

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кемеровский государственный университет»

*На правах рукописи*

**КОРОТКИХ ПАВЕЛ СЕРГЕЕВИЧ**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ  
ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В СРЕДЕ,  
ОБОГАЩЕННОЙ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА**

4.3.3. Пищевые системы

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Научный руководитель:**  
доктор технических наук, доцент  
Неверов Евгений Николаевич

Кемерово 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	8
1.1. История развития и современное состояние производства вяленой и копченой рыбы.....	8
1.2. Производство вяленой и копченой рыбы и способы ее хранения и реализации.....	15
1.3. Научные и практические аспекты способов уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы в процессе хранения .....	25
1.4. Выводы по обзору литературы .....	38
ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	39
2.1. Направление экспериментальных исследований и схема их проведения.....	39
2.2. Расчет времени сублимации диоксида углерода .....	46
2.3. Разработка балльной шкалы для оценки органолептических показателей качества вяленой и копченой рыбы.....	60
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	70
3.1. Влияние пищевых пленкообразующих покрытий на ингибирование развития микроорганизмов и увеличение срока хранения вяленой и копченой рыбы в процессе хранения.....	70
3.2. Влияние пищевых покрытий на основе моноглицерида на гидролитические и окислительные изменения поверхностного жира рыбы при холодильном хранении и уменьшение потери массы в процессе усушки.....	81
3.3. Влияние физико-химических свойств CO <sub>2</sub> на сохранение качества, увеличение срока хранения и уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы в процессе хранения .....	89

3.4. Совершенствование методов расчета обезвоживания в процессах хранения вяленой и копченой рыбы.....	106
<b>ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ</b>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	111
4.1. Расчет ожидаемой экономической эффективности от внедрения технологии уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы.....	111
4.2. Производственные испытания усовершенствованной технологии хранения вяленой и копченой рыбы с применением диоксида углерода .....	115
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ</b> .....	117
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	119
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	134

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Проблема голода в мировом масштабе далека от своего решения. Причем глобальные тенденции свидетельствуют о росте дефицита пищевых ресурсов в перспективе. В то же время до 40 % произведенного в мире продовольствия теряется вследствие несоблюдения условий хранения в результате порчи. При этом природные, технологические и климатические факторы ограничивают дальнейшее валовое увеличение производства сельскохозяйственной продукции. Таким образом, следует значительно больше внимания уделять развитию технологий длительного хранения произведённой пищевой продукции. А совершенствование технологических подходов при хранении продовольственных ресурсов, основанных на нетрадиционных технологических принципах, приобретает особую значимость.

Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20 утверждена Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Она составлена на основе положения Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года и формулирует ряд задач, решение которых обеспечит продовольственную безопасность нашего государства.

Важнейшими из задач являются:

- обеспечение населения качественной и безопасной пищевой продукцией;
- устойчивое развитие и модернизация сельского и рыбного хозяйства и инфраструктуры внутреннего рынка;
- формирование высокопроизводительного сектора, развивающегося на основе современных технологий, обеспеченного научными работниками и высококвалифицированными специалистами.

Рыбная продукция составляет важную часть рациона значительной группы населения. При этом продолжительность хранения рыбной продукции ограничена. В процессе хранения вяленой и копченой рыбы протекают окислительные, протеолитические и физико-химические процессы, связанные с

потерей влаги, в результате чего появляются потери массы продукта, «усушка». Данный процесс может быть связан с воздействием воздуха или хранением рыбы в слишком сухой среде. Со временем могут разрушаться и денатурировать белки, что приводит к потере массы и уменьшению размеров. Этот процесс известен как автолиз и является естественной частью процесса порчи рыбы. Рост бактерий на поверхности рыбы может привести к выработке ферментов, разрушающих ткани рыбы, что приводит к потере объема и уменьшению размеров. Этот процесс известен как протеолиз. Режим холодильной обработки: образующиеся кристаллы льда могут повредить клеточные мембраны, что приведет к потере влаги и уменьшению массы.

В пищевой промышленности недостаточно методов, снижающих потери массы копченой рыбы при хранении. В основном используют различные виды упаковки: полиэтиленовые пакеты, вакуумную упаковку, стекло. Но эти методы не обеспечивают заданных показателей по уменьшению усушки или приводят к органолептическим изменениям, снижению качественных показателей, ухудшению уровня микробиологической безопасности и значительному увеличению стоимости готового продукта. Задачи, связанные с совершенствованием технологии хранения вяленой и копченой рыбы, являются актуальными, и их решение позволит внести значительный вклад в организацию поставок рыбной продукции в различные регионы страны, существенно снизить потери.

**Степень разработанности темы.** Проблематика изучения методов снижения производственных потерь при хранении рыбы и рыбной продукции представлена в исследованиях таких ученых, как: Л. С. Абрамова, А. Л. Тихонов, И. А. Рогов, В. И. Курко, Г. И. Фатыхов, В. А. Касьянов, А. М. Оноприйко, Ю. Т. Ершов, В. А. Глазунов, Ю. В. Гроховский, А. Ю. Просеков, Д. А. Висков, И. Э. Пономаренко, М. А. Бражная, В. А. Ершов, А. В. Соколов, О. В. Бредихина, В. Г. Будина, А. Т. Васюкова, В. А. Громова, В. А. Гроховский, Cho S.V., Devahastin S., Prior B., Wasson D.H. и другие.

