доле белка в молоке.

Сущность реакции формалина на белок заключается в том, что альдегидная группа формалина взаимодействует с аминогруппой белка, которая теряет свои основные свойства, в связи с чем кислые свойства белка усиливаются. Количество титруемых карбоксильных групп будет эквивалентно количеству связанных формальдегидом аминных групп.

Схематично эти реакции могут быть представлены в следующем виде:



Образующаяся в этой реакции метиленаминокислота является сильной кислотой. Процесс титрования этой кислоты щелочью протекает таким образом:



Приборы и реактивы. Колбы на 100 $см^3$, пипетка вместимостью 10 мл, бюретка стеклянная на 25–50 мл, капельница для фенолфталеина; 0,1 н. раствор едкого натра (калия); 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; 30–40%-ный раствор формалина.

Ход анализа. Отмеривают пипеткой 10 мл исследуемого молока и вносят его в коническую колбу вместимостью 100 мл, добавляют 10–12 капель 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором NaOH до слабо-розового окрашивания, не исчезающего при взбалтывании. После этого в колбу приливают из бюретки 2 мл 30–40%-ного раствора формалина, свежее нейтрализованного щелочью до слабо-розового окрашивания по фенолфталеину.

Содержимое колбы взбалтывают, молоко обесцвечивается, записывают показание бюретки и продолжают титрование до окраски жидкости, соответствующей окраске молока до прибавления формалина.

Показания бюретки вновь записывают и устанавливают количество миллилитров щелочи, пошедшее на второе титрование. Затем рассчитывают содержание белка в молоке.

V_1 – количество 0,1 н. раствора NaOH, израсходованное до прибавления формалина, мл;

V_2 – общее количество 0,1 н. раствора NaOH, израсходованное после прибавления формалина, мл;

$(V_2–V_1)$ – количество 0,1 н. раствора NaOH, пошедшее на нейтрализацию карбоксильных групп, мл;

$(V_2–V_1)\cdot 1{,}92$ – общее количество белка в молоке, %;

$(V_2–V_1)\cdot 1{,}51$ – содержание казеина в молоке, %.

Примечание. 1,92 и 1,51 – экспериментально установленные коэффициенты для пересчета оттитрованных карбоксильных групп на процентное содержание белка в молоке.

Основным условием более точного определения белка и казеина методом формального титрования является одинаковая интенсивность окраски раствора при первом и втором титрованиях.

Метод определения соды (ГОСТ 24065)

В молоке, поступающем на предприятие, не допускается наличие нейтрализующих веществ (соды, аммонийных соединений). В случае подозрения на фальсификацию молока этими веществами проводят прежде всего качественные исследования.

Метод основан на изменении окраски раствора индикатора бромтимолового синего при добавлении его в молоко, содержащее соду (карбонат или бикарбонат натрия).

Так, присутствие соды, вызывающее смещение pH молока в щелочную сторону определяют по изменению окрашивания добавленного к нему кислотно-основного индикатора бромтимолового синего. В кислой среде индикатор имеет желтое окрашивание, а в щелочной – темно-зеленое или темно-синее. Минимальное значение определяемой массовой доли соды составляет 0,05 %.

Приборы и реактивы. Пробирки диаметром 16 мм, высотой 150 мм или диаметром 14 мм, высотой 120 мм, спиртовый раствор с массовой долей бромтимолового синего 0,01 %.

Ход анализа. В сухую или сполоснутую дистиллированной водой пробирку, помещенную в штатив, наливают 5 мл^3 испытуемого молока и осторожно по стенке добавляют 7–8 капель раствора бромтимолового синего. Через 10 мин наблюдают за изменением окраски кольцевого слоя, не допуская встряхивания пробирки.

Одновременно ставят контрольную пробу с молоком, не содержащим соды.

Желтая окраска кольцевого слоя указывает на отсутствие соды в молоке. Появление зеленой окраски различных оттенков (от светло-зеленого до темно-зеленого) свидетельствует о присутствии соды в молоке.

Влияние кислотности на устойчивость белков молока (кислотно-кипятильная проба)

Метод используется для определения степени свежести молока. Считается, что чем больше добавленной кислоты выдерживает молоко при кипячении без гелеобразования, тем ниже его титруемая кислотность.

Приборы и реактивы. Пробирка вместимостью 20 см^3, пипетка вместимостью 10 см^3, бюретка, водяная баня, электроплитка.

Ход анализа. В ряд пробирок наливают из бюретки постепенно увеличивающееся на 0,1 мл количество 0,1 н раствора серной или соляной кислоты, начиная с 0,5 и до 1,2 мл. Затем в каждую пробирку наливают по 10 мл исследуемого молока, смешивая молоко с кислотой, и ставят пробирки на 3 мин в кипящую баню. После этого пробирки вынимают из воды и отмечают те, в которых свернулось молоко. Чем больше прибавленной кислоты выдерживает молоко, не свертываясь, тем оно свежее. Нормальное свежее молоко не свертывается при добавлении 0,8–1,0 мл кислоты.

Определение термоустойчивости по алкогольной пробе (ГОСТ 25228)

Основана на воздействии этилового спирта на белки молока и сливок, которые полностью или частично денатурируют при смешивании равных объемов молока или сливок со спиртом.

Термоустойчивость молока по алкогольной пробе определяют при помощи водного раствора этилового спирта 68, 70, 72, 75 и 80 %. Чем большую концентрацию спирта выдерживает молоко не свертываясь, тем оно термоустойчивее.

Приборы и реактивы. Термометр, пипетки, чашки Петри, цилиндры мерные, спирт этиловый ректификованный.

Ход анализа. В чистую сухую чашку Петри наливают 2 см^3 исследуемого молока или сливок, приливают 2 см^3 этилового спирта требуемой объемной доли, круговыми движениями смесь тщательно перемешивают. Спустя (2±0,1) мин наблюдают за изменением консистенции анализируемых молока или сливок.

В зависимости от того, какой раствор этилового спирта не вызывал осаждения хлопьев в испытуемых молоке или сливках, их подразделяют на группы согласно ГОСТ 25228.

Исследуемые образец	Наименование показателя						
	СОМО, %	Массовая доля белка,%	Массовая доля жира, %	Кислотность, °Т	Наличие соды	Термоустойчивость (алкогольная проба)	Свежесть (кислотно-кипятильная проба)
Образец 1							

Задание 2. Изучение влияния эффективности режимов тепловой обработки на показатели качества молока.

Работа выполняется группами по два-три человека. Задание различается температурой и временем тепловой обработки. Работа выполнятся в последовательности, представленной на рисунке 7.5.

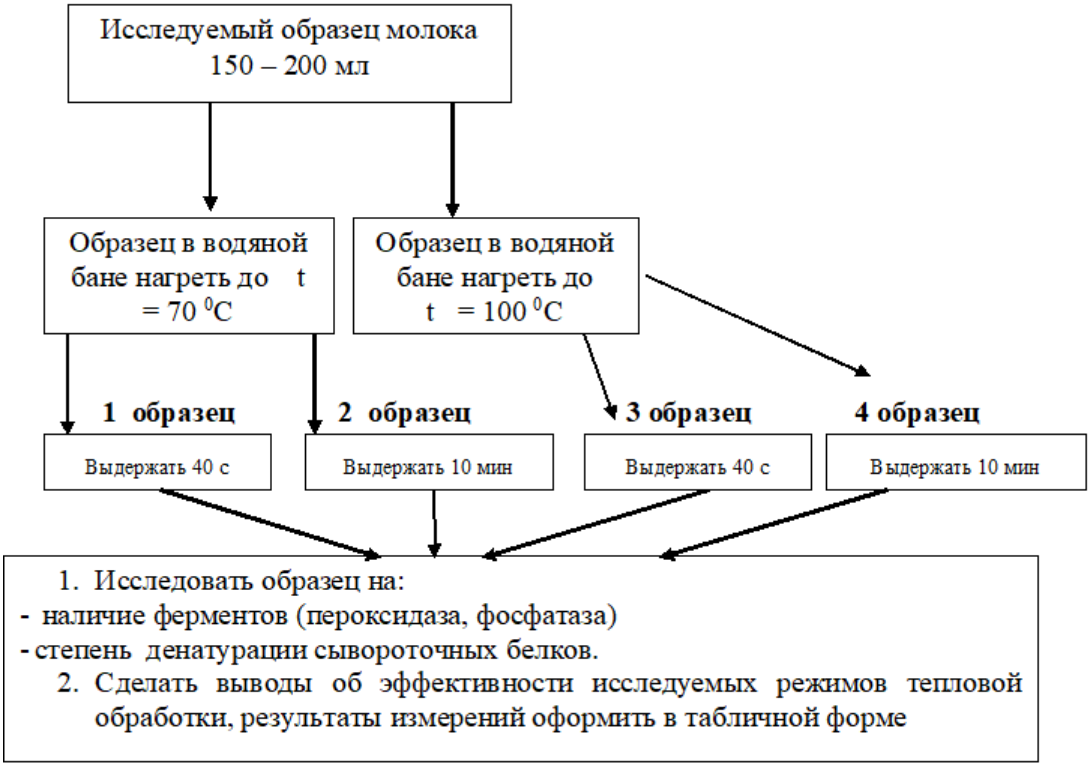


Рисунок 7.5 – Последовательность выполнения работы

Эффективность пастеризации молока устанавливают путем определения в нем ферментов фосфатазы и пероксидазы, которые всегда присутствуют в сыром молоке, но разрушаются при правильно проведенной пастеризации.

Определение фосфатазы по реакции с фенолфталеинфосфатом натрия

Метод основан на гидролизе фенолфталеинфосфата натрия ферментом фосфатазой, содержащейся в молоке и молочных продуктах. Освобождающийся при гидролизе фенолфталеин в щелочной среде дает розовое окрашивание.

Приборы и реактивы. Раствор фенолфталеинфосфата натрия, пробирки, вода дистилированная, стеклянные палочки.

Ход анализа. В пробирку отмеривают 2 $см^3$ молока и прибавляют 1 мл фенолфталеинфосфата натрия в буферной смеси. Затем пробирку закрывают пробкой и содержимое аккуратно перемешивают. Пробирки погружают в водяную баню температурой (42±2) °С.

Изменение окраски содержимого пробирки определяют через 10 мин и через 1 ч.

При отсутствии фермента фосфатазы в молоке и молочных продуктах окраска содержимого пробирки не изменится. Следовательно, молоко и молочные продукты подвергались пастеризации при температуре не ниже 63 °С.

При наличии фосфатазы в молоке и молочных продуктах содержимое пробирки приобретает окраску от светло-розовой до ярко-розовой. Следовательно, молоко и молочные продукты не подвергались пастеризации, или подвергались пастеризации при температуре ниже 63 °С, или были смешаны с непастеризованными продуктами.

Чувствительность метода позволяет обнаружить добавление не менее 2 % непастеризованных молочных продуктов к пастеризованным.

Метод определения пероксидазы по реакции с йодистокалиевым крахмалом

Метод основан на разложении перекиси водорода ферментом пероксидазой, содержащейся в молоке и молочных продуктах. Освобождающийся при разложении перекиси водорода активный кислород окисляет йодистый калий, освобождая йод, образующий с крахмалом соединение синего цвета.

Приборы и реактивы. Йодистокалиевый крахмал (приготовленный по п. 2.8.2 ГОСТ 3623), перекись водорода (0,5 %), пробирки, вода дистилированная, стеклянные палочки.

Ход анализа. В пробирку к 5 мл молока добавляют пять капель раствора йодистокалиевого крахмала и пять капель раствора перекиси водорода массовой долей 0,5 %, перемешивая вращательными движениями содержимое пробирки после добавления каждого реактива. Затем наблюдают изменение окраски содержимого пробирки. При отсутствии фермента пероксидазы в молоке и молочных продуктах цвет содержимого пробирки не изменится. Следовательно, молоко и молочные продукты подвергались пастеризации при температуре не ниже 80 °С. При наличии пероксидазы в молоке содержимое пробирок приобретает темно-синее окрашивание. Следовательно, молоко и молочные продукты не подвергались пастеризации или подвергались пастеризации при температуре ниже 80 °С, или были смешаны с непастеризованными молочными продуктами. Появление окраски в пробирках более чем через 2 мин после добавления йодистокалиевого крахмала и перекиси водорода не указывает на отсутствие пастеризации, так как может вызываться разложением реактивов.

Степень денатурации сывороточных белков (лактальбуминовая проба)

Приборы и реактивы. Раствор уксусной кислоты, колбы конические 100 мл, фильтр бумажный, центрифужные пробирки, электроплитка, центрифуга лабораторная.

Ход анализа. 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 вмести-

мостью 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 (7.5):

$$Д = \frac{(А–Б)\cdot 100}{А}, \qquad (7.5)$$

где Д – степень денатурации сывороточных белков молока, %; А – объем осадка фильтрата сырого молока, мл; Б – объем осадка фильтрата молока после тепловой обработки, мл.

Исследуемые образец	Наименование показателя		
	наличие фосфотазы	наличие пероксидазы	степень денатурации сывороточных белков, %
Образец 1			

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Общий химический состав молока.
2. Факторы, влияющие на химический состав молока.
3. Основные нутриенты молока, определяющие его пищевую ценность.
4. Факторы, определяющие технологическую пригодность молока.
5. Методы определения свежести молока.
6. Назначение пастеризации молока.
7. Назначение стерилизации молока.
8. Методы определения эффективности тепловой обработки молока.
9. Опишите основные пути совершенствования способов тепловой обработки молока.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ВЛИЯНИЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ СРЕД НА СКОРОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ СЫРЬЯ, ПОЛУФАБРИКАТОВ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель: приобретение навыков технологической обработки сырья охлаждающими средами.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При хранении сырья, полуфабрикатов, готовой продукции под влиянием микроорганизмов и ферментов, кислорода воздуха и других факторов происходит их порча. Из всех методов консервирования скоропортящихся продуктов обработка их холодом является наиболее эффективной и позволяет в наибольшей степени сохранить первоначальные свойства продукта.

Консервирование холодом осуществляется путем охлаждения (температура в толще продукта от 4 до минус 1 ^{0}C), подмораживания (температура в толще продукта от минус 2 доминус 3 ^{0}C) и замораживания (температура в толще продукта не выше минус 8 ^{0}C).

Охлаждение – это процесс понижения температуры в толще продукта до температуры, близкой к криоскопической точке, но не ниже ее.

Криоскопическая точка – температура начала образования кристаллов льда в мышечном соке продукта, зависящая от концентрации растворенных в соке веществ.

Наиболее важными для холодильной технологии теплофизическими характеристиками (ТФХ) являются:

c_0 – удельная теплоемкость, кДж/(кг·К);

λ – теплопроводность, Вт/(м·К);

а – температуропроводность, м^2/с;

i – энтальпия, кДж/кг.

Удельная теплоемкость изменяется в довольно широких пределах в зависимости от вида продукта. При расчете холода, затрачиваемого на охлаждение, обычно принимают среднее значение удельной теплоемкости, которое рассчитывают или берут из соответствующих таблиц. Если считать пищевые продукты двухкомпонентными смесями, содержащими W частей воды и (1 – W) частей сухих веществ с соответствующими удельными теплоемкостями, то удельная теплоемкость продукта c_0 (7.6):

$$c_0 = c_w W + c_c (1 - W), \qquad (7.6)$$

где c_w – теплоемкость воды, c_w = 4,19 кДж/(кг·К); c_c – теплоемкость сухих веществ, c_c = 1,42 кДж/(кг·К) – для продуктов животного происхождения, c_c = 0,91 кДж/(кг·К) – для продуктов растительного происхождения; W – содержание воды в продукте, кг/кг.

Таким образом, чем больше воды в продукте, тем больше его теплоемкость.

Теплопроводность λ также зависит от химического состава продукта. Ее значения можно взять из справочника или приближенно рассчитать по

Определяется по формуле (7.7):

$$\lambda = \lambda_w * W + \lambda_c * (1 - W), \quad (7.7)$$

где λ_w – теплопроводность воды λ_w = 0,6 Вт/(м·К); λ_c – теплопроводность сухих веществ λ_c = 0,255 Вт/(м·К); W – содержание воды в продукте, кг/кг.

При температурах от 0 до 30 °С значения с и λ изменяются несущественно.

Температуропроводность а определяется по формуле (7.8):

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{c_0 \rho}, \quad (7.8)$$

где c_0 – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); λ_0 – теплопроводность продукта, Вт/(м·К); ρ – плотность продукта, кг/м^3.

Удельная энтальпия – количество тепла, содержащегося в единице массы продукта. При элементарном изменении температуры Δt (°С) приращение удельной энтальпии Δi есть удельная теплота изобарного процесса (7.9):

$$\Delta i = c_0 \Delta t. \quad (7.9)$$

Итак, процесс охлаждения заключается в отводе теплоты от тела, имеющего высокую температуру, к телу с более низкой температурой.

Интенсивность теплоотвода от продукта при охлаждении прямо пропорциональна величине коэффициента теплоотдачи, удельной поверхности продукта и разности температур продукта и охлаждающей среды. Наиболее интенсивным теплоотвод будет в первый период охлаждения, когда Δt имеет максимум. Отсюда следует, что для обеспечения высокой скорости процесса охлаждения необходимо поддерживать как можно более низкую температуру охлаждающей среды, которая практически может быть для большинства продуктов не ниже минус 3 °С во избежание возможного льдообразования в поверхностных тканях охлаждаемого продукта. В связи с этим лучшими охлаждающими средами являются: лед из морской воды, морская вода или солевой раствор (2–4 % поваренной соли), имеющие температуру, близкую к минус 3 °С, а также льдосолевая смесь (4-6 % поваренной соли к массе льда). Применение этих сред позволяет быстро и глубоко охладить продукты, сохранив их качество.

Интенсифицировать процесс охлаждения можно за счет увеличения **коэффициента теплоотдачи α.** Величина α зависит от вида охлаждающей среды и условий процесса охлаждения. Охлаждающие среды в состоянии покоя имеют следующие значения α: воздух 4,6–9,3; водный лед 116; жидкость 230–250 Вт/(м^2·К). Значения α значительно возрастают при циркуляции охла-

ждающей среды. Например, для жидкости в зависимости от скорости циркуляции α может возрастать до 550 Вт/(м^2·К).

Коэффициент теплоотдачи α, Вт/(м^2·К) для воды принимают в соответствии со скоростью ее движения: v = 0,0 м/с – α = 230 Вт/(м^2·К); v = 0,2 м/с – α = =430 Вт/(м^2·К).

Скорость охлаждения максимальна при использовании циркулирующих жидких сред и минимальна при охлаждении в воздухе. Промежуточное значение занимает способ охлаждения льдом.

Количество тепла Q_0 (в кДж), выделенное продуктом при его охлаждении от начальной температуры t_n до конечной среднеобъемной температуры охлаждения t_v, упрощенно определяют по формулам (7.10)–(7.11):

$$Q_0 = Gc_0(t_n - t_v), \tag{7.10}$$

$$Q_0 = Gc_0(t_n - t_c)(1 - \theta_v), \tag{7.11}$$

где Q_0 – расход холода на охлаждение продукта, кДж; G – масса охлаждаемого продукта, кг; c_0 – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); $t_n - t_v = \Delta t$ – соответственно разница между начальной t_n и конечной среднеобъемной t_v температурой продукта, ºС; t_c – температура охлаждающей среды, ºС; θ_v – безразмерная среднеобъемная температура.

В процессе охлаждения скорость понижения температуры продукта – величина переменная, уменьшающаяся по мере снижения температуры объекта. В связи с этим количество тепла, выделяемое продуктом, будет максимальным в начале процесса и минимальным в конце; соответственно изменяется и тепловая нагрузка на охлаждающие устройства (или количество тепла, воспринимаемое приборами охлаждения).

Продукт охлаждается в результате отдачи теплоты в окружающую среду. Количество тепла, выделяемое 1 кг продукта при его охлаждении в любом заданном интервале температур q_0 (кДж/кг), легко определяется также по разности энтальпий (7.12):

$$q_0 = i_n - i_v. \tag{7.12}$$

Общее же количество тепла Q_0 (в кДж) при охлаждении G кг продукта будет составлять (7.13):

$$Q_0 = Gq_0. \tag{7.13}$$

В приведенных формулах i_n – энтальпия продукта при t_n, кДж/кг; i_v – энтальпия продукта при t_v или какой-либо иной промежуточной температуре, кДж/кг; q_0 – количество тепла, выделяемое 1 кг продукта при охлаждении от t_n до t_v, кДж/кг.

Значения энтальпии берут из соответствующих таблиц (приложение Б).

Среднеобъемной температурой тела, температурное поле которого непостоянно, называется температура, которая может быть достигнута, если объект поместить в адиабатные условия (7.14):

$$t_v = t_z - \psi\left(t_z - t_p\right), \tag{7.14}$$

где t_v – среднеобъемная температура, °С; t_z – конечная температура в центре продукта, °С; t_p – конечная температура на поверхности продукта, °С; Ψ – коэффициент, определяемый формой тела: при охлаждении в воздухе Ψ для пластины равен 1/3, цилиндра – 1/2, шара – 3/5; при охлаждении в жидкости Ψ для пластины равен 1/4, цилиндра – 2/5, шара – 1/2.

При линейном распределении температур среднеобъемная температура пластины приближенно может быть найдена как средняя арифметическая температура поверхности и центра продукта (7.15):

$$t_v = \frac{\left(t_z + t_p\right)}{2}. \tag{7.15}$$

Знание среднеобъемной температуры продукта важно с практической точки зрения. Например, когда продукт после охлаждения направляют в камеру холодильного хранения, то это не должно вызывать повышения или понижения температуры в камере. Поэтому обязательным условием является соответствие среднеобъемной температуры продукта температуре воздуха в камере хранения.

Способы расчета продолжительности охлаждения. Продолжительность охлаждения продуктов зависит от их свойств, свойств охлаждающей среды и условий, при которых протекает процесс (толщина продукта, его ТФХ, плотность, температура и вид охлаждающей среды, скорость и характер движения среды, коэффициент теплоотдачи от продукта к охлаждающей среде).

Для расчета продолжительности охлаждения продукта необходимо точное выражение упомянутой выше сложной зависимости – знание количественных выражений постоянных и переменных показателей продукта и охлаждающей среды. В связи с этим расчет продолжительности охлаждения продукта труден и сложен, а на практике продолжительность охлаждения определяют на основе опытных данных.

Для приблизительного расчета продолжительности охлаждения условно несколько упрощают процесс, в действительности состоящий из ряда разнообразных физических явлений. Так, например, отвод тепла при охлаждении рассматривается в условиях постоянных ТФХ объекта, постоянной температуры теплоотводящей среды и постоянного коэффициента теплоотдачи на поверхности тела, а также отсутствия внешнего и внутреннего источников тепла.

Относительно простое и вместе с тем удобное для практических целей решение задачи даёт формула А. Фикина. Это решение используется для приближенной оценки длительности охлаждения (формула 7.16).

$$\tau_0 = \frac{FR^2}{a_0}\left[\left(\frac{2{,}3}{Bi_0} + 0{,}8\right)\lg\frac{t_n - t_c}{t_z - t_c} + 0{,}12\right], c, \tag{7.16}$$

где F – коэффициент, учитывающий форму продукта (для тела в форме пластины F = 1, для цилиндра F = 1/2, для шара F = 1/3); R – определяющий геометрический размер тела, м (половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара); а – коэффициент температуропроводности продукта, $м^2/с$; t_c – температура охлаждающей среды, ºС; t_n и t_z – соответственно начальная и конечная температура центра охлаждаемого продукта, ºС; Bi_0 – критерий Био, определяемый по формуле (7.17):

$$Bi_0 = \frac{\alpha R}{\lambda_0}, \qquad (7.17)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от продукта к среде, $Вт/(м^2 \cdot К)$; λ_0 – теплопроводность продукта, Вт/(м·К).

При решении задачи следует обратить внимание на α $Вт/(м^2 \cdot К)$; R, м; t_c, ºС – параметры, определяющие интенсивность охлаждения продуктов, поскольку интенсивность процесса охлаждения влияет на длительность последующего холодильного хранения.

Решение задачи упрощается, если для решения используются номограммы для тел стандартной стереометрической формы (см. рисунок приложения В). В методическом указании представлены номограммы для тел, форма которых подобна пластине и шару. На практике наиболее часто требуется оценить длительность охлаждения продукта в его центре.

При оценке длительности охлаждения на основе номограмм решение задачи сводится к последовательному определению величин:

– безразмерной температуры θ или (1 – θ) (в зависимости от используемого графика) по формуле (7.18) (точка **А** на рисунке 7.6)

$$\theta_{(v,p,z)} = \frac{t_{(v,p,z)} - t_c}{t_n - t_c}, \qquad (7.18)$$

где $t_{(v, p, z)}$ – конечная температура процесса, которая может быть соответственно среднеобъемной, температурой поверхности и температурой центра, ºС;

– кривой, соответствующей величине критерия Био. Пересечение горизонтальной линии из точки А с кривой Bi дает точку **В** (рисунок 7.6);

– перпендикуляр на линию, соответствующую критерию Фурье (7.20) приводит к точке **С**

$$Fo = \frac{a_0 \tau_0}{R^2}, \qquad (7.20)$$

где τ_0 – продолжительность охлаждения, с.

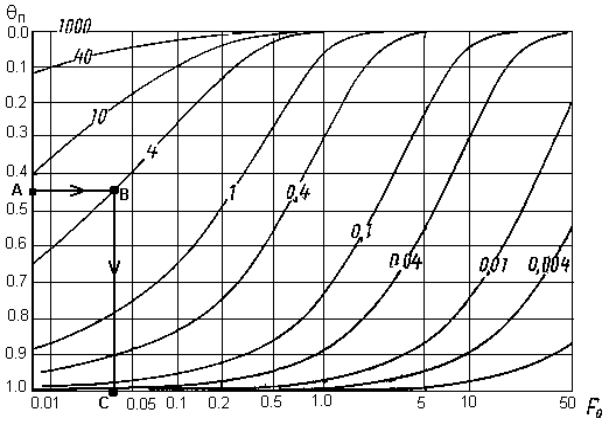


Рисунок 7.6 – Порядок пользования номограммой

Из величины числа Фурье (Fo) определяется длительность охлаждения продукта.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Материалы и оборудование

Сырье: салака, соль, лед.

Приборы и посуда: весы, термометры, емкости для охлаждения, теплоизоляционный материал, стеклянные стаканы.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Произведите внешний осмотр исследуемого продукта. Оцените соответствие его органолептических показателей требованиям нормативной документации. Результаты оформите виде нижеприведенной табличной формы:

№ п/п	Показатель качества	Метод определения свойства	Описание свойства		Соответствие образца стандарту
			по стандарту	исследуемого образца	
1	Основные органолептические показатели, регламентируемые стандартом				
2. …					

Задание 2. Взвесьте экземпляры рыбы с точностью $\pm$ 1 г. Рассчитайте основные теплофизические характеристики объекта по вышеприведенным формулам. Результаты оформите в виде нижеприведенной табличной формы:

Номер образца	Масса, г	Теплоемкость	Теплопроводность	Температуропроводность

Задание 3. Исследуйте кинетику охлаждения объекта в различных средах. Исследование проводят группой студентов в составе двух-трех человек. Вид среды охлаждения для группы выбираются по заданию преподавателя.

- Исследование кинетики охлаждения объекта в твердых средах:

3.1. Среда охлаждения – лед

а) Взвесьте порцию рыбы (5–7 экз.) с точностью до 1 г.

б) Подготовьте лед с размером кусочков не более 3 мм в дозировке 200 % от массы охлаждаемого сырья. Измерьте температуру льда.

в) Насыпьте лед равномерно на дно тары, в которой будет проводиться охлаждение (желательно, чтобы на дне тары были отверстия для стока воды), чередуя слои рыбы со слоями льда. Верхний слой засыпьте более толстым слоем льда и покройте теплоизоляционным материалом с отверстиями для установки термометров.

г) Установите три термометра в толщу мышечной ткани охлаждаемого объекта (по одному в каждый экземпляр). Термометры не смещайте до окончания эксперимента. Изменения температур экземпляров фиксируйте не реже, чем через 10 мин до достижения в мышечной ткани охлаждаемого объекта температуры 0 °С.

д) Оформите изменения температуры охлаждаемого объекта по нижеприведенной табличной форме:

Способ охлаждения	Масса рыбы, кг	Масса льда / температура, °С		Температура экземпляра, °С	Продолжительность охлаждения, мин				
					1	3	5	7	…
		%, от массы сырья	кг						
Лед		200		t_1 t_2 t_3					
				Средняя температура, °С					

3.2. Среда охлаждения – льдосолевая смесь.

а) Взвесьте порцию рыбы (5–7 экз.) с точностью до 1 г.

б) Подготовьте лед с размером кусочков не более 3 мм в дозировке 200 % от массы охлаждаемого сырья, соль (5 % от массы льда). Смешайте лед с солью и измерьте температуру составленной смеси.

в) Проведите охлаждение рыбы аналогично п. 3.1.

г) Результаты оформите в виде нижеприведенной табличной формы:

Способ охлаждения	Масса рыбы, кг	Масса льда		Масса соли		Температура смеси, °С	Температура экземпляра, °С	Продолжительность охлаждения, мин				
		%, от массы сырья	кг	%, от массы льда	кг			1	3	5	7	…
Льдосолевая смесь		200		5			t_1 t_2 t_3					
							Средняя температура, °С					

Сделайте вывод об эффективности охлаждения в льдосолевой смеси, по сравнению с чистым льдом.

3.3. Охлаждение раствором поваренной соли

Охлаждение провести растворами с концентрацией поваренной соли 3 и 10 %.

а) Взвесьте порцию рыбы (5–7 экз.) с точностью до 1 г. Погрузите в емкость для охлаждения и залейте раствором поваренной соли в соотношении 1 к 2 (рыба – раствор). Чтобы охлаждаемый объект был полностью погружен в охлаждаемую среду положите на него груз в виде решетки.

б) Покройте емкость теплоизоляционным материалом с отверстиями для установки термометров.

в) Изменения температуры охлаждаемых объектов фиксируйте через каждые 5 мин до момента, пока температура в объекте не перестанет понижаться или не начнет повышаться.

г) Изменение температур оформите в виде нижеприведенной табличной формы:

Способ охлаждения	Масса рыбы, кг	Температура экземпляра, °С	Продолжительность охлаждения, мин							
			1	3	5	7	…	…	…	…
Раствор NaCl, концентрация 3 % (10 %)		t_1 t_2 t_3								
		Средняя температура, °С								

Здание 4. По окончании процессов охлаждения (по п. 3.1–3.3.) рыбу выньте из емкости, отделите ее поверхность от охлаждающей среды или дайте стечь раствору и взвесьте образцы с точностью $\pm$ 1 г. Рассчитайте изменение массы. Результаты оформите в виде нижеприведенной табличной формы:

Способ охлаждения	Масса рыбы, кг		Изменение массы, кг/%	
	до охлаждения, кг	после охлаждения, кг	кг	% к массе рыбы до охлаждения
Лед				
Льдосолевая смесь				
Раствор NaCl, концентрация 3 %				
Раствор NaCl, концентрация 10 %				

Задание 5. По полученным данным постройте кривые кинетики охлаждения исследуемого объекта в разных охлаждающих средах (график – температура охлаждения ^{0}С (ось у) – время охлаждения, мин (ось х)).

Определите мгновенную скорость охлаждения на различных этапах процесса как tg угла, между касательной к кривой кинетики охлаждения в трех точка и осью х (время охлаждения, мин). Данные занесите в нижеприведенную табличную форму:

Способ охлаждения	Точка на графике	Характеристика кривой			Мгновенная скорость охлаждения
		время, мин	t, ^{0}С	величина углов	
Лед	1				
	2				
	3				
Льдосолевая смесь	1				
	2				
	3				
Раствор NaCl, концентрация 3 %	1				
	2				
	3				
Раствор NaCl, концентрация 10 %	1				
	2				
	3				

Задание 6. Рассчитайте теоретически продолжительность охлаждения объекта.

Задание 7. Сравните с временем охлаждения, полученным в результате проведения работы.

Задание 8. Сделайте вывод об эффективности процесса охлаждения объекта в зависимости от вида охлаждаемой среды.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Дайте определение понятию «охлаждение». Способы охлаждения.
2. Перечислите основные положительные стороны консервирования сырья и пищевых продуктов холодом.
3. Опишите основные пути совершенствования технологии охлажденной продукции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ЕГО СЕПАРИРОВАНИИ

Цель: формирование умений и навыков сепарирования молока.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Молоко представляет собой эмульсию молочного жира в плазме. Молочный жир находится в молоке в виде жировых шариков, диаметр которых колеблется в основном от 3 до 5 мкм. Разделение жира и плазмы возможно благодаря различной плотности молочного жира (930 кг/м^3) и плазмы молока (не ниже 1032 кг/м^3).

Сепарирование молока – это разделение его на две фракции различной плотности: высокожирную (сливки) и низкожирную, (обезжиренное молоко). Сепарирование или разделение жидкостей, осуществляется под действием центробежной силы, возникающей в результате вращения барабана сепаратора.

Молоко, распределяясь в барабане между тарелками в виде тонких слоев, перемещается с небольшой скоростью, что создает благоприятные условия для наиболее полного отделения высокожирной фракции (жировых шариков) за короткое время. Процесс сепарирования молока подчиняется закону Стокса (7.21):

(7.21)

где V – скорость выделения жировых шариков, см/с; R – средний радиус рабочей части тарелки сепаратора, см; n – частота вращения барабана сепаратора, с$^{-1}$; p – плотность плазмы, кг/м^3; p_1 – плотность жира, кг/м^3; r – радиус жирового шарика, см; μ – вязкость, Па · с.

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

Кроме того, существенное влияние на сепарирование оказывают кислотность и температура молока. Повышение кислотности молока приводит к изменению коллоидного состояния его белков, сопровождающегося иногда выпадением хлопьев; в результате нарастает вязкость, что затрудняет сепарирование.

Молоко загрязненное и с повышенной кислотностью имеет большую вязкость, а скорость выделения жировых шариков обратно пропорциональна вязкости молока. Кроме того, частички грязи и слизи оседают на поверхности тарелок и на внутренней поверхности крышки барабана сепаратора, что мешает движению молока и ухудшает обезжиривание. Поэтому сепарируемое молоко должно быть отфильтровано, а его кислотность не должна превышать 22 °Т.

В зависимости от условий сепарирования в обезжиренном молоке может остаться различное количество жира. При правильно проведенном процессе сепарирования в обезжиренном молоке должно оставаться не более 0,05 % жира. Значительно улучшается сепарирование с повышением температуры молока, что обусловлено уменьшением его вязкости.

В процессе сепарирования всегда происходят потери сырья, сливок и обезжиренного молока в виде остатков на тарелке барабана, посуде и т. д. Размеры потерь характеризуют работу предприятия – чем совершеннее процесс, тем меньше потери.

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

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

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

Процесс сепарирования в сепараторе осуществляется в такой последовательности (рисунок 7.7). Цельное молоко по центральной трубке поступает в тарелкодержатель, из которого по каналам, образованным отверстиями в тарелках, поднимается в верхнюю часть комплекта тарелок и растекается между ними. В межтарелочном пространстве жировые шарики как более легкая фракция молока движутся к центру барабана, далее по зазору между кромкой тарелки и тарелкодержателем поднимаются вверх и поступают в камеру для сливок. Затем под напором сливки поступают в патрубок, на котором установлены измеритель количества сливок (ротаметр) и регулировочный вентиль. Обезжиренное молоко как более тяжелая фракция направляется к периферии барабана, поднимается вверх и поступает в патрубок, на котором установлены манометр и регулировочный вентиль (кран).

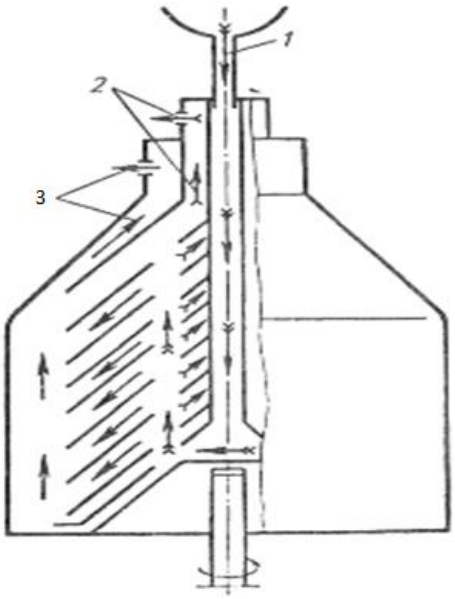


Рисунок 7.7 – Схема работы сепарирующего устройства:
1 – исходное молоко; 2 – легкая фракция (очищенное молоко или сливки); 3 – тяжелая фракция (обезжиренное молоко)

Для регулирования жирности сливок на их выходе в верхней части разделительной тарелки имеется регулировочный винт. Вращением регулировочного винта изменяют соотношение между количеством сливок и обезжиренного молока. Ввинчивая винт внутрь, ближе к оси барабана, уменьшают выход сливок, следовательно, содержание в них жира увеличивается. При вывинчивании винта увеличивается выход сливок и снижается их жирность.

Полнота отделения сливок от молока в барабане сепаратора зависит от скорости вращения барабана, температуры и качества сепарируемого молока, скорости поступления молока, величины жировых шариков и радиуса барабана сепаратора.

С увеличением числа оборотов барабана повышается центробежная сила и, следовательно, скорость движения жировых шариков. В результате более мелкие жировые шарики успевают попасть в поток сливок и степень обезжиривания молока повышается. Чем крупнее жировые шарики, тем лучше отделяется жир от плазмы молока.

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

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Материалы и оборудование

Сырье: молоко коровье (сырое), три образца

Приборы, оборудование, посуда: сепаратор, емкости для молока, обрата и сливок, весы технические, термометры, центрифуга, молочные и сливочные жиромеры с пробками, водяная баня.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Ознакомиться с устройством сепаратора, назначением отдельных его частей, правилами эксплуатации, сборки и разборки.

Каждый студент самостоятельно знакомится с правилами эксплуатации и устройством лабораторного сепаратора. Особое внимание нужно обратить на основную рабочую часть сепаратора – барабан, устройство и назначение тарелок сепаратора.

Устройство сепаратора

Сепаратор состоит из следующих основных частей, представленных на рисунке 7.8.

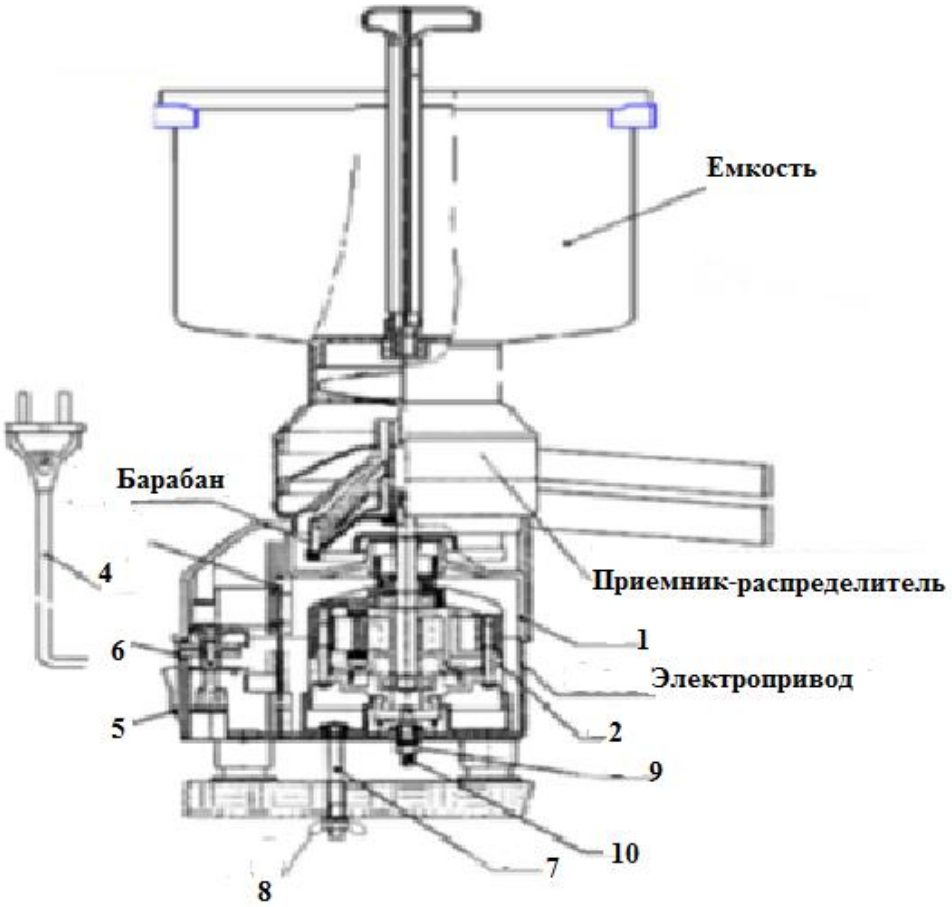


Рисунок 7.8 – Устройство сепаратора: 1 – пластиковый корпус; 2 – электродвигатель; 3 – электронная плата управления; 4 – соединительный шнур; 5 – выключатель; 6 – регулятор толщины вращения барабана; 7 – шпилька; 8 – гайка барашка; 9 – прокладка; 10 – гайка

Порядок подготовки сепаратора к работе

Перед началом работы емкость с краником, приемник-распределитель и детали барабана промыть горячим 2%-ным содовым раствором, ополоснуть чистой водой и просушить.