**Цель работы** – совершенствование научно-практических аспектов

хранения вяленой и копченой рыбы, разработка новых методов снижения усушки основанных на применении пищевых покрытий и диоксида углерода при обеспечении высоких показателей качества.

**Задачи работы:**

– разработать методику определения продолжительности сублимации прессованного снегообразного сухого льда и составить ее математическое описание;

– исследовать влияние пищевых покрытий и режимов хранения вяленой и копченой рыбы на сохранность влаги и физико-химические свойства;

– выявить закономерности изменения микробиологических показателей вяленой и копченой рыбы при хранении и разработать многофакторную балльную систему органолептической оценки вяленой и копченой рыбы;

– изучить особенности дегидратации вяленой и копченой рыбы в среде, обогащенной диоксидом углерода, и составить математическую модель влагопотерь при хранении рыбной продукции;

– разработать рациональные технологические параметры хранения рыбной продукции, применяя различные способы сокращения усушки;

– провести испытания новой технологии обработки и хранения вяленой и копченой рыбы в условиях производства, разработать и утвердить пакет технической документации на способы хранения вяленой и копченой рыбы и рассчитать размер выгоды от предложенной технологии.

**Научная новизна работы.** Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 5, 11, 15, 27 и 38 паспорта специальности ВАК 4.3.3 Пищевые системы.

Выявлено влияние покрытий на основе хитозана и моноглицерида на величину усушки вяленой и копченой рыбы.

Доказано, что применение диоксида углерода обеспечивает снижение усушки и способствует увеличению продолжительности хранения.

Выявлены закономерности сублимации твердого диоксида углерода. На основании энергетического баланса и при условии квазистационарного процесса

на границе фаз сухого льда и воздуха разработана методика расчета продолжительности сублимации прессованного снегообразного диоксида углерода.

Установлены закономерности изменения массы вяленой и копченой рыбы в процессе хранения в среде диоксида углерода.

Построена модель потери влаги вяленой и копченой рыбы при хранении в среде диоксида углерода.

**Техническая новизна работы** подтверждена патентами:

Способ хранения вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода (Пат. № 2728222РФ, МПКА23В4/00(2006.01).

Установка для транспортировки продуктов в среде диоксида углерода (Пат. № 2723500 РФ, МПК В65D88/74 (2006.01).

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Предложена эффективная технология хранения вяленой и копченой рыбы в среде, обогащенной диоксидом углерода. Установлены нормы расхода диоксида углерода.

Разработаны и утверждены ТУ и ТИ № 10.20.23-280-02068309-2021 «Рыба вяленая, хранимая в среде диоксида углерода», применение которых востребовано производственными и торговыми предприятиями, что подтверждено испытаниями в условиях реального производства организаций ООО «Алинкино», ООО «Инноватор» и ООО «Технохолд» Кемеровской области. Проведенные испытания показали рациональность и эффективность предложенных методик.

Полученные результаты используются в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» при подготовке бакалавров по направлениям 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения и 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания. А также в магистерских программах 16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения и 15.04.02 Технологические машины и оборудование.

**Методология и методы исследования.** Исследование состоит из

теоретического, экспериментального и практического блоков. Для реализации поставленных задач применялись современные методики сбора и статистической обработки исходной информации и экспертных исследований; экспериментальные данные исследований выполнены с применением стандартных методик, оборудования и приборов, с последующей статистической обработкой результатов.

**Положения, выносимые на защиту.** Обоснование использования пищевых покрытий и диоксида углерода для уменьшения усушки и обеспечения стабильности органолептических показателей при хранении вяленой и копченой рыбы.

Математическое описание и аналитическая методика определения продолжительности сублимации прессованного снегообразного сухого льда, используемого в технологии хранения вяленой и копченой рыбы.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 17 научных работ, в том числе 3 публикации в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 5 статей – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей – в материалах конференций, также получены 2 патента РФ на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора научно-технической и патентной литературы, методической и экспериментальной частей, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 151 странице машинописного текста, содержит 27 рисунков, 16 таблиц, 11 приложений. Список литературы содержит 128 источников.



## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1. История развития и современное состояние производства вяленой и копченой рыбы

Согласно данным за 2020 год в РФ было изготовлено 3644 тонн рыбы и продуктов из нее (исключая консервы, полуфабрикаты и готовые блюда). В 2019 году отечественные предприятия произвели 3681 тонн рыбы. Следовательно, можно сделать вывод о некотором снижении показателей в представленной отрасли на значение около 1 % (Рисунок 1.1).

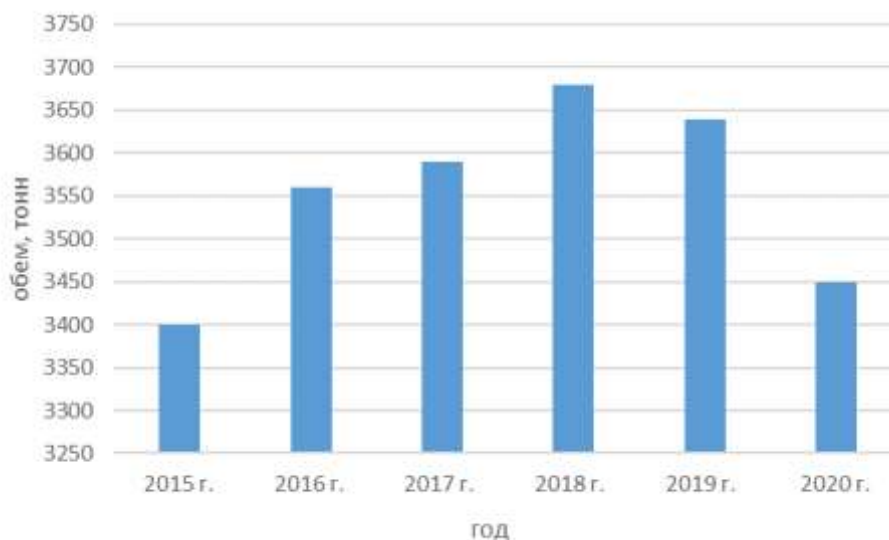


Рисунок 1.1 – Темпы производства рыбы в РФ

В январе–марте 2020 года производство рыбы было на уровне 1095 тонн, что выше показателей аналогичного периода 2019 года на 5,8 % (1034 тонн). Это является весьма неплохим показателем для отечественной рыбной промышленности в условиях ухудшающихся общих макроэкономических условий и спада 2019 года. Увеличение объемов внутреннего производства обусловлено главным образом санкциями и девальвацией рубля, приведшей к значительному подорожанию импорта [49].

В структуре внутреннего производства в 2020 году наибольшая доля приходилась на мороженую рыбу – 59,4 % от общего объема (Рисунок 1.2).

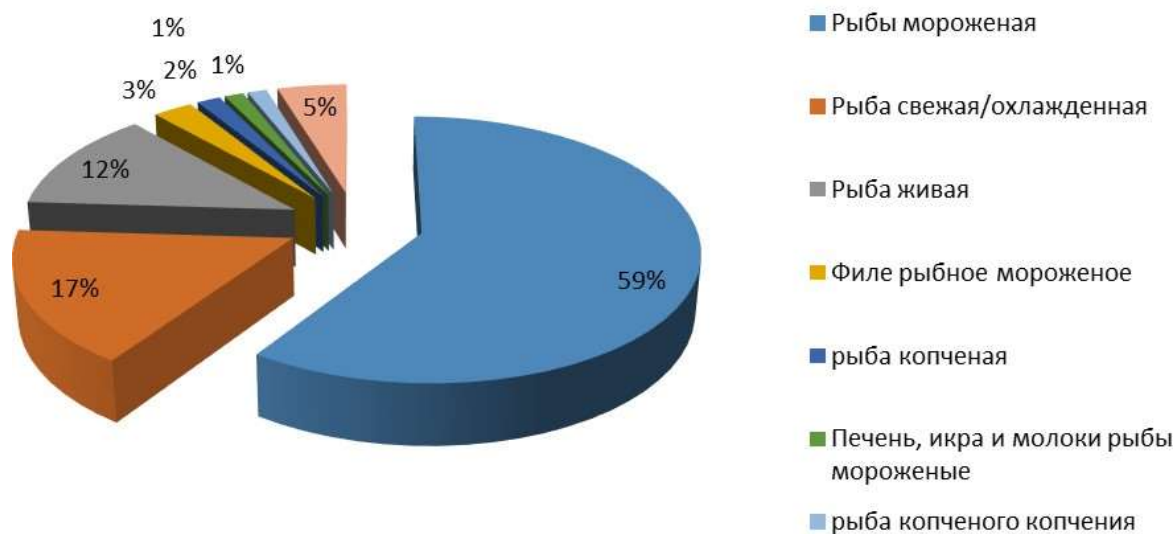


Рисунок 1.2 – Структура внутреннего производства рыбы в 2020 году

Далее следуют свежая или охлажденная рыба (16,5 %), живая рыба (12,4 %), мороженое рыбное филе (2,7 %), копченая рыба (1,6 %), мороженые печень, икра и молоки рыбы (1,3 %), рыба холодного копчения (1,3 %). Оставшиеся 4,7 % составляют другие типы рыбной продукции, в том числе рыба соленая (различного посола), вяленая, копчения различного вида и способов, снеки рыбные и т. д.

Статистические данные за предшествующий год содержат сведения о наметившейся тенденции на уменьшение производства по следующим позициям: мороженая рыба – на 1,1 %, свежая и охлажденная рыба – на 8,5 %, живая рыба – на 32,1 %, филе рыбное мороженое – на 3,4 %. (рисунки 1.3, 1.4) [8].