В основание электропривода завинтить до упора шпильку крепления электросепаратора: прикрепить электропривод к столу гайкой. Поверхность стола должна быть ровной.

На вал электропривода надеть собранный барабан так, чтобы штифт во втулке барабана вошел в паз вала, предварительно протерев посадочные поверхности сухой и чистой салфеткой. На корпус электропривода установить приемник обезжиренного молока 1 и приемник сливок 2 (рисунок 7.9).

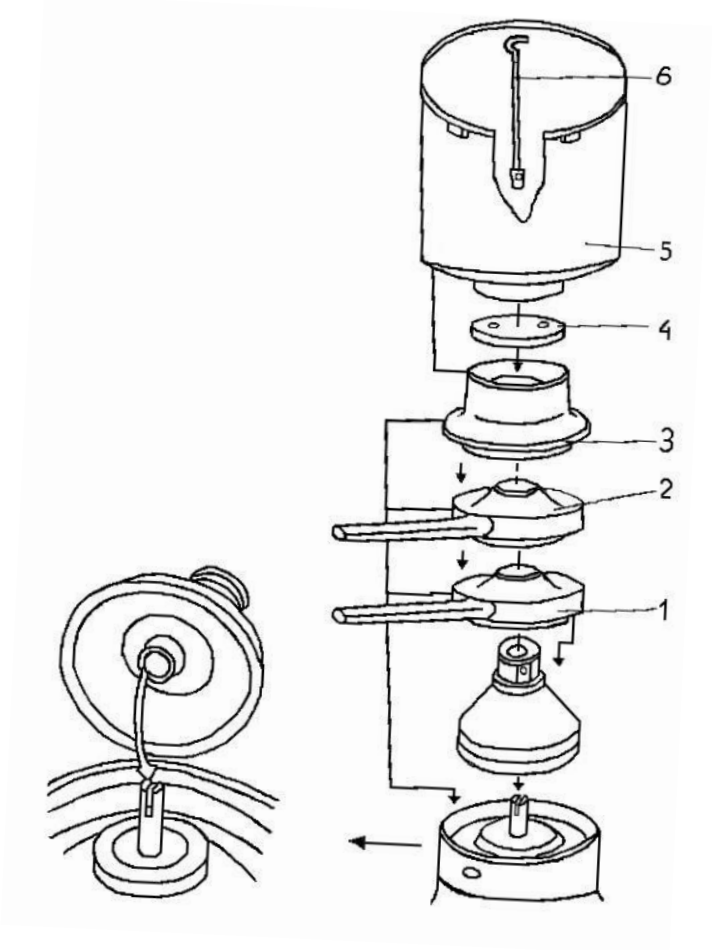


Рисунок 7.9 – Этапы сборки сепаратора: 1 – приемник обезжиренного молока; 2 – приемник сливок; 3 – поплавковая камера; 4 – поплавок; 5 – емкость; 6 – краник

Вращением барабана рукой проверить его посадку на вал и отсутствие задеваний о приемники. Расстояние от оси отверстия для выхода сливок до кромки конуса приемника сливок 3 мм регулируется на предприятии-изготовителе и без необходимости регулировку не следует нарушать. Установить без перекосов до упора остальные детали приемника-распределителя: поплавковую камеру 3 с поплавком 4, емкость 5 с краником 6, установленным в закрытое положение.

Сепарирование молока

Разделение молока происходит в барабане работающего сепаратора. Из емкости через краник и поплавковую камеру молоко поступает во вращающий-

ся барабан. В барабане молоко распределяется между тарелками, где под воздействием центробежных сил легкая часть молока (сливки) направляется к центру вращения, поднимается вверх и через отверстие регулировочного винта выводится в приемник сливок, а обезжиренное молоко (более тяжелая часть) послойно отводится к основанию конуса тарелок и через зазор между крышкой и верхней разделительной тарелкой выводится в приемник обезжиренного молока. Механические загрязнения оседают на внутренней поверхности пояска крышки и периодически должны удаляться промывкой деталей барабана.

Включить сепаратор, через 1–2 мин прогреть барабан, приемник-распределитель и емкость, пропустив не менее 1 л чистой воды с температурой 40–50 °С. Закрыть краник, не выключая электропривод, залить молоко в емкость.

В закрытом положении краника допускается незначительное подкапывание молока из емкости в поплавковую камеру.

Краник открыть, начать пробное сепарирование. Первоначально появится обезжиренное молоко, затем сливки после их накопления в приемнике сливок. При установившемся режиме проверить объемное соотношение сливок к обезжиренному молоку. Под отводящие каналы приемников одновременно подставить две емкости (например, стаканы). Когда стакан с обезжиренным молоком наполнится, обе емкости одновременно отводятся. Измерением объемов определить, во сколько раз сливок меньше, чем обезжиренного молока. Чем меньше сливок, тем больше жира в них сконцентрировано, тем они гуще.

Необходимое соотношение устанавливается путем ввинчивания–вывинчивания регулировочного винта барабана (рисунок 7.10).

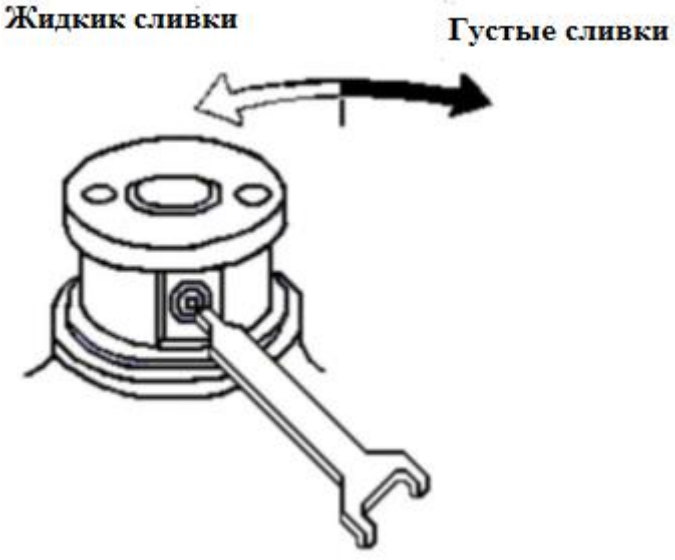


Рисунок 7.10 – Регулировочный винт барабана сепаратора

Если требуется получить менее густые сливки, регулировочный винт следует постепенно вывинчивать (против часовой стрелки). Если требуется получить более густые сливки, винт следует ввинчивать (по часовой стрелке). Что-

бы ускорить получение желаемого режима, рекомендуется промывка барабана и приемника сливок, особенно при переходе на менее густые сливки.

После эксплуатации сепаратора производят его санитарную обработку согласно инструкции.

Задание 2. Изучить показатели качества образцов сырого молока, направляемого на сепарирование (плотность, кислотность, жирность), **при помощи инструментальных методов и сравнить с данными прибора «ЛАКТАН 1-4 М».** Результаты измерений представить в табличной форме.

Работа выполняется группами по два-три человека. Для исследования используют сырое коровье молоко.

Определения плотности молока (ГОСТ Р 54758)

Плотность молока – это его масса при температуре 20 ^{o}C, заключенная в единице объема (килограммы на кубический метр). Измерение плотности молока производят с помощью специального ареометра.

Приборы и реактивы. Ареометр типа АМ, АМТ, цилиндры 1–31/215, 1–39/265, 1–50/415, термометры с диапазоном измерений температуры от 0 до 55 °С.

Ход анализа. Определение плотности молока коровьего сырого проводят при температуре (20±5) °С 250 или 500 см ^{3} пробы для анализа тщательно перемешивают и осторожно, во избежание образования пены, переливают по стенке в сухой цилиндр, который следует держать в слегка наклонном положении. Если на поверхности пробы в цилиндре при этом образовалась пена, ее аккуратно снимают мешалкой. Цилиндр с анализируемой пробой устанавливают на ровной горизонтальной поверхности и измеряют температуру пробы (t_1). Отсчет показаний температуры проводят не ранее, чем через 2–4 мин после опускания термометра в пробу. Сухой и чистый ареометр опускают медленно в анализируемую пробу, погружая его до тех пор, пока до предполагаемой отметки ареометрической шкалы не останется 3–4 мм, затем оставляют его в свободно плавающем состоянии. При этом ареометр не должен касаться стенок цилиндра. Проводят первый отсчет показаний плотности (ρ_1) по шкале ареометра через 3 мин после установления его в неподвижном положении. После этого ареометр осторожно приподнимают на высоту уровня балласта в нем и снова опускают, оставляя его в свободно плавающем состоянии. После установления его в неподвижном состоянии проводят второй отсчет показаний плотности (ρ_2). При отсчете показаний плотности глаза оператора должны находиться на уровне мениска. Отсчет показаний проводят по верхнему краю мениска.

Отсчет показаний по ареометрам типа АМ или АМТ проводят до половины цены наименьшего деления шкалы, в ареометрах типа АОН-1 или АОН-2 – до цены наименьшего деления. Затем повторяют измерение температуры пробы (t_2). За результат измерения температуры анализируемой пробы продукта (t) принимают среднеарифметическое значение результатов двух измерений t_1, t_2 температуры, округленное до первого десятичного знака.

За результат измерений плотности анализируемой пробы продукта ($\rho_{ср}$) при температуре t анализируемой пробы принимают среднеарифметическое значение результатов двух показаний ареометра ρ_1 и ρ_2, округленное до первого десятичного знака.

Если анализируемая проба продукта во время определения плотности имела температуру выше или ниже 20 °С, то полученные результаты определения плотности при данной температуре (t) должны быть приведены к температуре 20 °С в соответствии с таблицами приложений В и Г.

По таблицам в левой крайней графе находят строку со значением ($\rho_{ср}$), а в последующих графах таблиц – температуру (t). На пересечении соответствующей строки и графы находят значение плотности молока при температуре 20 °С, которое принимается за окончательный результат.

Если молоко сырое или обезжиренное оно имеет температуру от 10 до 15 °С, то для определения его плотности при температуре 20 °С к полученному значению плотности пробы этого молока ($\rho_{ср}$) прибавляют поправку, приведенную в таблицах приложений Д и Е.

За окончательный результат измерения плотности при температуре 20 °С и плотности (ρ^{20}) принимают среднеарифметическое значение двух параллельных результатов измерений, выполненных в условиях повторяемости, если выполняется условие приемлемости по разд. 8.

Определение титруемой кислотности молока (ГОСТ 3624–92)

Приборы и реактивы. Колбы на 150–200 см^3, пипетка вместимостью 10 мл, бюретка стеклянная на 25–50 мл, 0,1 н. раствор едкого натра (калия); 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; вода дистиллированная; 2,5%-ный раствор сернокислого кобальта.

Ход анализа. В коническую колбу вместимостью 150–200 мл отмеряют пипеткой 10 мл молока, прибавляют из бюретки 20 мл дистиллированной воды и три капли 1%-ного фенолфталеина. Смесь тщательно перемешивают и медленно титруют 0,1 н. раствором едкого натра (калия) при непрерывном помешивании содержимого колбы легким ее вращением до появления слаборозового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин. Сравнение ведут с заранее приготовленным эталоном. Срок хранения эталона не более 8 ч при комнатной температуре.

*Приготовление контрольных эталонов окраски для молока***.** В колбу вместимостью 100 или 250 см^3 отмеривают молоко и дистиллированную воду в объемах, указанных в таблице 7.2, и 1 см^3 раствора 2,5 % сернокислого кобальта массовой концентрации ~~25 г/дм^3~~. Смесь тщательно перемешивают.

Таблица 7.2 – Количество продукта и воды для исследований

Наименование продукта	Объем продукта, см	Объем дистиллированной воды, см^3
Молоко	10	20

Количество 0,1 щелочи, затраченной на нейтрализацию 10 мл молока, умноженное на 10, характеризует кислотность в градусах Тернера (7.22):

$$X = 10 \cdot V \cdot K, \qquad (7.22)$$

где V – количество 0,1 N NaOH, пошедшего на титрование 10 мл молока; K – коэффициент нормальности; 10 – коэффициент пересчета.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать ± 1,9 °Т.

Определения жирности молока и сливок (ГОСТ 5867)

Содержание жира определяют кислотным методом Гербера. Метод основан на выделении жира из молока в жиромере при помощи центрифугирования после растворения белков концентрированной серной кислотой. Серная кислота растворяет белки молока, в результате чего жировые шарики молока теряют свою оболочку и объединяются в единый жировой слой. Ускорению и полному отделению жира от плазмы способствует добавление изоамилового спирта, который понижает поверхностное натяжение жировых шариков и тем способствует их слиянию.

Приборы и реактивы. Жиромер для молока с пределами измерения от 0 до 6 % с ценой деления 0,1 %, сливочный жиромер, резиновые пробки для жиромеров, мерная пипетка вместимостью 10,77 мл, пипетки для отмеривания серной кислоты и изоамилового спирта вместимостью соответственно 10 и 1 мл, центрифуга, водяная баня, штатив для жиромеров, термометры со шкалой 0–100 ^{O}C. Кислота серная плотностью 1,81–1,82 г/м^3; спирт изоамиловый.

Ход анализа

- Молоко

В чистый молочный жиромер, помещенный в штатив, осторожно, стараясь не смочить горлышко, наливают пипеткой 10 мл серной кислоты плотностью 1810–1820 кг/м^3. Затем пипеткой вместимостью 10,77 мл добавляют в жиромер молоко так, чтобы жидкости не смешивались. Молоко из пипетки должно вытекать медленно, выдувание молока из пипетки не допускается. Затем в жиромер добавляют 1 мл изоамилового спирта и закрывают сухой пробкой. Жиромеры только закрывают сухими пробками, вводя их немного более чем наполовину в горловину жиромеров. Для этого с помощью полотенца или тряпки взять жиромер левой рукой за расширенную часть (не за шкалу) и вращательными движениями ввести пробку в горлышко до соприкосновения с поверхностью спирта. Жиромеры встряхивают до полного растворения белковых веществ, переворачивая не менее 5 раз так, чтобы жидкости в них полностью перемешались.

Рекомендуется для обеспечения проведения измерений наносить мел на поверхность пробок для укупорки жиромеров.

После этого жиромеры ставят пробкой вниз в водяную баню с температурой 65±2 ^{o}C на 5 мин. Вынув из бани, жиромеры вставляют в патроны центрифуги, располагая их симметрично один против другого. При нечетном количе-

стве жиромеров в центрифугу помещают жиромер, наполненный водой. Закрыв центрифугу крышкой, смесь центрифугируют в течение 5 мин, затем вынимают из центрифуги и движением резиновой пробки регулируют столбик жира так, чтобы он находился в трубке со шкалой. Жиромеры снова помещают на 5 мин в водяную баню, вынимают из нее и быстро производят отсчет жира. Движением пробки вверх или вниз устанавливают нижнюю границу столбика жира на целом делении шкалы жиромера и от него отсчитывают число делений до нижней точки мениска столбика жира. Показание жиромера соответствует содержанию жира в молоке в процентах. Граница раздела жира и кислоты должна быль резкой, а столбик жира прозрачным (светло-желтого цвета).

При использовании центрифуги с подогревом жиромеров допускается проведение одного центрифугирования в течение 15 мин с последующей выдержкой в водяной бане при температуре (65±2) °С в течение 5 мин.

Граница раздела жира и кислоты должна быть резкой, а столбик жира прозрачным. При наличии «кольца» (пробки) буроватого или темно-желтого цвета, различных примесей в столбике жира или размытой нижней границы измерение проводят повторно.

- Сливки

В **сливочный жиромер** отвешивают 2,5 г продукта, приливают 7,5 мл воды, 10 мл серной кислоты (плотностью 1,81–1,82 г/см^3) и 1 мл изоамилового спирта плотностью 0,810–0,812 г/см^3. В остальном методика определения жира та же, что и в цельном молоке.

- Обезжиренное молоко

В обрате остаются лишь мелкие жировые шарики, поэтому отделить их довольно трудно. Чтобы полностью учесть количество жира, применяют специальные жиромеры и тройное центрифугирование. В остальном методика определения жира та же, что и в цельном молоке.

При работе жиромера двойного объема отмеривают 20 мл серной кислоты (10×2), 21,54 мл (10,77×2) обрата и 2 мл (1×2) изоамилового спирта.

При работе с жиромерами такого же объема, как и молочные, реактивы и исследуемый продукт берется в обычных количествах.

Обычно после первого центрифугирования заметного отделения жира не наблюдается. После третьего центрифугирования и выдерживания в водяной бане устанавливают границу жира и быстро отсчитывают его содержание.

При работе с серной кислотой проявлять особую осторожность и соблюдать следующие требования:

1. Наполнять жиромер следует в строго указанной последовательности: кислота – молоко – спирт. Если в жиромер влить сначала молоко, а потом серную кислоту, то в узкой части прибора образуется пробка свернувшихся белков и анализ придется повторить. Если же смешать спирт с кислотой, то образуется ряд нерастворимых соединений, искажающих результат анализа.

2. Поскольку смешивание крепкой кислоты и молока приводит к сильному нагреванию жидкости, жиромер следует предварительно укрепить в штативе и заполнить кислотой только над кюветами.

3. Если при заполнении жиромера горлышко оказалось смоченным серной кислотой, то для нейтрализации кислоты пробку с поверхности надо покрыть мелом (продольными штрихами) и только после этого закрыть жиромер пробкой.

4. Содержимое жиромера встряхнуть только при закрытой пробке предварительно завернув его в полотенце или тряпку. При этом отверстие жиромера направлять в сторону от себя и окружающих.

5. После окончания определения жира содержимое жиромера тщательно перемешать и вылить в еще теплом состоянии в специально предназначенные склянки с этикетками (но не в раковину!).

6. В случае попадания кислоты на кожу немедленно промыть пораженное место водой, а затем 3%-ным раствором двууглекислой соды.

Результаты оформить в виде нижеприведенной табличной формы:

Таблица – Физико-химические показатели сырого молока

№ п/п	Наименование показателя		
	плотность, кг/м^3	кислотность, ^{o}Т	Массовая доля жира, %
Образец			

Задание 3. Изучить прибор для измерения вязкости молока. Каждый студент самостоятельно знакомится с правилами эксплуатации и устройством вискозиметра Brookfield RVDV-II+ Pro. Измерение вязкости образцов молока проводится студентами группой по два-три человека.

Необходимо исследовать показатели вязкости сырого молока, направляемого на сепарирование в зависимости от температуры (15 ^{o}C , 45 ^{o}C). Результаты измерений представить в виде графиков (кривые течения).

Определение вязкости молока

Вязкость молока измеряют при помощи ротационного вискозиметра Brookfield RVDV-II+ Pro (приложение В).

Устройство вискозиметра. На рисунке 7.11 представлена схема устройства вискозиметра Brookfield RVDV-II+ Pro.

Проведение измерений. Измерение вязкости проводится по следующей общей процедуре. С измерительными шпинделями RV в качестве контейнера для жидкости рекомендуется использовать широкие химические стаканы Гриффина емкостью 600 мл.

1. Смонтируйте на вискозиметре DV-II+ Pro защитную рамку.

2. Погрузите шпиндель в жидкость по центру контейнера до тех пор, пока уровень жидкости не достигнет канавки на валу шпинделя. Дисковые шпиндели следует погружать в жидкость под небольшим углом во избежание захвата пузырьков воздуха под нижней поверхностью диска. Подсоедините шпиндель к нижнему валу вискозиметра: слегка поднимите вал и, крепко удерживая вал одной рукой, другой рукой наверните на него шпиндель (левая резьба!).

3. Для выполнения измерения вязкости выберите измерительный шпиндель и задайте скорость вращения на панели прибора. Выбор шпинделя и скорости вращения для жидкости с неизвестными свойствами осуществляется путем проб и ошибок. Необходимо выбирать такие шпиндели и скорости вращения, при которых отсчет момента лежит в диапазоне от 10 до 90 % от максимального значения.

4. Включите двигатель. Дождитесь стабилизации показаний (время стабилизации зависит от скорости вращения и характеристик тестируемой жидкости, обычно после осуществления пять оборотов шпинделя). Для достижения максимальной точности старайтесь получить отсчет момента выше 10 %.