Однако стоит отметить, что за аналогичный период возросло количество продукции следующего вида: копченой рыбы – на 1,3 %, вяленой рыбы – на 21,2 %, филе рыбного свежего или охлажденного – на 24,2 %, рыбы специального посола – на 74,8 %, специального посола – на 74,8 %.

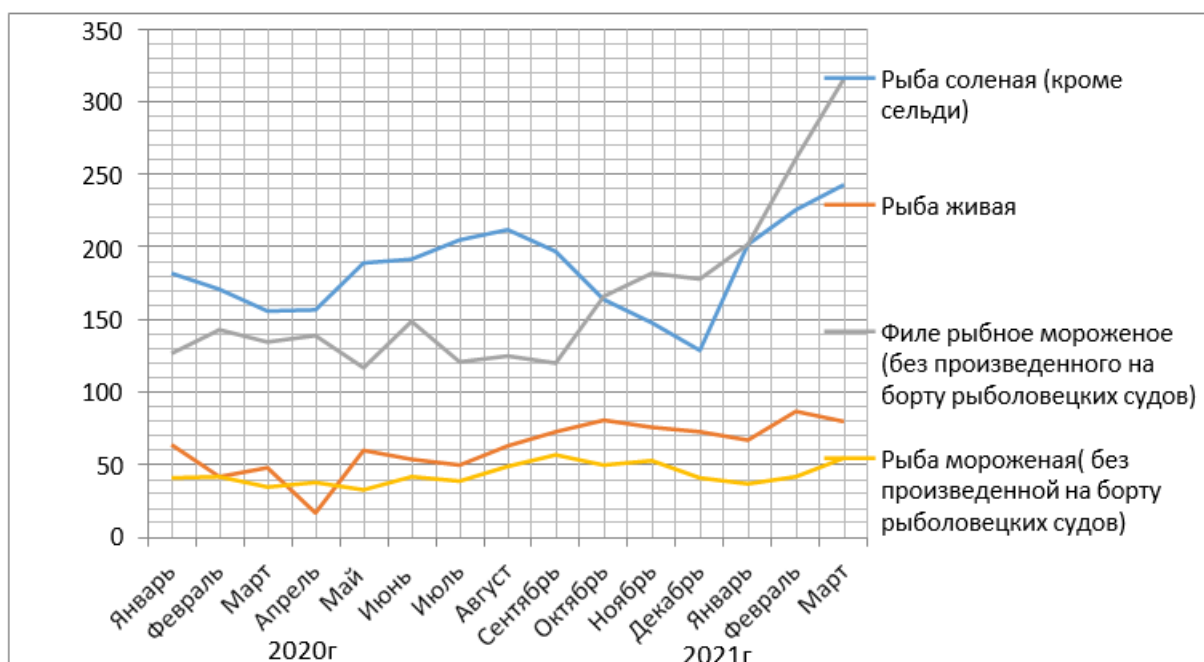


Рисунок 1.3 – График выпуска рыбной продукции

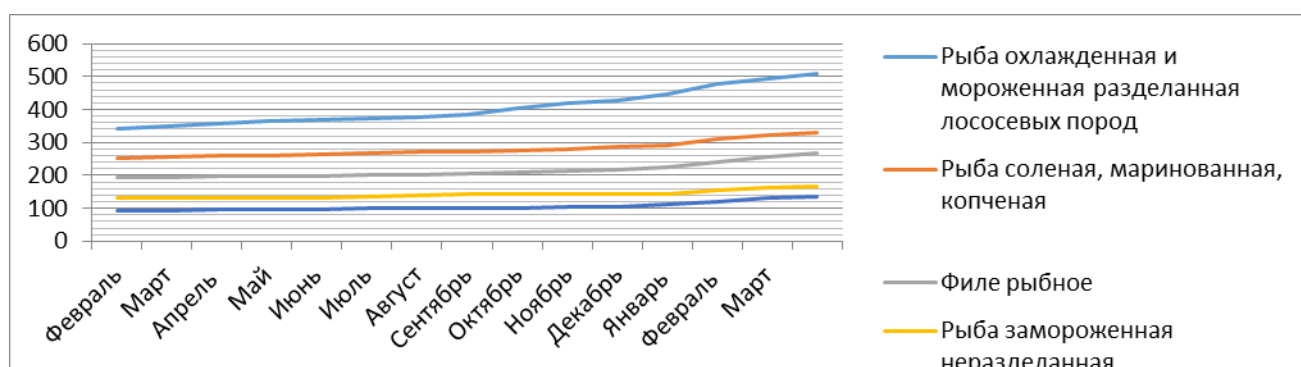


Рисунок 1.4 – График выпуска рыбной продукции

Среди крупнейших предприятий по непосредственному вылову рыбы в РФ можно выделить следующих лидеров рынка: ОАО «Океанрыбфлот» (Камчатский край), ООО «Юникс» (Мурманская обл.), ОАО «Находкинская база активного морского рыболовства» (Приморский край), ПАО «Мурманский траловый флот» (г. Мурманск) и ЗАО «Курильский рыбак» (Сахалинская обл.) (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Крупнейшие рыбодобывающие предприятия

№ КОМПАНИИ	ВЫРУЧКА, млн руб.	ПРИРОСТ ВЫРУЧКИ,%	ДОЛИ РЫНКА,%
1. ОАО «Океанрыбфлот» (Камчатский край)	6594,1	-14,1	3,6
2. ООО «Юникс» (Мурманская обл.)	6059	5,7	3,3
3. ОАО «Находкинская база активного морского Рыболовства» (Приморский край)	5704,4	-3,1	3,1
4. ПАО «Мурманский траловый флот» (г.Мурманск)	5093,5	5	2,8
5. ЗАО «Курильский рыбак» (Сахалинская обл.)	3374,8	5,9	1,8

Низкая доля рынка, которую в совокупности занимают эти компании, говорит о наличии множества более мелких игроков и отсутствии монопольного поставщика.

Основные производители рыбной продукции: ЗАО «Балтийский берег» (Ленинградская область), ОАО «ПКП «Меридиан» (Московская область), ООО «Флагман» (Москва) и другие.

Суммарная прибыль от продаж и российской рыбной продукции за описанный период в стоимостном выражении 2,2 млрд долларов, что на 7 % меньше. Таким образом, по итогам прошлого года, Россия снизила экспорт рыбы как в натуральном, так и в стоимостном выражении.

Импорт рыбы за минувший год также снизился как в натуральном, так и в денежном выражении – на 16,2 %. К этому привело общее обострение геополитической ситуации вокруг Украины – санкции, торговые войны, а девальвация национальной валюты привела к существенному подорожанию импортной продукции [34].

Импортная рыба поступает в нашу страну в основном из Норвегии, Исландии, Чили, Фарерских островов и Китая – в 2018 году на их долю приходилось 67,2 % всего объема импорта в натуральном выражении, или 437,1 тыс. тонн.

На долю этих пяти государств приходится 95,3 % от общего объема поставок в натуральном выражении (1188 тонн).

Таблица 1.2 – Крупнейшие компании импортеры рыбы

№ КОМПАНИИ	ВЫРУЧКА, млн руб.	ПРИРОСТ ВЫРУЧКИ, %	ДОЛИ РЫНКА, %
1. ЗАО «Балтийский берег» (Ленинградская область)	6936,1	26,4	6,7
2. ОАОПКП «Меридиан» (Московская область)	6891,6	13,6	6,6
3. ОАО «Рыбообрабатывающий комбинат № 1» (Санкт-Петербург)	5467,9	11,8	5,3
4. ООО «Вичюнай-Русь» (Калининградская обл.)	5227,4	8,8	5
5. ООО «Флагман» (Московская обл.)	4116,7	нет данных	4

Структура экспорта рыбы из России выглядит следующим образом: 94 % приходится на мороженую рыбу, а 6 % – на филе и прочее мясо рыбы. Структура импорта рыбы в РФ несколько иная: 68 % в натуральном выражении приходится на мороженую рыбу, а 19 и 13 % – соответственно, на рыбное филе и свежую или охлажденную рыбу (Рисунок 1.5).

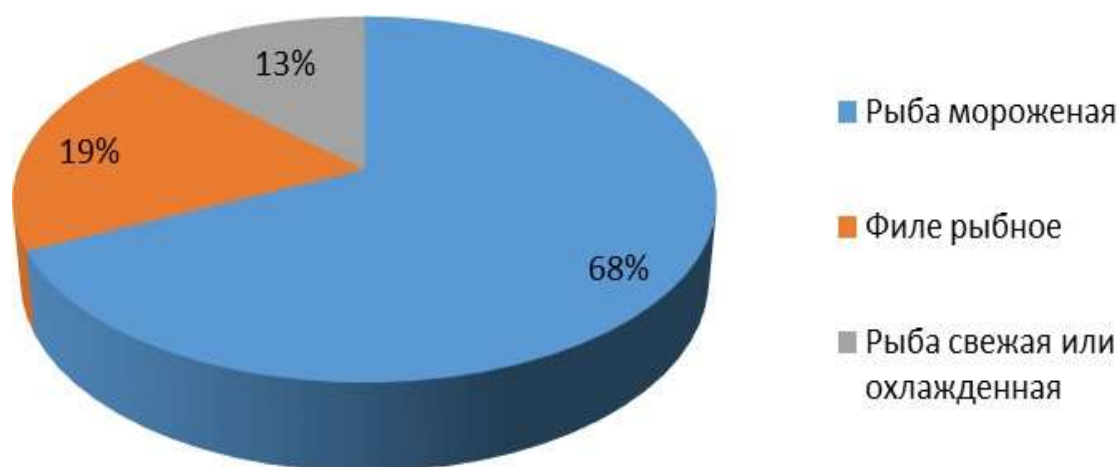


Рисунок 1.5 – Структура рынка ввоза в РФ рыбы в 2020 году

Несмотря на то, что в структуре производства товарной аквакультуры в России основная доля до сих пор принадлежит карповым, а лососевые занимают второе место, их доля в производстве в последние годы возрастает. Так, в 2019 году производство карповых рыб в нашей стране составило 145 тыс. тонн или 61 %, а лососевых – 66,6 тыс. тонн (28 %). В 2021 году производство карповых



объект холодноводной аквакультуры, причем хозяйства Ленинградской области располагают как отселекционированной формой данного вида, адаптированной для искусственных условий выращивания (Норвегия), так и озерной формой, ведущей происхождение от представителей природной популяции (ладожская паляя). Лососеводство в Северо-Западных регионах России имеет большие перспективы для дальнейшего развития с использованием современных промышленных технологий и активного введения в аквакультуру разнообразных объектов [6].