5. При смене шпинделя и/или пробы выключайте двигатель вискозиметра нажатием кнопки MOTOR ON/OFF I ESCAPE. Для очистки шпинделя обязательно отсоединяйте его.

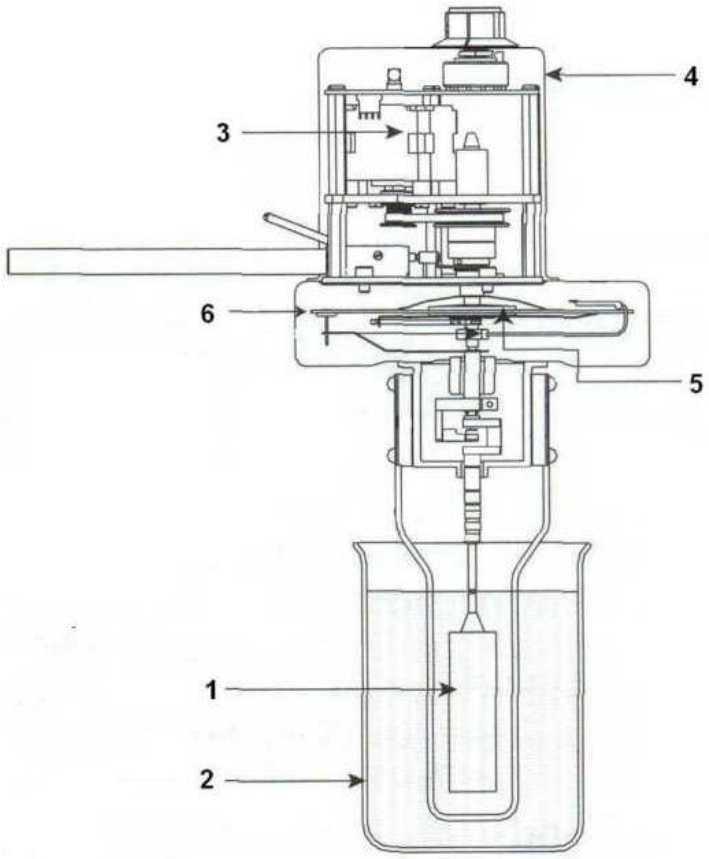


Рисунок 7.11 – Схема ротационного вискозиметра Brookfield: 1 – шпиндель; 2 –контейнер; 3 – мотор; 4 – корпус; 5 – калибровочная пружина; 6 – дисплей

Задание 4. Изучить влияние температуры сепарируемого молока на выход сливок, оценить эффективность сепарирования.

Работа выполняется группами по два-три человека. Производят сепарирование молока при температуре 15 и 45 ^{0}С и получением сливок различной жирности.

Порядок выполнения работы. Сепаратор подготавливают к работе согласно инструкции. Для проверки правильности сборки барабана сепаратора и

его прогрева через сепаратор пропустить 2–3 л воды с температурой 60–65 ^{O}С. Сепарируют при каждой температуре 1 л молока.

Первоначально сепарируют молоко, подогретое до 45 ^{0}С. Первые порции молока разбавлены водой, поэтому их собирают в отдельную посуду (100–150 мл) и затем не используют. После окончания сепарирования отбирают среднюю пробу обезжиренного молока и сливок, определяют в них содержание жира. Аналогично поступают со следующими порциями молока, сепарируя их последовательно при температуре 15 ^{o}С.

По окончании сепарирования при одной из температур (15 или 45 ^{o}С по указанию преподавателя) необходимо взвесить полученные сливки и обезжиренное молоко и определить в них содержание жира.

Теоретический выход сливок рассчитывают по формуле (7.23):

$$В_т = \frac{Ж_м - Ж_{об}}{Ж_{сл} - Ж_{об}} \cdot 100, \quad (7.23)$$

где $Ж_м$ – массовая доля жира в исходном молоке, %; $Ж_{об}$ – массовая доля жира в обезжиренном молоке, %; $Ж_{сл}$ – массовая доля жира в сливках, %.

Фактический выход сливок рассчитывают по формуле (7.24):

$$В_ф = \frac{М_{сл}}{М_м} \cdot 100, \quad (7.24)$$

где $М_{сл}$ – масса сливок, кг; $М_м$ – масса молока, кг.

Фактические потери жира определяют по формуле (7.25):

$$П_ф = \frac{В_т - В_ф}{В_т} \cdot 100. \quad (7.25)$$

Следует сравнить фактические потери сливок с нормативными (0,42 %). Рассчитать степень использования жира, % (7.26):

$$\alpha_ж = \frac{М_{сл} \cdot (Ж_{сл} - Ж_{об})}{М_м \cdot (Ж_м - Ж_{об})} \cdot 100\ . \quad (7.26)$$

Технологический коэффициент полезного действия сепаратора или степень (эффективность) сепарирования определяют по формуле (7.27):

$$К_{сеп} = \left(\frac{К_м \cdot Ж_м - М_{об} \cdot К_{об}}{К_м \cdot Ж_м}\right) \cdot 100\%\ , \quad (7.27)$$

где $К_м$ – количество молока, кг; $Ж_м$ – жирность молока, %; $К_{об}$ – количество обрата, кг; $Ж_{об}$ – жирность обрата, %.

Делают выводы о проведенных исследованиях и результаты заносят в табличные формы:

№ п/п	t, ^{0}C	Объем, мл			
		молоко	сливки	обрат	потери
Образец 1	15				
Образец 2	45				

№ п/п	t, ^{0}C	Массовая доля жира, %		
		молоко	сливки	обрат
Образец 1	15			
Образец 2	45			

№ п/п	$В_т$, %	$В_ф$, %	$П_ф$, %	$\alpha_ж$, %	$К_{сеп.}$
Образец 1					
Образец 2					

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Сепарирование молока. Определение, назначение.
2. Влияние температуры и жирности молока на выход сливок при сепарировании.
3. Устройство сепаратора и порядок подготовки его к работе.
4. Опишите основные пути совершенствования способов сепарирования молока.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ ПРОСАЛИВАНИЯ

Цель: формирование умений и навыков посола сырья животного происхождения, определения массовой доли хлористого натрия в мышечной ткани сырья аргентометрическим способом.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Под ***посолом*** понимают обработку сырья поваренной солью и выдержку его в течение времени, достаточного для равномерного распределения соли в нем. В зависимости от массовой доли соли в продукте посол выполняет роль вкусового (вкусовой посол) или консервирующего фактора. В результате обработки солью сырья возможно либо получение готового пищевого продукта, или полуфабриката, используемого в дальнейшем для производства копченого, сушеного, вяленого пищевого продукта. Сущность посола как способа консервирования заключается в насыщении тканевого сока сырья солью в дозировках, достаточных для угнетения жизнедеятельности микрофлоры и понижения активности тканевых ферментов сырья. При производстве некоторых видов продукции (холодное копчение, вяление) консервирующий эффект поваренной соли усиливается за счет снижения влажности, добавления химических добавок (бензойнокислый натрий, нитрит натрия и др.), упаковки и др.

Соль является незаменимым компонентом пищевых продуктов, улучшающая и делая более ярким их вкус. Также, в зависимости от концентрации может обладать консервирующим действием. Содержание соли в количестве 10–15 % предотвращает развитие гнилостных бактерий, что служит причиной её широкого применения в качестве консерванта пищи.

В глубокой древности соль добывалась сжиганием некоторых растений в кострах; образовывавшуюся золу использовали в качестве приправы. Для повышения выхода соли их дополнительно обливали солёной морской водой.

Самые древние солеварни на территории Европы и Передней Азии найдены в ходе раскопок одного из первых городов в Европе – поселения Провадия-Солницата на черноморском побережье Болгарии. Данное поселение с середины VI тысячелетия до н. э. представляло собой крупный центр производства поваренной соли; при этом вода из местного соляного источника выпаривалась в массивных глинобитных печах куполообразной формы. К концу V тысячелетия до н. э. производство соли достигло здесь промышленных масштабов, увеличившись до 4–5 т.

Не менее двух тысяч лет назад добыча поваренной соли стала вестись также выпариванием морской воды. Этот способ вначале появился в странах с сухим и жарким климатом, где испарение воды происходило естественным путём; по мере его распространения воду стали подогревать искусственно. В се-

верных районах, в частности на берегах Белого моря, способ был усовершенствован: как известно, пресная вода замерзает раньше солёной, а концентрация соли в оставшемся растворе соответственно увеличивается. Таким образом, из морской воды одновременно получали пресную и концентрированный рассол, который затем выпаривали с меньшими энергетическими затратами.

Также соль добывается промышленной очисткой добытого из залежей галита (каменной соли), располагающихся на месте высохших морей.

Посол сельди приобрел особое значение в связи с развитием морского рыболовства и необходимостью консервировать сравнительно большое количество этой рыбы не только на берегу, но и в море. Родиной сельдяного промысла считают Северное и Балтийское моря, в которых голландцы, англичане, французы, норвежцы и славянские народы в XIII в. уже добывали значительное количество сельди. Посол сельди, по-видимому, впервые стали применять в Шотландии в VIII в., а затем уже этот способ в XII–XVI вв. усовершенствовали голландцы, шотландцы и независимо от них русские.

Голландский способ посола, получивший в Западной Европе с начала XV в. широкие распространение, прошел в основном два этапа своего совершенствования: посол целой рыбы в заливных бочках (XIII в.) и посол зябреной сельди в бочках (XVII в.). По этому способу сельдь зябрили, затем перемешивали с солью и рядами укладывали в бочки. По рядам сельдь дополнительно посыпали солью. Затем бочки плотно укупоривали. Шотландцы в отличие от голландцев при посоле неполовозрелой сельди применяли и применяют в настоящее время пониженные дозировки соли.

Бочковой посол сельди в России впервые стал применяться на Белом море монахами Соловецкого монастыря (XV в.). Сельдь в неразделанном виде солили с небольшими дозировками соли; рыбу укладывали в бочку правильными рядами, и каждый ряд сельди посыпали солью, добавляя черный перец и лавровый лист. В отличие от стран Западной Европы для посола сельди использовали бочки небольшого размера; вмещающие 26 фунтов соленой сельди. Такая бочка называлась сельдянкой. Бочки после заполнения плотно укупоривали, и чтобы рыба не испортилась, опускали на дно озера или зарывали в землю, имеющую температуру около 0° С. В более поздние времена для этого стали строить склады–подвалы, охлаждаемые льдом. Обработанная таким образом сельдь отличалась очень хорошим качеством и, судя по методу приготовления, должна была быть не хуже голландской сельди, которую в Западной Европе в то время считали одной из лучших.

Из всех монастырей, расположенных в бассейне Белого моря, только Соловецкому монастырю разрешалось торговать сельдью без пошлин. Тем не менее соленая сельдь Соловецкого монастыря мало поступала в продажу, так как была главной белковой пищей монахов и большого количества богомольцев, посещающих этот монастырь. С XIX в. уловы сельди в Белом море и особенно у Соловецких островов значительно уменьшились, промысел сельди постепенно переходил в Баренцево море. Пряности в то время играли большую роль в питании зажиточных слоев русского населения, поэтому вполне закономерно

было использование их при посоле сельди. Значительное количество пряностей ввозилось из заграницы через Белое море.

В XIX в. в Керченском проливе и в устье Волги пытались солить сельдь голландским способом, но в условиях жаркого климата *этот способ* не оправдал себя, так как рыба портилась.

Несмотря на большие запасы сельди в южных морях, Россия ввозила значительное количество соленой сельди из Норвегии, Англии и Голландии. Объясняется это тем, что русские рыбопромышленники вплоть до средины XIX в. по производству соленой сельди не могли конкурировать с иностранными фирмами, особенно норвежскими, из-за недостатка соли и высокой ее стоимости: основное количество сельди использовали на жиротопление. И только в конце прошлого столетия после отмены акциза на соль посол рыбы и особенно сельдевых получил широкое распространение, а вытопку жира из сельди прекратили.

Начиная с XVIII в. в мировом сельдяном промысле сложились два значительно отличающихся одно от другого направления: дрифтерный лов нагульной сельди в открытом море и неводный лов (ставные, закидные невода) косячной сельди, идущей для икрометания в реки или к морскому побережью. В первом случае рыбу обрабатывают бочковым посолом, а во втором случае применяют чановой, ларевой и стоповой посолы сельди. Кратковременность хода нерестовой сельди и очень большие ее уловы послужили основными причинами для отказа от бочкового посола и замены его более производительными чановым и стоповым посолами.

Первое направление в обработке рыбы по-прежнему сохранялось в странах, освоивших промысел сельди в Атлантике (Англия, Норвегия, Голландия, Дания и др.). Второе направление в обработке рыбы было свойственно России, Японии, Китаю, Корее, Норвегии, а также многим другим странам. Так продолжалось до середины XX столетия, пока промысел сельди в открытом океане не получил преобладающего значения. В XX веке промышленность освоила промысел сельди в Атлантике, Охотском море и северной части Тихого океана. Тогда мировой улов сельди составлял около 70 млн. ц в год. В среднем содержание соли в соленом продукте составляло 10–12 %.

В зависимости от используемого вида тары различали чановый, бочковый и стоповый посол. Используемые емкости были выполнены из таких материалов, как дерево, бетон, металл или пищевые полимерные материалы (начали широко применять в пищевой отрасли в конце XX в.).

Посол в чанах (чановый посол) до середины XX в. являлся основным как для крупных, так и для мелких рыб в период путины. Большая емкость чанов (до 15 т) позволяла вместить в них значительное количество рыбы и эффективно использовать производственную площадь.

Описание чанового посола. Загрузку сельди проводили, начиная с первых чанов каждого ряда. В каждом ряду оставляли по два свободных чана для возможности (перекантовки) перемещения сельди из одного чана в другой. Перед началом загрузки сельди в чаны высота слоя находящегося в них солевого раствора плотностью 1,19–1,20 г/см^3, охлажденного до минус 8 ^{0}С, должна была

быть не менее 50 см. Сельдь загружали в чаны насыпью. Количество сельди с массовой долей жира менее 12 % должно было быть не более 65 % объема чана, а при посоле сельди с массовой долей жира 12 % и более – 50 % объема чана.

По мере заполнения чанов сельдью избыток тузлука сливали через решетки задвижек на сливных окнах в гидрожелоб и направляли через солеконцентратор в чан-сборник.

По окончании заполнения чана сельдь пригружали прижимными решетками под зеркало тузлука на глубине не менее 10 см и включали чан в систему циркуляции тузлука. Циркуляцию тузлука проводили по указанной выше схеме. Охлажденный в испарителе тузлук температурой от минус 6 до минус 8 ^{0}С поступал в чан под напором через патрубок у дна чана. Прошедший через слой рыбы отеплившийся тузлук сливали через решетку задвижки на окне в верхней части чана.

Через 1–1,5 сут после посола вынимали из чанов прижимающие сельдь решетки и производили кантование сельди путем переливания ее через сливное окно в чане в соседний или оставленный для этой цели свободный чан, залитый на 3/4 высоты охлажденным тузлуком.

Через 2,5–3,5 сут после посола производили аналогичное второе кантование сельди. Во время кантования проводили интенсивную подачу тузлука в чан с сельдью через патрубок у дна чана или подавали тузлук центробежным насосом из чана-сборника.

После второго гидравлического кантования разрешали проводить пневматическое рыхление сельди сжатым воздухом (при давлении не более 4–6 атм, или 0,4–0,6 МПа).

После каждого кантования или через 1,5–2 сут после посола сельдь в чане пригружали деревянными решетками под зеркало тузлука на 5–6 см. При посоле мороженой сельди блоками использовали прижимные решетки с грузом.

По окончании загрузки сельди в чан, а также после каждого кантования сельди делали записи в паспорте чана и журнале контроля посола сельди. В процессе просаливания сельди поддерживали температуру тузлука в чанах равной минус 2 – минус 4 ^{0}С. Для ускорения просаливания температуру тузлука допускается постепенно повышать, но чтобы к концу посола она была не выше 5 ^{0}С.

Для выравнивания концентрации и температуры тузлука в разных местах чана с целью более равномерного просаливания сельди проводили перекачку тузлука из нижней части чана в верхнюю.

Посол заканчивали (прерывали) по достижении массовой доли в мясе слабосоленой сельди 5,5–7,0 %, среднесоленой – 8–11 %.

Соленую сельдь упаковывали:

1) в бочки деревянные заливные вместимостью не более 50 дм^3;

2) в бочки деревянные сухотарные с применением мешков-вкладышей из пленочных материалов вместимостью не более 50 дм^3.

Допускали упаковывать соленую сельдь:

1) в ящики деревянные с предельной массой продукта 30 кг (сельдь слабосоленую);

2) в бочки заливные и сухотарные, бывшие в употреблении, с применением мешков-вкладышей из пленочных материалов вместимостью не более 50 дм^3;

3) в бочки полиэтиленовые для местной реализации вместимостью не более 50 дм^3;

4) в пакеты пленочные с предельной массой продукта 1 кг с последующим упаковыванием в деревянные ящики с предельной массой продукта 30 кг; ящики из гофрированного картона с предельной массой продукта 25 кг или в инвентарную тару, отвечающую санитарным требованиям, с предельной массой продукта 15 кг.

Относительная простота посола в чанах позволяла при их использовании быстро посолить большое количество рыбы и в случае необходимости хранить в них соленую рыбу до момента упаковки ее в бочки. Основные недостатки чанового посла: трудно в большой массе рыбы достигнуть одинаковых условий посола; рыба в чане, особенно в верхней части, слеживалась в плотную массу, которую при выгрузке из чанов требовалось разрыхлять («ломать»); процесс приготовления соленой рыбы был разделен на две резко разграниченные стадии – стадию посола и стадию уборки; кроме того, при чановом посоле приходилось делать перегрузки и многократные перевалки соленой рыбы.

Поэтому там, где имелось достаточное количество производственных площадей начал широко применяться бочковый посол; особенно большое значение посол в бочках имел для сельдевых (сельди, кильки, салаки), анчоусовых (хамсы, анчоуса) и лососевых (горбуши).

Посол сухой солью в ряде случаев производился вне рыбосольной посуды: рыбу укладывают в штабеля, и каждый слой обильно пересыпали солью. Этот способ посола называли стоповым, или чердачным. Он использовался в основном для тощих видов рыб, так как ухудшал качество рыбы, в основном за счет окисления липидов. В настоящее время не находит применения.

В настоящее время на производствах используется в основном баночный и контейнерный виды посола. Баночный посол является разновидностью бочкового, используется для приготовления пресервов.

Контейнерный посол пригоден, как правило, при изготовлении полуфабриката для копчения. Рыбу свежую или мороженую загружают в полимерные контейнеры (могут быть разного объема от 10–15 до 600–700 л) (рисунок 7.12).

Рисунок 7.12 – Виды контейнеров для посола рыбы

В настоящее время на пищевых предприятиях применяют разные способы посола в зависимости от количества соли, емкости, в которых засаливается рыба, от температуры, от метода введения соли, а также от применяемых добавок (рисунок 7.13).

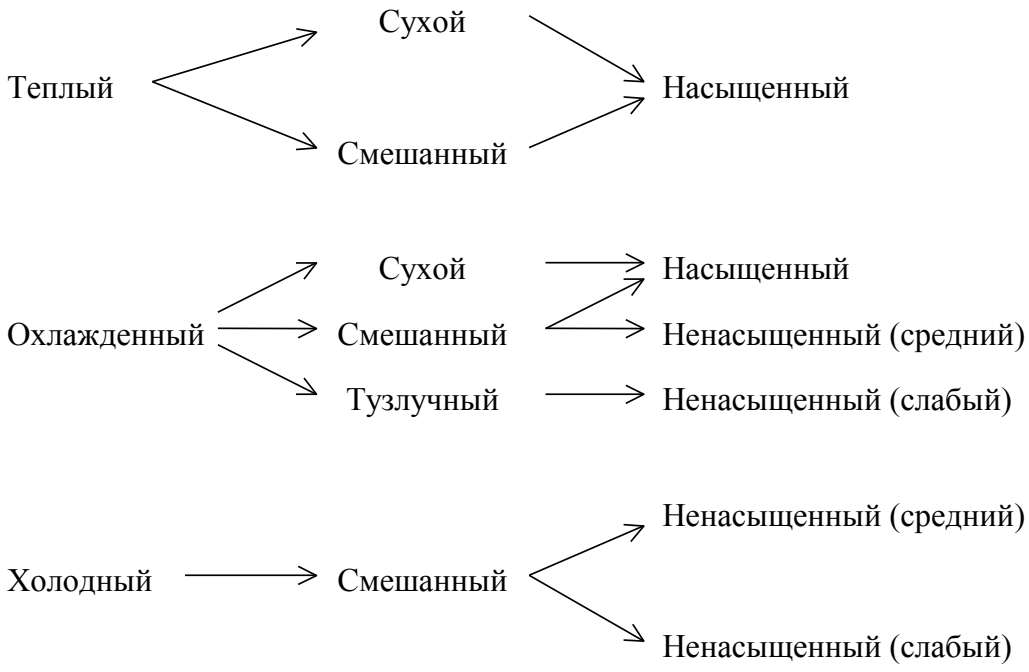


Рисунок 7.13 – Классификация способов посола

Материалы и оборудование

Сырье: салака охлажденная.