В случае разработки и реализации программ государственной поддержки предприятий рыбокомплекса есть все основания полагать, что через довольно непродолжительный промежуток времени российские предприятия компенсируют образовавшуюся прежде всего по причине роста цен на рынке недостачу.

## **1.2. Производство вяленой и копченой рыбы и способы ее хранения и реализации**

Рыба хорошо усваивается, калорийность рыбы в 4–5 раз ниже, чем у животных. В эпоху научно-технического прогресса, когда процесс производства и хранения требует соблюдения определенных условий: температуры, влажности, скорости циркуляции воздуха и давления, при сохранении этих параметров холодильные установки занимают не последнее место. С момента изобретения первой машины для низких температур прошло много времени. За это время сфера их применения значительно расширилась, в пищевой холодильной промышленности температурный диапазон охватывает диапазон от положительных температур до температур, близких к 160 °С [12].

Перспективным является использование высокоэффективных технологий и оборудования для холодильной обработки, транспортировки и хранения рыбы с использованием экологически чистых криогенных хладагентов, адсорбентов, позволяющих производить качественные продукты, предназначенные для хранения охлажденными. При употреблении рыбы в пищу наибольшую ценность представляет мышечная ткань [10].

Лосось в вакуумной упаковке имеет более длительный срок хранения, чем слабосоленый лосось, поскольку вакуумная упаковка способствует уменьшению роста микроорганизмов и замедляет разложение рыбы. Лосось в вакуумной упаковке обычно может храниться до месяца, хотя для оптимального качества лучше употреблять его как можно скорее.

Сельдь, хранящаяся в слабом или концентрированном рассоле, может храниться от 2 до 4 недель, в зависимости от концентрации соли. Более высокое содержание соли может помочь сохранить рыбу и продлить срок ее хранения, но также может повлиять на вкус и текстуру рыбы.

Жирная скумбрия обрабатывается особым образом, что позволяет хранить ее около 10 дней. Однако этот срок годности также может варьироваться в зависимости от условий хранения и конкретного используемого метода



обработки.

Важно отметить, что это общие рекомендации, и фактический срок годности рыбных продуктов может варьироваться в зависимости от ряда факторов. Всегда рекомендуется следовать инструкциям по хранению на упаковке и использовать надлежащие методы хранения, такие как охлаждение, для сохранения качества рыбы [98].

Рыбий жир обладает сравнительно низкой температурой плавления относительно жировой ткани теплокровных животных, что позитивно влияет на его усвояемость пищеварительной системой человека. Однако из-за большого объема ненасыщенных жирных кислот рыбий жир при контакте с кислородом относительно быстро окисляется.

Массовая доля жира в мясе рыбы колеблется от 0,4 % до 35 % и определяется видом рыбы. По жирности рыбу можно разделить на три категории: нежирную (менее 4 % жира в туше, включая окуня, берша и плотву), среднюю (4–8 % жира, включая рыбу из семейства карповых и камбалу) и жирные (более 8 % жирности, в том числе лосось и скумбрия) [97].

Характерные места жировых отложений различны в зависимости от вида рыбы, так: у осетровых – в мышечной ткани, у трески – в печени, у рыбы лососевых пород – в брюшине, у скумбрии – под кожей и т.д.

Для рыбных продуктов – печени трески, минтая, налима или икры лососевых и конечно же жира характерно высокое число витаминов групп А, D и витамина Е, относящихся к жирорастворимым.

Витамины группы В по составу и характеру сопоставимы с мясом животных.

Главная задача копчения – это улучшение органолептических показателей исходного продукта. Копченая рыба, независимо от способа копчения, обладает особым вкусом и ароматом и обладает более продолжительным сроком хранения. В результате копчения в мясе рыбы протекают сложные физико-химические изменения: вызываемые термической обработкой продукта, диффузией влаги в толще рыбы и удалении ее с наружной поверхности;