Приборы, оборудование, посуда: мясорубки; весы технические; емкости для посола; цилиндры; тарелки, ареометр.

ХОД РАБОТЫ

Работа выполняется группами по два-три человека. Задание различается способами посола (сравнивается скорость просаливания при: 1-я группа – теплом и холодном способах посола; 2-я группа – мокром и смешанном способах посола; 3-я группа – насыщенном и ненасыщенном способах посола).

Работа выполнятся в следующей последовательности:

1. Отобранные для посола образцы рыб в количестве 5–7 шт., обсушивают фильтровальной бумагой, нанизывают на скрепку и взвешивают массу рыбы (m). Данные поместить в нижеприведенную табличную форму:

Время просаливания, мин	Начальная масса m, г	Конечная масса m_t, г	Потери массы	
			$m - m_t$, г	% от m
0 10 20 30 60 90				

2. Студенты каждой группы готовят посольные растворы:

1-я группа – насыщенный раствор поваренной соли (концентрация 26,4 %) комнатной температуры и температуры 0 $(\pm 1)^0$C.

2-я группа – насыщенный раствор поваренной соли комнатной температуры.

3-я группа – насыщенный и 15%-ный растворы поваренной соли.

3. В приготовленных растворах измерить температуру, плотность раствора (ареометром) (приложение Б).

Время просаливания, мин	Плотность рассола, г/см^3	Температура рассола, ^{0}C	Концентрация рассола $C_{\text{рассола NaCl}}$, %	$C_{\text{NaCl в мышечной ткани рыбы}}$ (косвенный метод)
1	2	3	4	5
0 10 20 30 60 90				

Студенты 2-й группы дополнительно пересыпают в одной посольной емкости рыбу солью в количестве 5 % от массы рыбы (смешанный способ посола).

Посол проводится при комнатной температуре (за исключением одного образца 1-й группы, посоленного рассолом температурой 0 ($\pm$1) ^{0}C, который должен храниться в холодильнике).

4. Через 10 мин от начала просаливания процесс прерывается. Растворы сливаются и в них определяют плотность и температуру. Полученные данные заносят в табличную форму, представленную в п. 3.

5. Измеряется масса рыбы. Полученные данные заносят в табличную форму, представленную в п. 1, рассчитывают % изменения массы от первоначальный за прошедший период.

6. Соединить рыбу и растворы и продолжить просаливание, отмечая время.

7. Повторить все операции через 10, 30 и 30 мин от начала просаливания, исключая время нахождения рыбы вне рассола.

8. Рассчитать массовую долю соли в рыбе (косвенным методом по формуле (7.28), концентрацию рассола, изменение массы рыбы (потери или набухание) от продолжительности просаливания. Полученные данные заносят в табличную форму, представленную в п. 3.

$$C_{NaCl \text{ в мышечной ткани рыбы}} = C_{\text{рассола NaCl}} - C_{\text{рассола NaCl через время t}} \cdot \qquad (7.28)$$

9. Определить массовую долю соли в образцах рыбы после завершения просаливания аргентометрическим способом (ГОСТ 7636, п. 3.5.1) (через 90 мин).

Сущность метода: метод основан на способности азотнокислого серебра в нейтральных растворах образовывать с хлористым натрием белый осадок хлористого серебра, а с хромовокислым калием – красновато-бурый осадок хромово-кислого серебра. Растворимость хлористого серебра меньше, чем хромовокислого, поэтому вначале образуется белый осадок хлористого серебра по реакции:

$$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl \downarrow$$

После связывания всего хлора азотнокислое серебро начинает реагировать с хромово-кислым калием (индикатором) с образованием красновато-бурого осадка по реакции:

$$K_2CrO_4 + 2AgNO_3 = 2KNO_3 + Ag_2CrO_4 \downarrow$$

Навеску исследуемого образца 2–5 г измельченной средней пробы, взвешенную в химическом стакане с абсолютной погрешностью 0,01 г, помещают в мерную колбу вместимостью 200–250 см^3 и заливают на ¾ объема водой, нагретой до 60 ^{0}C. Содержимое колбы настаивают в течение 15–20 мин, периодически сильно взбалтывая. По окончании настаивания жидкость в колбе охла-

ждают до комнатной температуры, объем доводят до метки. Водную вытяжку фильтруют через бумажный фильтр.

В две конические колбы отбирают 10–25 $см^3$ фильтрата и титруют 0,1 моль/$дм^3$ раствором азотнокислого серебра в присутствии 3–4 капель раствора хромовокислого калия до появления неисчезающего красновато-бурого окрашивания.

Массовую долю хлористого натрия (X) в процентах вычисляют по формуле (7.29):

$$X = \frac{К * 0{,}00585 * v * v_1 * 100}{v_2 * m}, \qquad (7.29)$$

где 0,00585 – количество хлористого натрия, эквивалентное 1 $см^3$ 0,1 моль/$дм^3$ раствора азотнокислого серебра, г; К – поправка к титру 0,1 моль/$дм^3$ раствора азотнокислого серебра; v – объем водной вытяжки в мерной колбе, $см^3$; v_1 – количество 0,1 моль/$дм^3$ раствора азотнокислого серебра, израсходованное на титрование испытуемого раствора, $см^3$; v_2 – количество водной вытяжки, взятое для титрования, $см^3$; m – навеска исследуемого образца, г.

10. Сравнить практические и теоретические значения массовой доли соли в образцах рыбы.

11. Построить графики зависимости изменения массовой доли соли в рыбе, концентрации раствора NaCl, массы образцов от продолжительности просаливания.

12. Сделать вывод о влиянии способов посола на скорость просаливания.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. История возникновения посола, как способа обработки рыбы.

2. Описание основных способов посола, используемых в XX веке. Причины прекращения их использования на современных предприятиях.

3. Опишите основные пути совершенствования технологии соленой рыбной продукции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА И РЕЖИМОВ БЛАНШИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУФАБРИКАТА

Цель: формирование умений и навыков технологической обработки сырья бланшированием.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Одним из этапов технологического процесса производства большинства рыбных консервов (кроме натуральны) является предварительная тепловая обработка полуфабриката. В технологических схемах производства консервов из рыбы и беспозвоночных применяют ряд способов предварительной тепловой обработки (рисунок 7.14), используя разнообразные теплоносители (таблица 7.3) и режимные параметры процесса.

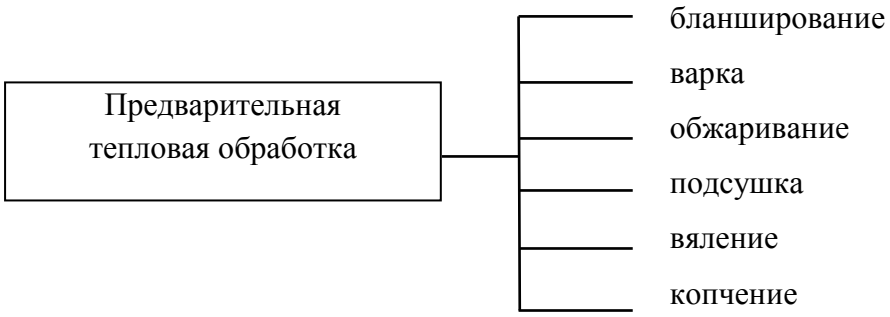


Рисунок 7.14 – Способы предварительной тепловой обработки консервов

Таблица 7.3 – Основные виды тепловой обработки

Вид тепловой обработки	Теплоноситель	Заливка
Бланширование	Пар, вода и водные растворы солей, кислот, растительное масло	Растительное масло, томатный соус
Подсушка	Воздух	Растительное масло
Копчение	Воздух, дым, коптильный препарат	Растительное масло
Обжаривание	Растительное масло	Растительное масло, томатный соус

Предварительная тепловая обработка полуфабрикатов осуществляется с целью:

1) повышения пищевой ценности готового продукта за счет частичного обезвоживания полуфабриката, т. е. происходит регулирование в нем содержа-

ния воды (в большинстве случаев – снижение) и сухих компонентов (повышение);

2) придания полуфабрикату большей прочности и предупреждения излишнего выделения бульона при последующей стерилизации;

3) улучшения внешнего вида и вкусовых свойств готового продукта.

Правильность выбора режима предварительной тепловой обработки проверяется такими показателями готовых консервов, как соотношение твердой и жидкой частей, количество воды в масляной заливке, содержание сухих веществ в продукте, его консистенция. В связи с изменчивостью факторов, влияющих на свойства полуфабриката, режимы его обработки теплом уточняются для конкретных ситуаций.

Несмотря на общность технологий предварительной тепловой обработки гидробионтов различными способами, их особенности весьма значительны.

Наиболее широко распространенным и простым способом предварительной тепловой обработки рыбы является бланширование. Консервы из бланшированного полуфабриката составляют более 40 % от их общего выпуска, эта доля продолжает возрастать благодаря разработке дифференцированных режимов, высокому качеству полуфабриката по органолептическим, физико-химическим и гигиеническим показателям, а также наиболее низким потерям массы.

В соответствии с ГОСТ 30054–2003 «Консервы, пресервы из рыбы и морепродуктов. Термины и определения» **бланширование рыбы** (морепродуктов) – тепловая обработка рыбы (морепродуктов) острым паром или в кипящей воде, солевом или уксусно-солевом растворах, нагретом растительном масле, с частичным провариванием, обезвоживанием и уплотнением мяса.

Бланширование рыбы паром. Водяной насыщенный пар с температурой 100±5 °С, контакт которого с поверхностью продукта обеспечивает быстрое достижение заданной температуры, получил преимущество при переработке гидробионтов как теплоноситель. При его использовании продолжительность процесса бланширования 15–45 мин, потери массы сырого полуфабриката 20–23 %, из которых 13–16 и 4–7 % приходится соответственно на воду и сухие вещества, из них примерно треть – белковые соединения. Доля потерь липидов составляет 2–8 % их содержания в сырье и зависит не столько от уровня липидов, сколько от качества мышечной ткани сырого полуфабриката, при этом состав липидов меняется в сторону снижения их биологической ценности.

Потери массы полуфабриката при бланшировании зависят также от положения банки в аппарате для тепловой обработки – вниз или вверх донышком. Положение «вниз донышком» предусматривает накопление бульона в банке по мере бланширования и слив его по окончании процесса. В этом случае только часть рыбы не погружена в бульон и соприкасается с паром, что приводит к снижению потерь.

При расположении банки «вверх донышком» образовавшийся бульон постоянно стекает, рыба по всей поверхности омывается острым паром, и потери массы в единицу времени увеличиваются.

Бланширование рыбы паром осуществляют в периодически и непрерывно действующих бланширователях закрытого типа, обеспеченных средствами передвижения банок, подачи пара, отвода конденсата и бульона или их смеси.

Бланширование в воде (кратковременная варка) или слабых водных растворах солей органических кислот и других веществ в зависимости от поставленных технологических задач осуществляют 2–30 мин при близкой к кипению температуре. Для предварительной тепловой обработки полуфабриката необходимо обосновывать выбор теплоносителя (пар или вода). Полуфабрикат одного и того же вида гидробионтов может обрабатываться паром либо водой в зависимости от рецептуры консервов. Например, кукумарию направляют на размягчение тканей, оценивают по консистенции и сохранности биологически активного голотурина. Нужные параметры достигаются при тепловой обработке паром, а не водой, хотя потери массы сравнительно одинаковы при обеих обработках. При оценке консистенции предпочтительно бланшировать паром, а не водой, а потери голотурина при этом одинаковы (таблица 7.4).

Таблица 7.4 – Сравнительная характеристика кукумарии после тепловой обработки паром и водой

Полуфабрикат	Скорость нагрева, °С/мин	Потери массы, %	Вода, %	Голотурин, мкг/г	Консистенция
Сырой	-	-	87,6	3077,0	Упругая
Вареный	2,7	40,7	75,3	1598,5	Плотная
Бланширо-ванный	2,0	29,3	82,3	1977,1	Сочная

При изготовлении консервов из того же сырья – кукумарии – в кислых заливках (в томатном соусе) к первым двум задачам предварительной тепловой обработки добавляется необходимость разрушения до стерилизации минеральных включений в мясе, служащих после реакции с органическими кислотами заливки источником образования углекислого газа и брака консервов из-за повышенного давления в банке при нормальной температуре хранения. Введение уксусной кислоты в воду для варки кукумарии снижает содержание карбонатов на 90–95 % и устраняет причину брака консервов, не оставляя в данном случае альтернативы для бланширования паром. Избыток уксусной кислоты в консервах компенсируется за счет рецептуры соуса.

Предварительную тепловую обработку водой проводят с целью экстрагирования из сырого полуфабриката реакционноспособных соединений, в том числе гексозаминов, предупреждая покоричневение мяса во время стерилизации (рисунок 7.15).

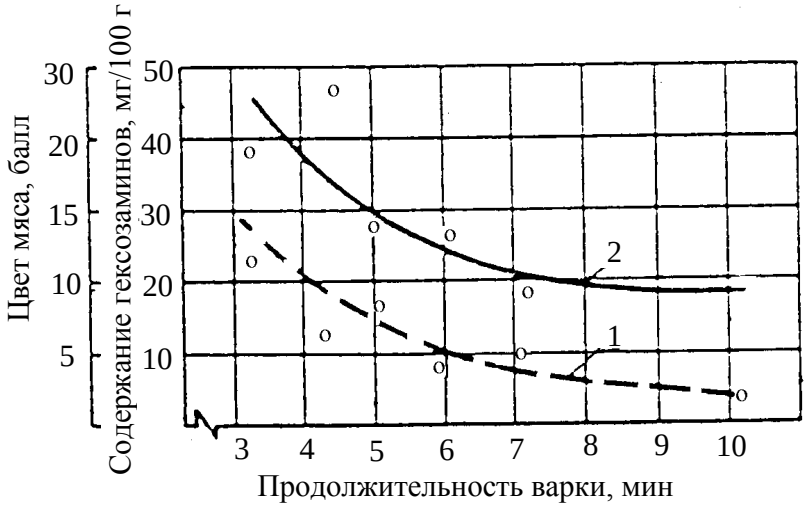


Рисунок 7.15 – Содержание гексозаминов в мясе ходильных ног краба в зависимости от времени варки (1) и цвет мяса после стерилизации (2)

Бланширование в растительном масле проводят при температуре 90–120 °С в течение 2–5 мин. Полуфабрикат обладает высоким качеством и используется в особо ценных консервах из гидробионтов, но способ применяют ограниченно в связи с его трудоемкостью и дополнительным расходом масла. Для предупреждения разбрызгивания масла и уплотнения кожи полуфабрикат перед обработкой в горячем масле и после бланширования паром подсушивают горячим воздухом.

Эффект СВЧ-энергии при обработке гидробионтов благодаря нагреванию сырого полуфабриката по всему объему проявляется в высокой скорости нагрева (30 °С/мин) и быстродействии процесса. В то же время в продуктах наблюдается некоторое смещение характера запаха. Аппараты, работающие на СВЧ-энергии (промышленные и бытовые), нашли широкое распространение.

ИК-излучение обеспечивает высокий температурный градиент, превышающий в начале обработки градиент влагосодержания. Благодаря этому вода и растворенные в ней вещества движутся от периферии к центру материала. Образуется уплотненный поверхностный слой, у продукта хорошие органолептические свойства, снижаются потери питательных веществ.

Таким образом, способы и режимы бланширования оказывают существенное влияние на такие показатели качества консервов, как массовое соотношение твердой и жидкой части, количество водного отстоя в масле, высота, плотность и целостность кусков мяса рыбы.

Поскольку данная задача достигается в основном благодаря удалению из рыбы влаги в процессе бланширования, изучению и разработке способов и режимов бланширования различных видов рыб уделяется большое внимание.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Материалы и оборудование

Сырье: промысловые рыбы нескольких видов (треска, судак, скумбрия, сельдь атлантическая, ставрида).

Приборы, оборудование, посуда: разделочные доски, ножи, емкости для сырья и отходов от разделки, весы технические, сушильный шкаф, емкости для бланширования острым паром и водой, фритюрница, фильтровальная бумага.

ХОД РАБОТЫ

Работа выполняется группами по два-три человека. Задание различается видом рыбы или способом бланширования (по заданию преподавателя). Работа выполнятся в следующей последовательности:

1. Полученные образцы рыбы разделать на филе, разрезать на куски шириной 4–5 см. Массу образцов до бланширования записать в нижеприведенную табличную форму:

Способ бланширования	Продолжительность бланширования, мин	Масса образца, г		Изменение массы	
		до бланширования	после бланширования	г	% от первоначальной массы

2. В образце определяют влагу на аппарате Чижова и содержание сухих веществ. Полученные данные заносят в нижеприведенную табличную форму:

Способ бланширования	Продолжительность бланширования, мин	Влага, г		ВУС	
		до бланширования	после бланширования	до бланширования	после бланширования

3. Образцы рыбы бланшируют разными способами по группам в соответствии с заданием преподавателя. Варианты бланширования и ее продолжительность указаны в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Варианты бланширования рыбы

Способ бланширования	Продолжительность бланширования, мин	
Водой	2	5
Острым паром	7	10
Растительным маслом	2	5

3.1. **Бланширование в воде** осуществляют в баке, который ставят на электрическую плиту, закрепляют в нем сетку и наливают воду так, чтобы уровень ее был на 80–90 мм выше уровня сетки. Бак закрывают крышкой и доводят до кипения, избегая быстрого бурления.

3.2. **Бланширование паром** проводят в баке с закрепленной в нем сеткой, который ставят на электрическую плиту и наливают в него воду, причем уровень воды должен быть на 10–15 мм ниже уровня сетки. Бак закрывают крышкой, воду доводят до кипения. Степень парообразования должна быть умеренной.

3.3. **Бланширование в горячем масле** осуществляют в баке с закрепленной в нем сеткой. Бак помещают на электрическую плиту, наливают в него масло так, чтобы его уровень был на 50–60 мм выше сетки. Масло нагревают до температуры 110–120 ^{0}С. Перед бланширвоанием в растительном масле куски рыбы подсушивают в сушильном шкафу при температуре 40–50 ^{0}С в течение 30 мин. После подсушивания образцы взвешивают и массу фиксируют в табличной форме, представленной в п. 1.

4. По окончании бланширования образцы взвешивают и определяют в них влагу на аппарате Чижова и содержание сухих веществ. Полученные данные фиксируют в табличных формах пп.1 и 2.

5. По окончании работ подгруппы студентов обмениваются полученными данными. Делают вывод о влиянии способа и времени бланширования на выход полуфабриката и его обезвоживание.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Перечислите способы и виды предварительной тепловой обработки п/ф при производстве консервов.

2. Основные цели предварительной тепловой обработки сырья животного происхождения при производстве консервов.

3. Опишите основные пути совершенствования способов предварительной тепловой обработки при производстве рыбных консервов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ АКТИВНОСТИ ВОДЫ

Цель: приобретение навыков в изучении влияния вида технологической обработки сырья на показатель активности воды и умений в освоении методики определения показателя активности воды.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Показатель «активность воды» – основной критерий характеристики состояния воды в пищевых продуктах и широко применяется для прогнозирования технологических свойств продуктов, а также является инструментом регулирования качества пищевого продукта и сроков его хранения.

При хранении пищевых продуктов активность воды оказывает влияние на жизнеспособность микроорганизмов. Поэтому активность воды в продукте имеет значение для предотвращения его микробиологической порчи.

Эффективным средством для предупреждения микробиологической порчи и целого ряда химических реакций, снижающих качество пищевых продуктов при хранении, является снижение активности воды в пищевых продуктах (таблица 7.6). Для снижения активности воды используют такие технологические приемы, как сушка, вяление, добавление различных веществ (сахар, соль и др.), замораживание. С целью достижения той или иной активности воды в продукте можно применять такие технологические приемы, как адсорбция – продукт высушивают, а затем увлажняют до определенного уровня влажности, или сушка посредством осмоса – пищевые продукты погружают в растворы, активность воды в которых меньше активности воды пищевых продуктов.

Таблица 7.6 – Активность воды и рост микроорганизмов в пищевых продуктах

Область A_w	Микроорганизмы, которые ингибируются при более низком значении aw, чем эта область	Пищевые продукты, характерные для этой области A_w
1	2	3
1,00–0,95	Pseudomonas; Escherichia; Proteus; Shigella, Klebsiella; Bacillus; Clostridium perfingens; некоторые дрожжи	Фрукты, овощи, мясо, рыба, молоко, хлеб, продукты с содержанием сахара (~40%) и хлорида натрия (~7%)
0,95–0,91	Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C. botulinum, Serratia Lactobacillus, Pediococcus, некоторые грибы, дрожжи (Rhodotorula, Pichia)	Некоторые сыры, консервированная ветчина, некоторые фруктовые концентраты соков, продукты с содержанием сахара (~55%), хлорида натрия (~12%)

Окончание таблицы 7.6

1	2	3
0,91–0,87	Многие дрожжи (Candida; Torulopsis, Hansenula) Micrococcus	Ферментированная колбаса типа салями, сухие сыры, маргарин, рыхлые бисквиты, продукты с содержанием сахара (65 %), хлорида натрия (15 %)
0,87–0,80	Многие грибы (микотоксигенные пенициллы Penicillia); Staphylococcus Aureus; большинство Saccharomyces; Debaryomyces	Большинство концентратов фруктовых соков, сладкое сгущенное молоко, шоколад, сироп, мука, рис, взбитые изделия с содержанием влаги 15–17 %, фруктовые пирожные, ветчина
0,80–0,75	Большинство галофильных бактерий, микотоксигенные аспергиллы	Джем, мармелад, замороженные фрукты
0,75–0,65	Ксерофильные виды плесеней (грибов) (Asp. chevalieri; Asp. canidus; Wallemia sebi) Saccharomyces bisporus	Патока, сухие фрукты, орехи
0,65–0,60	Осмофильные дрожжи (Saccharomyces rouxii); некоторые плесени (Asp. echinulatus, Monascus bisporus)	Сухофрукты, содержащие 15–20 % влаги, карамель, мед
0,5	Нет микроорганизмов	Тесто с влажностью 12 %, специи с влажностью 10 %
0,4	Нет микроорганизмов	Яичный порошок с влажностью ~5 %
0,3	Нет микроорганизмов	Печенье, крекеры, сухари с влажностью ~3–5 %
0,2	Нет микроорганизмов	Сухое молоко с влажностью ~2–3 %, сухие овощи с влажностью ~5 %, зерновые хлопья с влажностью ~5 %, крекеры

Для достижения требуемой активности воды добавляют различные ингредиенты в продукт, обработанный одним из технологических способов, и дают ему возможность прийти в равновесное состояние, так как один лишь процесс сушки часто не позволяет получить нужную консистенцию. Применяя увлажнители, можно увеличить влажность продукта, но снизить A_w. Потенциальными увлажнителями для пищевых продуктов являются крахмал, молочная кислота, сахара, глицерин и др.

Помимо влияния на химические реакции и рост микроорганизмов, активность воды имеет значение и для текстуры продуктов. Например, максимальная активность воды, допустимая в сухих продуктах без потери желаемых свойств, может изменяться в пределах 0,35–0,5 в зависимости от вида продукта (сухое молоко, крекеры и т. п.). Большая A_w необходима для продуктов мягкой текстуры, которые не должны обладать хрупкими свойствами.

Методы исследования активности воды

Для определения активности воды пищевых продуктов используют различные методы: манометрические (непосредственное измерение давления паров воды в вакууме), гигрометрические, тензометрические и т. д.

Как правило, методы определения активности воды в пищевых продуктах как классифицируют на прямые и косвенные.

Во всем мире большое распространение получили прямые манометрические методы («Vapour pressure manometer» или VPM). Они заключаются в непосредственном измерении давления водяного пара с помощью жидкостных, емкостных или других параметров. Этот метод принят за эталонный и чаще всего используется при проведении исследовательских работ. Из косвенных методов распространены гигрометры под общим названием «Proximity equilibration cell» (PEC)

В настоящее время широкое практическое применение, вследствие высокой точности измерений, получили такие приборы, как AquaLab производства фирмы «Decagon», а также «Hygrolab» швейцарской фирмы «Rotroni»

Прибор AquaLab Pre

Прибор AquaLab Pre (рисунки 7.16–7.17) при является быстрым и аккуратным измерителем активности воды (A_w), выдавая результаты в течение 5 мин. Результаты, получаемые на приборе AquaLab Pre, имеют точность ±0,01. Диапозон измерения aw от 0,200 до 1,000.

Подготовка к работе

Работа с прибором AquaLab Pre является очень простой. Для обеспечения точных измерений всегда размещайте прибор на ровной поверхности, что снизит вероятность попадания продукта в измерительную камеру. Для получения точных измерений выберите место для прибора, где практически отсутствуют изменения температуры (вентиляторы, обогреватели, окна и т. д.). Убедившись, что окружающая прибор атмосфера является достаточно стабильной, Вы можете начинать измерение.

Рисунок 7.16 – Вид прибора спереди

Рисунок 7.17 – Вид прибора сзади

Подготовка прибора

После выбора соответствующего места работы, подключите к прибору кабель питания. До того, как включить его, переведите рычаг «OPEN/LOAD» в положение, чтобы вытащить из камеры пустую чашку. Включите прибор, на экране появится надпись «AQUALAB PRE».

Далее на экране прибора автоматически отобразится показатель активности воды в верхнем левом углу (0.000 A_w) и температуры в правом нижнем (0.0 °C).

Для того, чтобы получить наиболее точные результаты, дайте Вашему прибору прогреться в течение 15–20 мин.

Подготовка образцов

Для того чтобы получить более точные показания прибора, необходимо провести качественную подготовку образцов. Подготавливая образцы, следуйте этим указаниям:

1. Убедитесь, что измеряемый образец однороден. Многокомпонентные образцы или образцы, имеющие внешнюю оболочку, могут быть измерены, но показания прибора будут неточными. Чтобы исследовать такие образцы с большей точностью, необходимо их измельчить или разломать.

2. Если возможно, распределите исследуемое вещество так, чтобы дно кюветы полностью было закрыто. Прибор способен измерить образец, который оставляет незаполненные места на дне кюветы с большой точностью, но чем больше поверхность кюветы занята исследуемым веществом, тем выше эффективность работы прибора.

3. Заполните наполовину кювету исследуемым веществом. Для того чтобы произвести измерения, не требуется заполнять кювету исследуемым веществом полностью. Вы можете получить точные результаты измерения, если исследуемое вещество закрывает дно кюветы. Если же кювета будет переполнена, Вы можете расплескать содержимое и испачкать датчик, вследствие этого получить неточные результаты измерений.

4. Убедитесь, что горлышко и внешняя сторона кюветы чистые. Протрите кювету чистой тканью. Вещество, оставленное на горлышке кюветы, может попасть к следующим образцам и изменить точность показаний прибора.

5. Ели измерение планируется делать позднее, то кювету с образцом необходимо плотно закрывать.

Покрытые и высушенные образцы

Для измерения образцов с покрытиями, например сахара или жира, часто требуется больше времени, так как много времени уходит на создание условий равновесия. Для того, чтобы сократить время, затрачиваемое на измерение значения активности воды образцов с покрытием, Вы должны измельчить, разделить на части или перемолоть образец перед тем, как поместить его в кювету для измерения. Это увеличит поверхность образца и, следовательно, сократит время, затрачиваемое на измерение. Однако имейте в виду, что изменение формы некоторых образцов может привести к изменению значения активности воды этих образцов. Например, конфета может быть внутри из мягкого шоколада, а снаружи покрыта твёрдым. Значение активности воды для начинки и покрытия будут разными, поэтому, прежде чем измельчить, необходимо решить, значение активности воды какой части образца необходимо измерить.

Примечание: при измельчении, разделении на части и перемалывании вашего образца будьте последовательны в применяемом Вами методе, чтобы получать воспроизводимые результаты.

Образцы с медленным выделением воды

При измерении активности воды некоторых чрезвычайно сухих, обезвоженных, высоковязких или стеклообразных образцов из-за их сорбционных характеристик влажности требуется больше времени. Прибору может потребоваться 10 и более минут для точного измерения значения активности воды таких образцов.

Летучие вещества

Приборы AquaLab дают действительные результаты на большинстве образцов. Но иногда в присутствии большого количества летучих веществ результаты по точности активности воды будут неправильными. Для избегания ошибки желательно применение емкостного датчика.

Образцы с температурой, отличной от окружающей среды

Образцы, температура которых на 4 °C выше или ниже температуры окружающей среды (камеры), необходимо довести до меньшего температурного отличия, чтобы получить точные результаты. Желательная разница температур должна быть не более 1–2 °C. Образцы с высокой активностью воды и температурой немного выше окружающей могут привести к конденсации на датчике точки росы. Если температура образца выше более чем на 4 °C, прибор выдаст об этом сообщение «sample too hot».

При появлении данного сообщения, немедленно вытащите образец из камеры, закройте крышкой и дайте ему остыть. Если температура образца ниже температуры камеры на 4 °C и более, то это приведет к более длительному времени измерения образца.

Снятие показаний

Порядок измерения:

1. Поверните переключатель в положение OPEN/LOAD и откройте камеру.

2. Поместите приготовленный образец в кювету. Проверьте верхний край кюветы, чтобы убедиться в том, что снаружи не осталось частиц образца (помните, что переполненные кюветы могут испортить датчик в камере).

3. Осторожно задвиньте кювету. Будьте предельно осторожны, если Вы работаете с жидкими образцами, которые могут расплескаться и повредить камеру.

4. Поверните переключатель в положение READ, обеспечивая герметичность в камере. На экране появится следующее сообщение – «chamber sealed. measurement started».

Сообщение говорит о том, что началось измерение активности воды образца в камере. Приблизительно через 40 с на экране появятся первые значения показателя активности воды. Время измерения может варьироваться в зависимости от разницы в температурах между камерой и образцом, а также от свойств образца.

Примечание: образцы, имеющие большую разницу в значениях активности воды по сравнению с предыдущими образцами, могут нуждаться в дополнительном времени для достижения равновесия.

Снятие показаний прибором продолжается до тех пор, пока разница между тремя последними полученными значениями не будет составлять 0.0005. Несколько раз прибор пересекает порог влажности для более точных показаний. По окончании снятия показаний, на экране появляется значение активности воды, сопровождаемое миганием зеленой лампочки и звуковым сигналом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Материалы и оборудование

Сырье: рыба (скумбрия охлажденная, горячего копчения, холодного копчения, провесная), куриное филе (охлажденное, варено-копченое, сырокопченое, вяленое/куриные чипсы), молоко (пастеризованное, сухое, сгущённое молоко, сметана/йогурт).

Приборы, оборудование, посуда: разделочные доски, ножи, весы технические, фильтровальная бумага, бюксы со стеклянными палочками, кварцевый песок, марля, сушильный шкаф, прибор Чижовой, анализатор активности воды «AquaLab Pre».

ХОД РАБОТЫ

Работа выполняется группами по два-три человека. Задание различается видом сырья и продукции. Работа выполнятся в следующей последовательности:

1. Определить содержание влаги в исследуемых образцах ускоренным методом в соответствии с нормативным документом на каждый вид продукта.

2. Определить ВУС исследуемых образцов методом «влажного пятна».

Каждое определение провести на двух параллельных пробах (Метод определения ВУС см. в лаб. работе № 1). Данные оформить в виде нижеприведенной табличной формы:

Номер опыта	Масса навески m	Массовая доля воды в навеске m_1 %	Масса влаги в навеске, г	Площадь «влажного пятна» S	ВУС, %
1					
2					
$\overline{X}$					

3. Определить показатель активности воды (A_w) на приборе AquaLab Pre.

Полученные результаты оформить в виде нижеприведенной табличной формы:

Номер образца	Массовая доля воды, %	ВУС, %	Активность воды A_w
1			
2			
3			
4			

4. Обосновать влияние различных способов технологической обработки сырья на показатель активности воды, сделать выводы о зависимости показателей водоудерживающей способности и активности воды в продуктах.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Понятие показателя активности воды.
2. Факторы, оказывающие влияние на показатель активности воды.
3. Технологические приемы, оказывающие влияние на показатель активности воды.
4. Методы исследования показателя активности воды.
5. Порядок определения активности воды на приборе AquaLab Pre.

8. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. История развития понятия «технология». Пищевая технология (определение, задачи).
2. Возникновение и развитие пищевых технологий.
3. Технологический процесс (основные части, изображение).
4. Технологическая система пищевого предприятия.
5. Типовые процессы обработки сред в пищевых технологиях.
6. Технологический поток (определение, строение).
7. Классификация технологических потоков.
8. Реальный и идеальный технологический поток.
9. Эффективность работы технологического потока.
10. Технологическая линия (определение, характеристика оборудования, типы поточных линий по виду связи между машинами).
11. Структура технологического потока при проектировании.
12. Характеристика воды как основного и важного компонента сырья и готового продукта, материала в технологии.
13. Вид и форма связи влаги с продуктом.
14. Понятие «активность воды».
15. Основные принципы консервирования.
16. Функционально-технологические свойства сырья животного происхождения.
17. Холод как средство консервирования.
18. Теоретические основы, способы охлаждения. Производство охлажденной продукции из сырья животного происхождения.
19. Теоретические основы, способы замораживания.
20. Размораживание пищевого сырья – способы и виды дефростации.
21. Посол как химический способ консервирования. Теоретические основы посола. Классификация способов посола. Созревание.
22. Копчение как комбинированный способ консервирования пищевой продукции.
23. Основные виды и способы копчения.
24. Производство копченой рыбопродукции.
25. Стерилизация как физический способ консервирования. История возникновения консервов.
26. Основные операции предварительной тепловой обработки.
27. Основные операции, входящие в блок «специальные процессы»
28. Стерилизация. Классификация способов стерилизации. Формула стерилизации консервов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалева, Е. В. История развития технологии и техники пищевых производств: учеб. пособие / Е. В. Михалева, Е. А. Ренев. – Пермь: Изд-во, 2017. – 125 с.
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (утверждён решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 880). – Москва, 2011.
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (утверждён решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 881). – Москва, 2011.
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (принят решением совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года N 67). – Москва, 2013.
5. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» (принят решением совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года N 68). – Москва, 2013.
6. Технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (принят решением совета Евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 года N 162). – Москва, 2016.
7. Ковалева, И. П. Свойства продуктов питания, их значение в оценке качества и безопасности: учеб. пособие / И. П. Ковалева, И. М. Титова, О. П. Чернега. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 172 с.
8. Мезенова, О. Я. Технология и качество продуктов питания на основе сырья животного происхождения: учеб. пособие / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Н. С. Сергеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 257 с.
9. ГОСТ 30054–2003 «Консервы, пресервы из рыбы и морепродуктов. Термины и определения».
10. ГОСТ Р 55516–2013 «Технологии пищевых продуктов холодильные Термины и определения».
11. ГОСТ 16299–78 «Упаковывание. Термины и определения».
12. Федеральный закон от 02.01.2000 N 29-ФЗ (ред. от 13.07.2021) «О качестве и безопасности пищевых продуктов».
13. ИТС 44–2017 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям производство продуктов питания.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

УСТРОЙСТВО И РАБОТА АНАЛИЗАТОРА КАЧЕСТВА МОЛОКА «ЛАКТАН 1–4 М»

Конструкция анализатора

Конструктивно анализатор выполнен в пластмассовом корпусе.

Общий вид анализатора приведен на рисунке П.А.1.

Панель управления приведена на рисунке П.А.2.

На панели управления анализатора находятся:

- кнопки управления «ПУСК», «МЕНЮ» и «ВЫБОР»;
- жидкокристаллический дисплей;
- паз для пробы.

Рисунок П.А.1 – Общий вид анализатора качества молока «Лактан 1−4 М»

Рисунок П.А.2 – Панель управления анализатора качества молока «Лактан 1−4 М»

Принцип действия анализатора **основан на измерении скорости и степени затухания ультразвуковых колебаний при прохождении их в молоке при двух различных температурах.**

Структурная схема анализатора приведена на рисунке П.А.3.

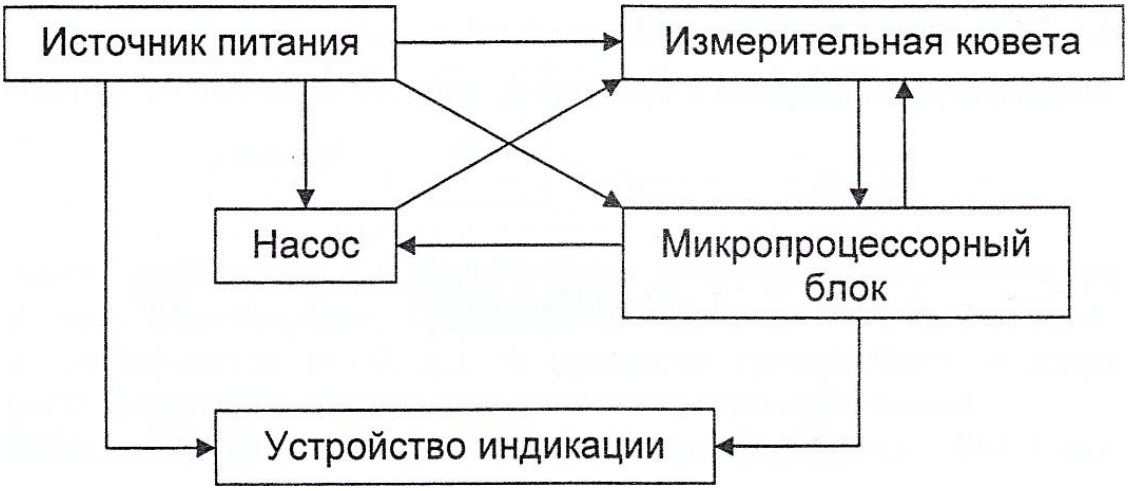


Рисунок П.А.3 – Структурная схема

Анализатор состоит из следующих функциональных блоков:

1) Источник питания – выдает необходимые напряжения для работы других функциональных блоков.

2) Микропроцессорный блок – управляет скоростью насоса, управляет работой измерительной кюветы, проводит измерения, выполняет расчет по заданному алгоритму, выдает результаты измерения на устройство индикации.

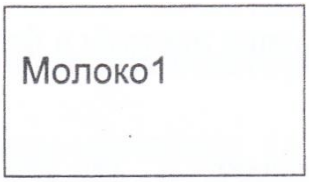
3) Насос – производит заполнение кюветы молоком и слив молока из кюветы.

4) Измерительная кювета – производит изменение и поддержание температуры молока с заданной точностью согласно заданному алгоритму, выдает импульсы для расчета скорости и степени затухания ультразвуковых колебаний при прохождении их в молоке на микропроцессорный блок.

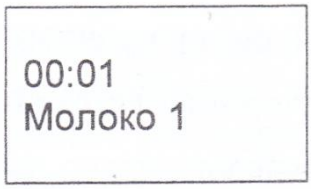
5) Устройство индикации – выводит на индикатор результаты измерения.

Использование анализатора

Перед началом измерений анализатор необходимо **прогреть**. Время прогрева – 15 мин. После прогрева анализатор готов к работе и на экране дисплея появляется сообщение:



Установите режим «Молоко 1». Поставьте в паз анализатора стаканчик с анализируемой пробой и нажмите кнопку «ПУСК». Через несколько секунд после закачивания пробы на дисплее появится текущее время измерения.



После окончания измерения проба сливается из измерительного тракта, результаты отображены на индикаторе:

Если перерыв между измерениями более часа, необходимо произвести автоматическую промывку.

По окончании работы требуется произвести полную промывку.

Данные первой пробы могут быть некорректными, так как в анализаторе остались капли воды после промывки, которые разбавили молоко.

Технические характеристики анализатора качества молока «Лактан 1–4 М» указаны в таблице П.А.1.

Таблица П.А.1 – Технические характеристики анализатора качества молока «Лактан 1–4 М»

Наименование характеристики	Показатели качества молока						
	Измеряемые					Расчетные	
	массовая доля жира, %		массовая доля СОМО, %	массовая доля белка, %	плотность, кг/м^3	точка замерзания, °С	масс. доля воды, %
1 Диапазон измерений	0–10		6–12	1,5–3,5	1000–1040	0– минус0,530	0–100
	0–5	5–10					
2 Пределы допускаемых значений систематической составляющей основной абсолютной погрешности, %	±0,05	±0,1	±0,2	±0,1	±0,3	-	-
3 Пределы допускаемых значений СКО случайной составляющей погрешности, %	±0,02	±0,03	±0,03	±0,03	±0,2	-	-
4 Среднее время измерения массовой доли жира, СОМО, белка и плотности в одной пробе молока не более 5 мин (при температуре пробы 18–25 ^{0}С). 5 Рабочий объем анализируемой пробы молока не более 25 см^3. 6 Время прогрева и установления рабочего режима анализатора не более 15 мин. 7 Время непрерывной работы не более 8 ч. 8 Мощность, потребляемая анализатором, не более 40 ВА. 9 Габаритные размеры анализатора 330х240х95 мм. 10 Масса анализатора не более 3 кг. 11 Средняя наработка на отказ не менее 10000 ч. 12 Средний срок службы не менее 8 лет.							