осаждение компонентов копчения на поверхность и продвижение этих веществ внутрь продукта; денатурация и гидролиз жировой составляющей, белковых соединений и различных экстрактов; снижение микрофлоры; сохранение витаминов. При производстве вяленой рыбы различной солености в зависимости от технологии можно произвести продукцию с отличными органолептическими показателями. В ходе вяленья и сушки происходит не только высокое обезвоживание, но и характерные для этих процессов сложные биохимические изменения, частичное разложение липидов и белковых соединений. Вещества, образующиеся в процессе гидролиза и окисления липидов, вступают во взаимодействие с продуктами разложения белковых соединений, образуя связи с отличными от других продуктов химическими и органолептическими свойствами. В технологии сушки и вяленья этот процесс идентифицируется как созревание. Он обусловлен перераспределением липидов по всей тушке рыбы. Подобные процессы характерны для вяленой рыбы. Дегидрирование рыбы обеспечивает более продолжительный срок хранения, приводит к уплотнению структуры рыбы. В ходе копчения удаляется до трети влаги относительно исходной массы. При этом уносится преимущественно влага из макро- и микрокапилляров. В процессе холодного копчения дегидратация напрямую влияет на затрачиваемое время. Время, затрачиваемое на горячее копчение, определяют по нормируемой температуре в толще рыбы. Согласно норме необходимо, чтобы этот показатель превышал  $68^{\circ}\text{C}$  [4]. При достижении температур выше данного значения рыба получает необходимые органолептические показатели и в ней нейтрализуется вредоносная микрофлора. Необходимо отметить, что задачам тепломассопереноса в результате копчения рыбы в научных публикациях отводится значительная доля. Однако данные об этих процессах не всегда сопоставимы в разных источниках. Так, ряд авторов говорят о необходимости проведения процесса копчения при минимально допустимых температурах, другие – обеспечивать неизменным коэффициент активности воды на протяжении всего процесса. Также в ряде работ представлены данные, что интенсивность процесса дегидратации достигается при высоких температурах и

пониженной влажности. Однако большинство авторов сходятся во мнении, что важен метод посола рыбы и режим ее увлажнения [16]. Это можно использовать в качестве способа интенсификации и копчения рыбы. Следовательно, для определения подходящего режима дегидратации, например, при копчении различного вида, сушке или вялке, необходимо проведение новых экспериментальных исследований.

Экстремум интенсивности оседания дымовых частиц проходит примерно при скорости потока 2 м/с и разнонаправленном обдуве поверхности тушки рыбы. Наличие экстремума осаждения при нахождении скорости не напрямую указывает на то, что диффузия коптильных веществ в рыбу протекает дольше, чем процесс осаждения их на коже рыбы. Ранее было определено, что размер фракций в коптильном дыме варьируется от 0,1 до 4,0 мкм и изменяется от типа дымогенератора. Рост температуры дыма в процессе копчения различного вида ограничен стандартами, применяемыми к данным процессам. Однако при горячем копчении, для которого характерна температура дыма, в 2–4 раза превышающая температуру при холодном копчении, наблюдается зависимость размерного состава фракции дыма и температуры его нагрева [25].

Возрастание парциального давления водяных паров в дыме обеспечивает интенсификацию процесса осаждения составляющих копчения. Так, увлажненная поверхность притягивает значительно большее количество коптильных веществ. Вид дымогенератора важен для подбора диапазона размера дымовой фракции, парциального давления водяных паров, а также фазового дыма. Следовательно, интенсивность оседания частиц дымовоздушной смеси определяется сочетанием типа дымогенератора, применяемого топлива, парциального давления пара, вида рыбы.

Важно обеспечить правильную подготовку поверхности рыбы по причине ее повышенной влажности. В случае слишком высокой влажности будет достигаться чрезмерное осаждение на нее смолистых веществ, как результат рыба получает нежелательную окраску. Однако на пересушенную поверхность оседает значительная часть дымовой фракции. В структуру вяленой и копченой

рыбы встраиваются растворимые материалы в воде и жидкостях, доля которых составляет до 35 %: фенолы, карбонильные соединения, кислоты, альдегиды, спирты и т. п.

Характерное отличие вяленой рыбы в пригодности к употреблению в пищу без термической обработки. Вяленая рыба, которая достаточно дегидрирована, хранится продолжительное время. Отдельный вид изделий из вяленой рыбы составляют балыки, преимущественно из лососевых или других жирных видов рыбы. Обработка этих продуктов, например, из осетровых пород рыб, требует определенных навыков определения норм хранения вяленой и копченой рыбы [29].

Первый этап порчи рыбы – это автолиз мышц, характеризующийся размягчением тканей под воздействием ферментов, далее наступает распад белковых соединений на аминокислоты. Далее под воздействием микрофлоры может протекать их дальнейшее разложение, до окончательной порчи, сопровождающейся образованием аммиака и сернистых соединений. Ферменты приводят к автолизу рыбы, в среднем намного больше, в сравнении с аналогичным мясом теплокровных животных.

Данные изменения должны быть снижены насколько это возможно. Отмечено, что в процессе автолиза у рыбы прослеживается наличие веществ с неприятным ароматом, вызываемым гнилостными бактериями.

Обработка рыбы непосредственно после вылова, своевременное охлаждение и обработка рыбы замедляют процессы автолиза, а при транспортировке рыбы с места на место, или другого рода перемещении она ускоряется. Согласно принятым нормам к явлениям автолиза принадлежит и окисление липидов рыбы, наступает так называемое прогоркание. Образование неприятного послевкусия связано с началом процесса разложения, что является фактором порчи рыбы. Отмечено, что рыба приходит к непригодности для потребления в пищу раньше, чем наступает полное окисление липидов. Этот процесс интенсифицируется свободным контактом поверхности рыбы с воздухом. В значительной степени это зависит от света и соли.