Примечания:

1. Расчетные показатели качества молока являются справочными и служат только для индикации наличия воды в молоке.

2. Данные по плотности отображается в сокращенном виде. Например, показание 27,32 понимать нужно как 1027,32 кг/м^3.

3. В таблице приведены данные с использованием при градуировке проб, химический состав которых определен по методу:

- для жира по ГОСТ 22760-77;
- для СОМО по ГОСТ 3626-73;
- для белка по ГОСТ 23327-78;
- для плотности по ГОСТ 3625-84;
- для точки замерзания по ГОСТ 25101-82;
- для добавленной воды по ГОСТ 25101-82.

Все значения, указанные в таблице, обеспечиваются при нормальных условиях применения.

Приложение Б

Таблица П.Б.1 – Удельные веса растворов хлористого натрия (d_4^{-10} до d_4^{80})

Процент NaCl (количество граммов хлористого натрия в 100 г раствора)	d_4^{-10}	d_4^{0}	d_4^{10}	d_4^{15}	d_4^{20}	d_4^{40}	d_4^{60}	d_4^{80}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 0,5	– –	1,000 1,004	1,000 1,003	0,999 1,003	0,998 1,002	0,992 0,996	0,984 0,987	0,974 0,977
1 2,5	– –	1,008 1,001	1,007 1,011	1,006 1,010	1,005 1,009	0.999 1.003	0,990 0,994	0,981 0,984
2 2,5	– –	1,015 1,019	1.015 1,018	1,014 1,017	1,013 1,016	1,006 1,009	0,997 1,001	0,987 0,991
3 3,5	– –	1,023 1,027	1,022 1,026	1,0211,0 25	1,020 1,023	1,013 1,016	1,004 1,007	0,994 0,998
4 4,5	– –	1,031 1,035	1,029 1,033	1,028 1,032	1.027 1,031	1,020 1,023	1,011 1,014	1,001 1,004
5 5,5	– –	1,038 1,042	1,037 1,041	1,036 1,039	1,034 1,038	1,027 1,030,	1,018 1,021	1,008 1,011
6 6,5	– –	1,046 1,050	1,044 1,048	1,043 1,047	1,041 1,045	1,034 1,037	1,024 1,028	1,015 1,018
7 7,5	– –	1,054 1,058	1,052 1,055	1,050 1,054	1,049 1,052	1,041 1,044	1,031 1,035	1,022 1,025
8 8,5	– –	1,062 1,065	1,059 1,063	1,058 1,061	1,056 1,060	1,048 1,051	1,038 1,042	1,029 1,032
9 9,5	– –	1,069 1,073	1,067 1,071	1,065 1,069	1,063 1,067	1.055 1,059	1,045 1,049	1,036 1,039
10 10,5	– –	1,077 1,081	1,074 1,078	1,073 1,076	1,071 1,074	1,062 1,066	1,052 1,056	1,043 1,046
11 11,5	– –	1,085 1,089	1,082 1,086	1,080 1,084	1,078 1,082	1,069 1,073	1,060 1,063	1,050 1,053
12 12,5	– –	1,093 1,097	1,089 1,093	1,088 1,091	1,086 1,089	1,077 1,080	1,067 1,070	1,057 1,060
13 13,5	– –	1,101 1,104	1,097 1,101	1,095 1,099	1,093 1,100	1.084 1,088	1,074 1,078	1,064 1,067
14 14,5	– –	1,108 1,112	1,105 1,109	1,103 1,107	1,101 1,105	1,090 1,095	1.081 1,065	1,071 1,074
15 15,5	1,120 –	1,116. 1,120	1,113 1,116	1,111 1,114	1,108 1,112	1,099 1,103	1,088 1,092	1,078 1,081

Окончание таблицы П.Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	1,128	1,124	1,120	1,118	1,116	1,106	1,096	1,085
16,5	–	1,128	1,124	1,122	1,120	1,110	1,100	1,089
17	1,136	1,132	1,128	1,126	1,124	1.11.4	1,103	1,092
17,5	–	1,136	1,132	1,130	1,128	1,118	1,107	1,096
18	1,144	1,140	1,136	1,134	1,132	1,122	1,111	1,100
18,5	–	1,144	1,140	1,138	1,136	1,125	1,115	1,103
19	1,154	1,148	1,144	1,142	1,139	1,129	1.118	1,107
19,5	–	1,152	1,148	1,146	1,143	1,133	1,122	1,111
20	1,161	1,156	1,152	1,150	1,147	1,137	1,126	1,114
20,5	–	1,160	1,156	1,154	1,151	1,141	1,130	1,118
21	1,169	1,164	1,160	1,158	1,155	1,145	1,134	1,122
21,5	–	1,168	1,164	1,162	1,159	1,149	1,138	1,125
22	1,178	1,172	1,168	1,177	1,163	1,153	1.141	1,129
22,5	–	1,178	1,172	1,170	1,167	1,157	1,145	1,133
23	1,186	1.181	1,176	1.174	1,171	1,161	1,149	1,137
23,5	–	1,185	1,180	1,178	1,176	1,165	1,153	1,141
24	1,195	1,189	1,185	1,182	1,180	1,169	1,157	1,144
25	–	1,197	1,193	1,190	1,188	1,177	1,165	1,152
26	–	1,206	1,201	1,199	1,196	1,196	1,173	1,160
26,4	–	1,209	1,205	1,202	1,200	1,189	1,177	1,163
26,8	–	–		1,206	1,203	1,192	1,180	1,166

Концентрацию раствора выражают: 1) количеством граммов хлористого натрия в 100 г раствора (P) или 2) количеством граммов хлористого натрия на 100 г воды (q). Между P и q существует следующая зависимость:

$$P = \frac{q}{100 + q} 100 \text{ или } q = \frac{P}{100 - P} 100.$$

С достаточной для целей производственного контроля точностью можно определить концентрацию раствора поваренной соли следующим простым способом, предложенным Подсеваловым: определив ареометром удельный вес раствора поваренной соли, берут из показания ареометра первые три цифры после запятой и, считая их за целое число, умножают на 0,13; полученное произведение показывает процентное содержание соли в растворе.

Например, удельный вес раствора, по ареометру оказался равным 1,134 при 15 °С. Берут три первые цифры после запятой (134), умножают их на 0,13 и получают 17,42 %. Содержание поваренной соли в этом растворе – 18 %.

Приложение В

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ВИСКОЗИМЕТРА BROOKFIELD RVDV-II+ PRO

Вискозиметры Brookfield – это ротационные вискозиметры, принцип работы которых основан на измерении закручивания калиброванной пружины при вращении шпинделя (цилиндра и др.) в тестируемой жидкости с постоянной скоростью. Шпиндель (рисунок П.В.1) вращается в жидкости, находящейся в контейнере, с помощью мотора, помещенного в корпус через калиброванную пружину. Вязкое трение жидкости о шпиндель определяется по закручиванию калиброванной пружины, которое измеряется датчиком угла вращения. Закручивание пружины отражается на дисплее.

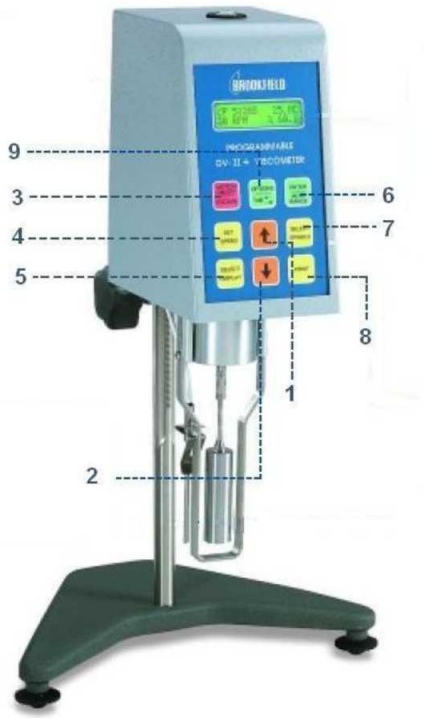


Рисунок П.В.1– Внешний вид вискозиметра Brookfield DV

Стрелка ВВЕРХ (1) используется для прокрутки в возрастающем порядке списков скоростей и измерительных шпинделей, а также меню опций (OPTIONS). Стрелка ВНИЗ (2) используется для прокрутки в убывающем порядке списков скоростей и измерительных шпинделей, а также меню опций (OPTIONS).

MOTOR ON/OFF I ESCAPE (3) – включает (ON) и выключает (OFF) двигатель вискозиметра. Функция ESCAPE служит для выхода из меню опций (OPTIONS).

SET SPEED (4) нажатие этой кнопки выводит вискозиметр на режим вращения двигателя при текущей выбранной скорости (функция работает только при включенном двигателе). Кроме того, после выбора опции *Custom Speed* эта кнопка используется для выбора скорости из полного набора.

SELECT DISPLAY (5) эта кнопка служит для выбора параметра, отображаемого на дисплее:

- ✓ cP: вязкость (сПз);
- ✓ SS: напряжение сдвига (Дин/см^2 или Н/м^2);
- ✓ SR: скорость сдвига (1/с).

ENTER I AUTORANGE (6), ENTER выполняет функцию, указанную миганием поля на дисплее, AUTORANGE – показывает максимальную вязкость (100 % момента), которую можно измерить выбранным шпинделем при текущей скорости вращения.

SELECT SPINDLE (7) – первое нажатие кнопки запускает процедуру выбора измерительного шпинделя, а повторное – выбирает шпиндель из списка.

PRINT (8) служит для выбора режима печати (если принтер подключен к вискозиметру).

OPTIONS I TAB (9) OPTIONS вызывает меню опций OPTIONS, в котором мигает опция, с которой был осуществлен последний выход из меню.

TAB – если на дисплее показан символ табуляции, то нажатие этой кнопки выполняет переключение между возможными вариантами.

Данные измерений, выводимые на дисплей:

1. Вязкость отображается в миллипаскаль-секундах (мПа·с, индикация «mPa·s») или сантипуазах (с·Пз, индикация «с·P»).
2. Напряжение сдвига отображается в ньютонах на квадратный метр (Н/м^2, индикация «N/m^2») или в динах на квадратный сантиметр (Дин/см^2, индикация «D/sm^2»).
3. Скорость сдвига отображается в обратных секундах (1/с, индикация «1/SEC»).
4. Процент закручивания калиброванной пружины отображается в процентах от полного диапазона (индикация «%»).

Технические характеристики:

При автономной работе можно попеременно и последовательно использовать 18 скоростей и выборочно – 54 скорости (по выбору оператора).

При управлении с персонального компьютера доступны скорости в диапазоне 0,01–200 об/мин (0,01–0,99 об/мин с дискретностью 0,01 об/мин, 1,0–200 об/мин с дискретностью 0,1 об/мин).

Диапазон измерения температуры: минус 100– плюс 300 °С.

Точность измерения вязкости: ± 1,0 % верхнего предела диапазона измерения.

Воспроизводимость измерения вязкости: ± 2,0 %.

Точность измерения температуры: ± 1,0 °С в диапазоне минус 100– минус 149 °С; ± 2,0 °С в диапазоне минус 150 – плюс 300 °С.

Условия эксплуатации: температура 0–40 °С, относительная влажность воздуха 20–80 %, без конденсации влаги.

Установка

1. Соберите лабораторный штатив (модель S).
2. Установите вискозиметр на штатив.
3. Подсоедините датчик температуры к разъему на задней панели вискозиметра.
4. Выставите вискозиметр по пузырьковому уровню, расположенному в верхней части вискозиметра, с помощью установочных винтов на основании штатива. При правильной установке пузырек воздуха должен находиться в установочном кольце.
5. Убедитесь, что выключатель питания на задней панели вискозиметра находится в положении OFF (выключено). Подсоедините кабель питания к разъему на задней панели прибора и вставьте вилку кабеля в сетевую розетку. Напряжение и частота сети электроснабжения должны соответствовать характеристикам, указанным на именной табличке прибора. Прибор необходимо заземлить.
6. Установите выключатель в положение ON (включено) и дайте прибору прогреться в течение 10 мин перед автоматической установкой нуля.
7. При необходимости соответствующим кабелем подключите вискозиметр к персональному компьютеру через последовательный порт.

При автономном режиме управления команды для проведения измерений необходимо вводить с помощью клавиатуры, расположенной на передней панели вискозиметра. Там же расположен дисплей, отображающий заданные параметры и результаты измерений.

Работа с прибором

Перед проведением измерений необходимо установить нуль вискозиметра. Установка приборного нуля выполняется при каждом включении вискозиметра, и в ходе процедуры на дисплее выводится информация и инструкция для оператора.

Установите выключатель питания, расположенный на задней панели, в положение «включено» («ON»). Через несколько секунд на дисплей выводится номер версии микропрограммного обеспечения и двухзначный буквенный код («RV»), который обозначает измерение вязкости в диапазоне средних значений.

Через некоторое время на дисплее будет выведено сообщение о необходимости удаления шпинделя с последующим нажатием любой кнопки («REMOUVE SPINDLE PRESS ANY KEY»). Снимите шпиндель и нажмите на любую кнопку, – запускается процедура автоматической установки нуля прибора. В ходе процедуры на дисплее будет мигать сообщение «AUTOZEROING».

По истечении приблизительно 15 с на дисплее будет выведено сообщение о необходимости установки шпинделя с последующим нажатием на любую кнопку: «REPLACE SPINDLE PRESS ANY KEY».

Установите измерительный шпиндель и нажмите на любую кнопку, – на дисплее появится «стандартный» информационный экран вискозиметра DV-II+ Pro. Конкретный вид стандартного экрана зависит от выбора единиц измерения вязкости (сПз или мПа·с) и температуры (°F или °C).

Выбор шпинделя

Вискозиметр RVDV-II+ Pro поставляется с набором из шесть шпинделей и широкой защитной рамкой. Измерительный шпиндель устанавливается в вискозиметр навертыванием на нижний вал. Нажатие кнопки SELECT SPINDLE выводит на дисплей текущий код выбранного шпинделя вместо температуры и символ «S» слева от кода, мигающий в течение 3 с. Если при мигающем «S» нажать кнопку СТРЕЛКА ВВЕРХ или СТРЕЛКА ВНИЗ, то двухзначное значение кода начинает изменяться в возрастающем или убывающем порядке соответственно при каждом нажатии кнопки. Когда на дисплее появляется код нужного шпинделя, отпустите стрелочную кнопку для прекращения прокрутки списка, и снова нажмите на кнопку SELECT SPINDLE; при этом новое значение кода шпинделя запоминается для использования в расчетах и прекращается мигание символа «S».

Выбор скорости вращения

В вискозиметре DV-II+ Pro запрограммирован набор из 54 скоростей вращения. Оператор может выбрать попеременный рабочий набор скоростей (Interleave Speed Set). Для этого необходимо нажать кнопку OPTIONS I TAB и выбрать с помощью стрелочных кнопок команду SETUP затем ENTER, выбрать пользовательский набор скоростей CUSTOM SPEEDS, затем ENTER и с помощью стрелочных кнопок и кнопки SET SPEED выбрать необходимые скорости вращения. Выход из меню установок осуществляется нажатием кнопки ENTER.

Для выбора скорости вращения из принятого списка нажмите сначала кнопку СТРЕЛКА ВВЕРХ или СТРЕЛКА ВНИЗ для вывода на дисплей значения текущей выбранной скорости справа от индикатора «RPM». Если стрелочная кнопка нажата только один раз и сразу отпущена, символы «RPM» будут мигать в течение 3 с, после чего дисплей примет прежний вид (т. е. изменение скорости вращения не произойдет). С помощью стрелочных кнопок оператор может выбирать значение следующей скорости в процессе измерения вязкости. Нажатие кнопки SET SPEED выводит вискозиметр на новую скорость вращения. Нажатие кнопки MOTOR ON/OFF I ESCAPE сразу же запускает двигатель на скорости, которая была последней в процессе просмотра списка.

Выбор отображаемого параметра

Реологические данные (вязкость, напряжение сдвига и скорость сдвига) отображаются в левой части верхней строки дисплея. Выбор отображаемого параметра осуществляется нажатием кнопки SELECT DISPLY в следующей последовательности: напряжение сдвига (SS) в Дин/см^2 или Н/м^2, скорость сдвига (SR) в 1/с, вязкость сПз или мПа·с. Если значение вязкости превышает 99999, то используется экспоненциальная нотация (например, 123e3 = 123000).

Используя опцию SETUP (при нажатии клавиши OPTIONS I TAB), оператор может выбрать систему единиц измерения (СГС или СИ), которая будет использоваться для вывода данных на дисплей.

Автоматическое определение диапазона

В режиме стандартного дисплея кнопка ENTER I AUTORANGE позволяет выполнить автоматическое определение диапазона измерения (отсчет полной шкалы), т. е. определить максимальную расчетную вязкость для данной комбинации шпиндель/скорость вращения. Нажатие и удержание кнопки в любой момент выводит на дисплей вместо значения текущей вязкости значение максимальной вязкости. Для индикации этого режима отображения в поле момента (%) появляется мигающий отсчет «100 %», а в поле температуры – код шпинделя.

Примечания:

1. Если скорость вращения равна 0,0, то максимальная вязкость также равна 0,0.

2. Когда вискозиметр находится в режиме AUTORANGE, данные, посылаемые на подключенный принтер или компьютер, соответствуют значениям на дисплее.

3. Функция AUTORANGE доступна только в режиме стандартного дисплея.

Выход за пределы диапазона

Вискозиметр DV-II+ Pro обеспечивает индикацию выхода за пределы диапазона измерения (когда отсчет момента (%) превышает 100 (перегрузка)). Для снятия перегрузки необходимо уменьшить скорость вращения или заменить шпиндель. Если Вы работаете при скорости вращения, которая дает отсчет момента ниже 10,0 % (недогрузка, снижение точности измерения), на дисплее мигают символы-индикаторы % (процент закручивания), cP (вязкость), SS (напряжение сдвига), SR (скорость сдвига).

Отображение температуры

Вискозиметр DV-II+ Pro обеспечивает вывод на дисплей значения температуры, измеряемой термометром сопротивления (датчик RTD из комплекта прибора). В зависимости от настройки (меню OPTIONS) температура отображается в градусах Цельсия (°C) или Фаренгейта (°F) в правом верхнем углу дисплея. Если датчик температуры отсоединен, то на дисплей в правом верхнем поле выводится «- - - C» для индикации отключения датчика.

Обработка результатов измерений

Процедура обработки результатов измерений зависит от цели и объектов исследования, а также параметров измерений. Наиболее часто предпринимаются следующие шаги:

1. Определение погрешности результатов измерений.

2. Подбор математической модели наиболее точно описывающей экспериментальные данные.

3. Интерпретация закономерностей изменения реологических характеристик.

Определение погрешности результатов измерений

Если необходимо сравнить результаты двух единичных измерений, следует знать погрешность каждого измерения. При этом результаты двух измерений можно считать значимо отличающимися друг от друга только в том случае, если доверительный интервал, определяемый диапазоном [п - е; п + е] (где е составляет 1 % от верхнего предела диапазона измерений), для первого значения не будет иметь общих точек с доверительным интервалом для второго значения. Верхний предел диапазона измерений можно определить, используя опцию ENTER I AUTORANGE («Автоматическое определение диапазона»), либо рассчитать по формуле:

D=TK-SMC (10000/RPM),

где *D* – верхний предел диапазона измерений, в мПа·с или сПз; *TK* – коэффициент упругости пружины (для модели RVDV-II+ Pro равен 1,0); *SMC* – коэффициент шпинделя (значения указаны в таблице П.В.1); *RPM* – скорость вращения шпинделя, об/мин.

Для получения более точных значений с небольшим доверительным интервалом необходимо так подбирать параметры измерений (сочетание скорость вращения / шпиндель), чтобы измеряемое значение вязкости было как можно ближе к верхнему пределу диапазона измерений.

Таблица П.В.1 – Коды измерительных шпинделей и диапазоны вязкости

Адаптер	Шпиндель	Диапазон вязкости, мПа^с	Код	SMC	SRC
(базовая комплектация)	1	100–40 000 000	01	1	0
	2		02	4	0
	3		03	10	0
	4		04	20	0
	5		05	40	0
	6		06	100	0
	7		07	400	0
ULA (адаптер для низкой вязкости)	ULA-15	3,23–2000	00	0,64	1,223
SSA (адаптер для малых образцов)	SC4-29	500–10 000 000	29	100	0,25
Стойка спирального движения с Т-образными шпинделями	T - A	2 000–2 000 000	91	20	0
	T - B	4 000–4 000 000	92	40	0
	T - C	10 000–10 000 000	93	100	0
	T - D	20 000–20 000 000	94	200	0
	T - E	50 000–50 000 000	95	500	0
	T - F	100 000–100 000 000	96	1000	0

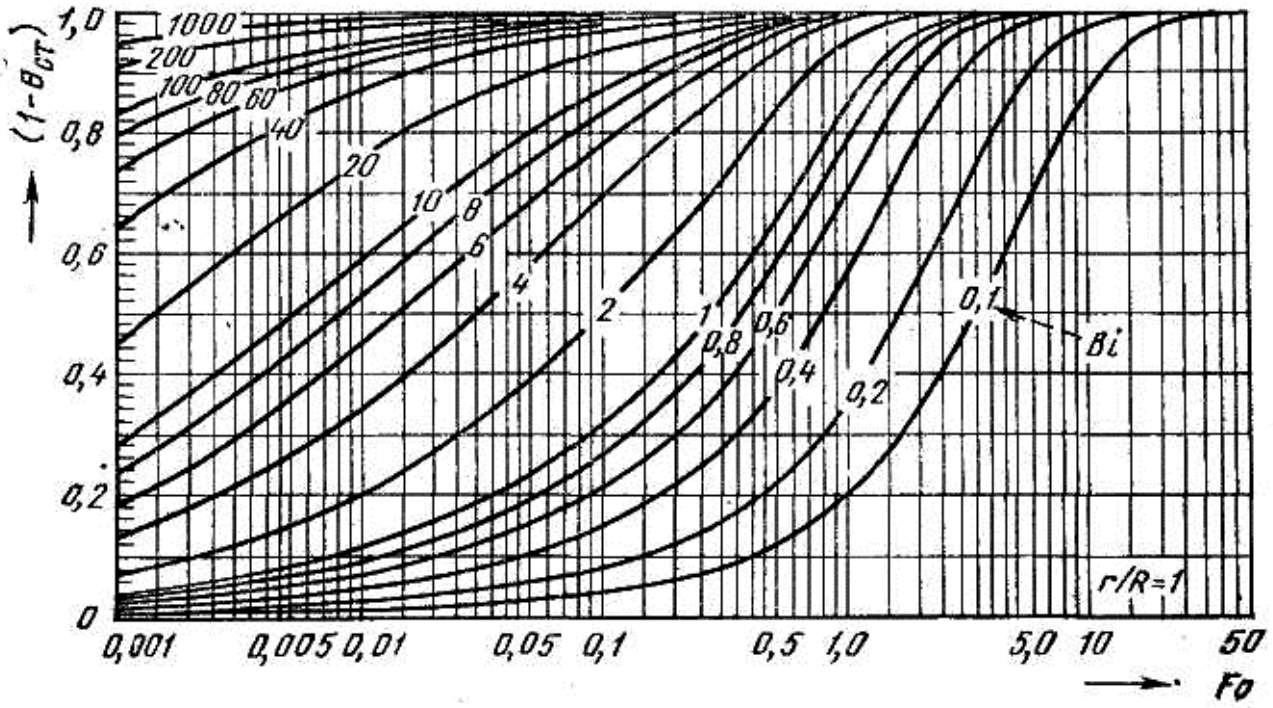


Рисунок П.Г.1 – Номограмма для поверхности пластины

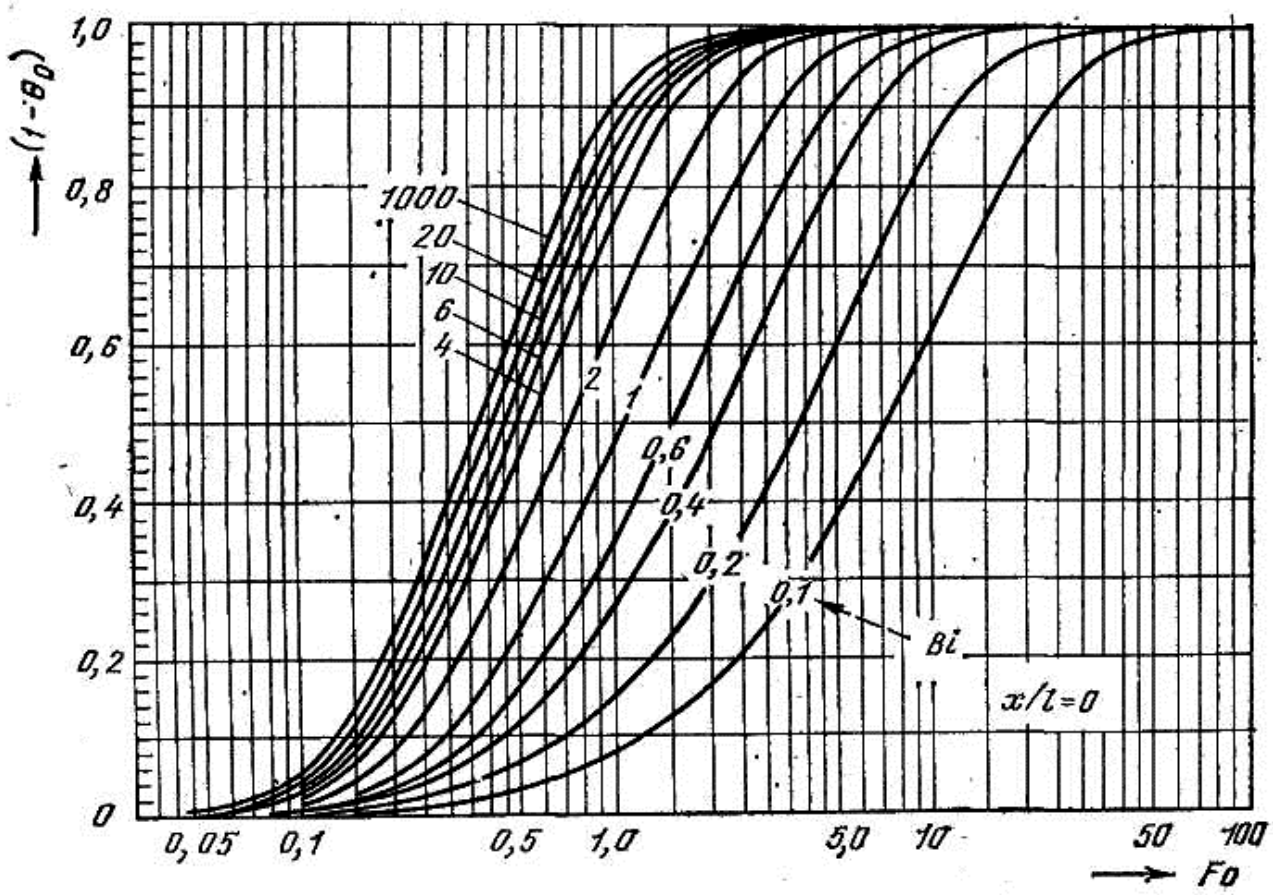


Рисунок П.Г.2 – Номограмма для средней плоскости пластины

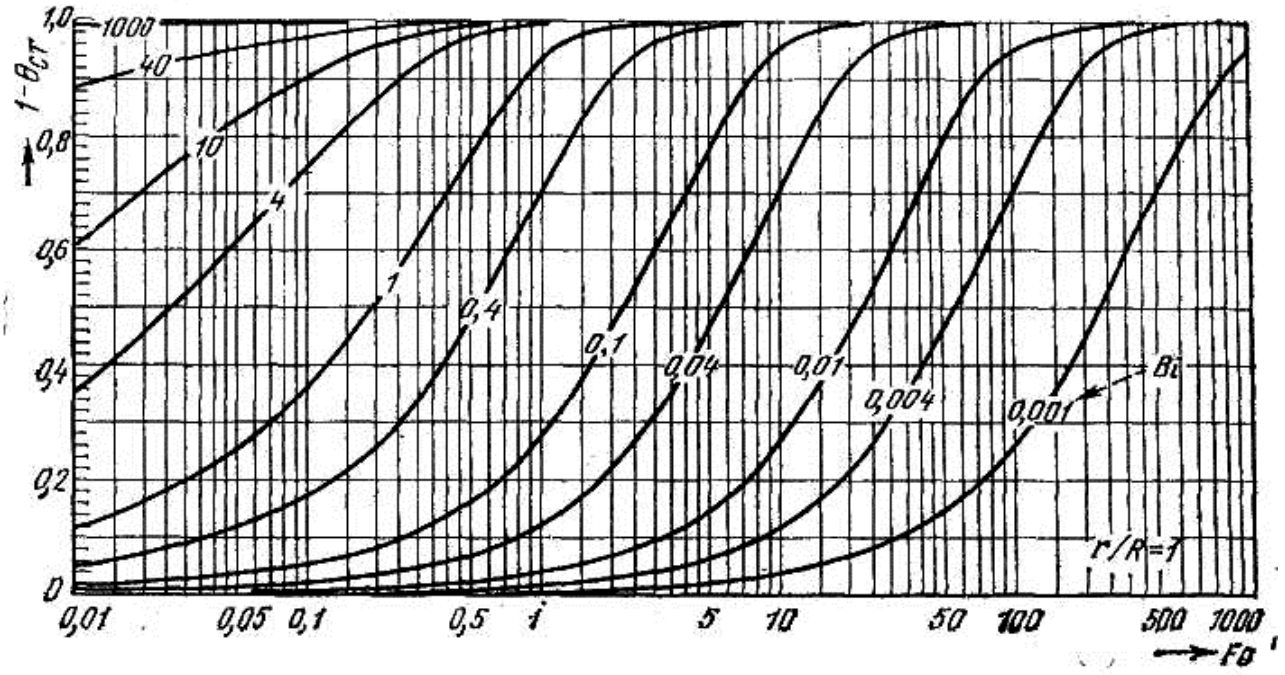


Рисунок П.Г.3 – Номограмма для поверхности шара

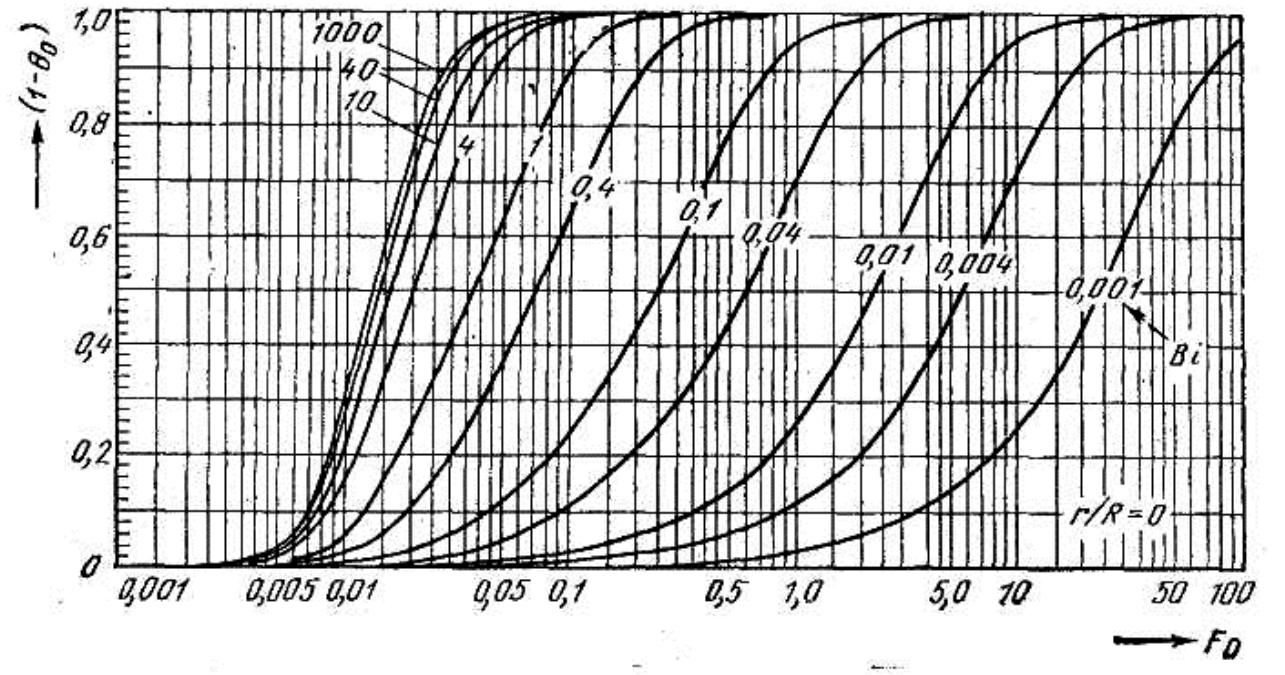


Рисунок П.Г.4 – Номограмма для центра шара

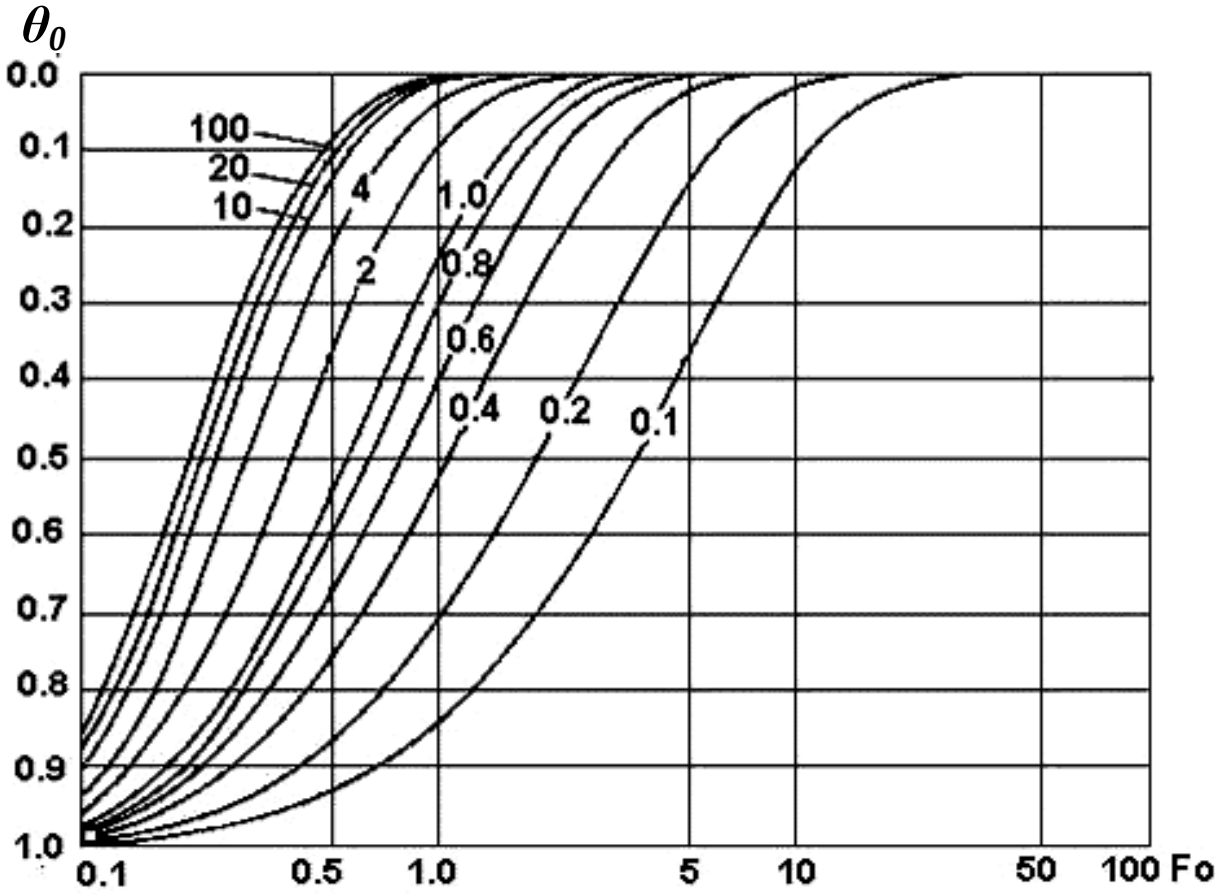


Рисунок П.Г.5 – Номограмма для центра цилиндра

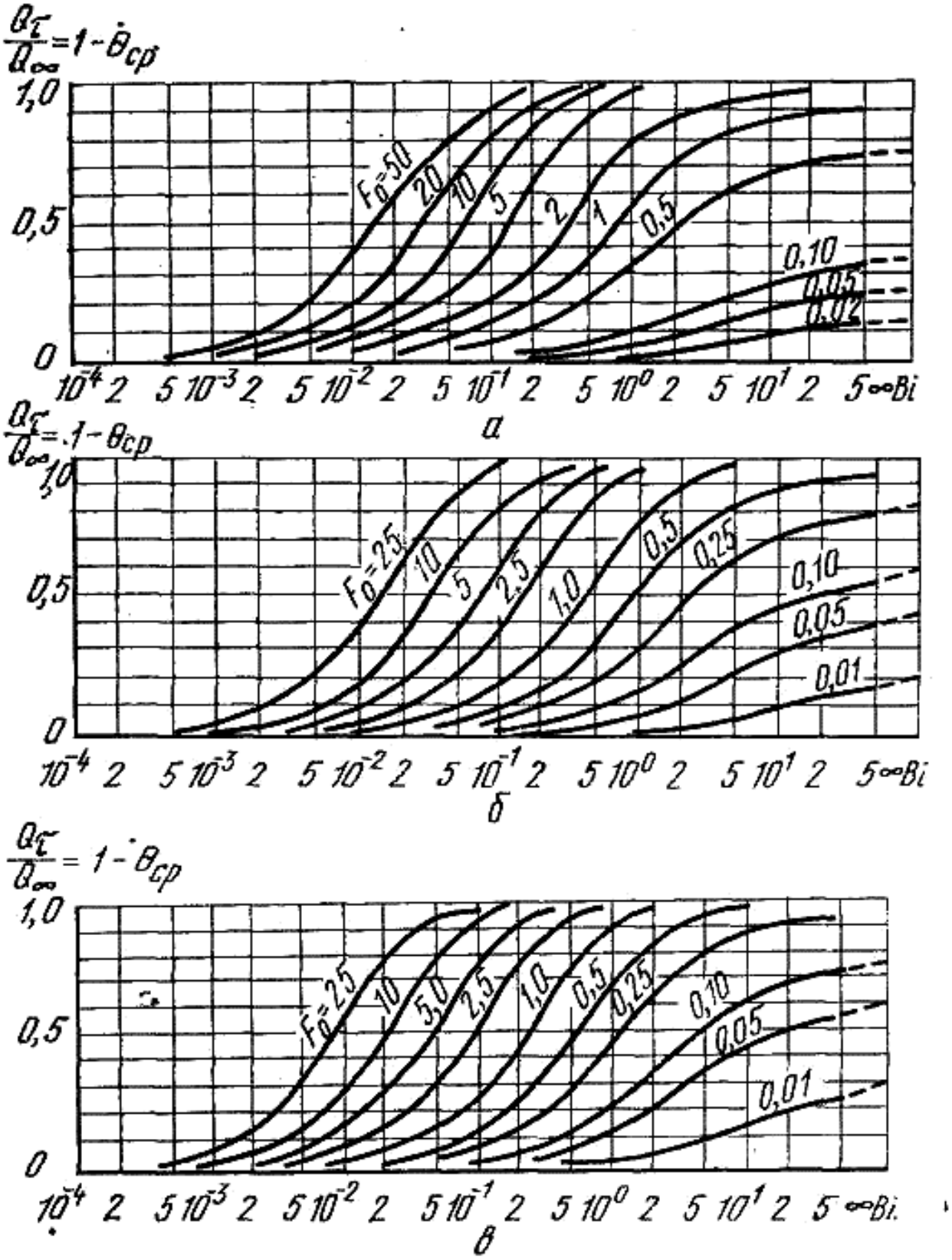


Рисунок П.Г.6 – Номограммы для безразмерной среднеобъемная температура для пластины (а), цилиндра (б) и шара (в)

Учебное издание

Марина Николаевна Альшевская
Оксана Вячеславовна Анистратова
Маргарита Эдуардовна Мошарова

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Редактор Е. Билко

Подписано в печать 17.05.2022 г. Формат 60×90 (1/16). Уч.-изд. л. 18,9.
Печ. л. 15,8. Тираж 50 экз. Заказ № 23

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1