Ранее было отмечено, что главной причиной порчи является рост числа бактерий в рыбе. В естественных условиях жизни рыбы в слизистой оболочке кишечника, на поверхности жабер имеется большое количество бактерий, а мясо рыбы их не содержит.

Признаки свежести и повреждения могут проявляться у рыб разных видов по-разному. Конечно, для определения качества рыбы необходимо иметь определенные навыки.

Вяленая и копченая рыба, подвергшаяся холодной обработке, сохраняет свои свойства на протяжении 10 дней, также рекомендуется ее дополнительно обернуть в пергаментную бумагу, далее складировать в охлаждаемом объеме холодильной камеры. Рыбу горячего копчения следует хранить в холодильнике не более 72 часов. При этом необходимо учитывать период хранения в месте реализации согласно ГОСТ1551-93 [17].

Важно, что допускается замораживание копченой рыбы, тогда срок ее хранения достигает трех месяцев. Существует еще один нетрадиционный подход, когда готовят соленую воду, пропитывают ею чистую ткань и оборачивают рыбу. При таком способе продолжительность хранения доходит до месяца. При всех способах хранения следует регулярно проверять продукт: не изменился ли цвет; не образовывается ли плесень; нет ли ухудшения аромата.

Обработанная вяленая рыба может храниться продолжительное время, соль действует как прекрасный природный консервант. Также большое влияние оказывает количество соли, используемое при приготовлении. Слабосоленый лосось хранится не более 72 часов. Срок годности рыбных продуктов может варьироваться в зависимости от ряда факторов, в том числе от вида рыбы, температуры хранения и используемого метода консервации.

Любая рыба, обработанная концентрированным солевым раствором, может храниться в холодильнике до месяца без необходимости замораживания. Продукты средней солености и маринады хранятся не более двух недель. Рыба слабосоленая начнет портиться через неделю.

Следует четко следовать нормам хранения рыбы. Это не тот случай, когда

нужно основываться на собственных чувствах. Сильный запах рассола может убить первые признаки порчи продукта, что в результате приведет к пищевому отравлению. Даже если продукт выглядит привлекательно, он не отличается по вкусу и запаху от свежего, его лучше выбросить, если рекомендуемые сроки уже прошли.

Копчение рыбы – один из наиболее часто применяемых способов консервирования пищевых продуктов с улучшенными органолептическими характеристиками. Влияние тепло- и массопереноса на динамические показатели технологического процесса усложняет применение систем управления с классическими регуляторами. Учет взаимовлияния различных сред при копчении возможен с применением современных систем автоматического управления, что позволит повысить эффективность технологического процесса. Процесс копчения с точки зрения управления является распределенным в пространстве и нестационарным, что значительно затрудняет получение аналитического математического описания всех его составляющих. Цикл работы коптильных камер состоит, как правило, из 3 этапов [12]:

- подсушка, при которой происходит уменьшение влажности поверхности рыбы до допустимых значений;

- копчение рыбы с насыщением коптильными компонентами. Интенсивность копчения повышается при температуре от 17 до 35 °С и влажности дымовоздушной смеси и рыбы 75 %. Этап копчения занимает значительное время. Уменьшение длительности данного этапа связано с производительностью коптильной установки. Оптимизация параметров процесса копчения приводит к улучшению органолептических показателей готовой продукции;

- обезвоживание, сопровождающееся снижением влажности рыбы ниже 60 % и отсутствием дымовоздушной смеси. Влажность среды на данном этапе принимает минимальные значения. Сокращение времени на данном этапе возможно осуществить при повышении жесткости процесса. На сегодняшний

дней длительность этапов подсушки, копчения и обезвоживания формируется экспертами по результатам исследований в лаборатории без применения моделирования процессов [28]. Такой подход не позволяет учесть все влияющие на процесс факторы. Создаваемая система управления должна поддерживать оптимальные значения параметров процесса копчения в пределах этапа, что требует от системы возможности подстраиваться под состояние сырья и параметры процесса [12].

Известен переменный способ обезвоживания сырья, который позволяет реализовать наибольший темп обезвоживания за счет применения пунктирного обезвоживания. Таким образом, темп обезвоживания при таком способе является характеристикой качества проведения процесса [122]. Предлагаемый способ управления тепловой обработкой при обезвоживании и копчении в качестве критерия качества проведения процесса использует понятие Н-эффекта.

Н-эффект (эффект обезвоживания) – интегральный критерий обезвоживания сырья, который позволяет оценить степень обезвоживания на данном этапе процесса. Эффект обезвоживания оценивается как степень влияния влагосодержания среды на влагосодержание продукта. При этом режимы релаксации при пунктирном обезвоживании являются составляющими Н-эффекта. При релаксации (отлежке, т. е. прекращении тепловой обработки) влагосодержание среды позволяет продукту обеспечить выход влаги из внутренних слоев. Оценку Н-эффекта можно проводить на основании данных о потере массы продукции (датчик веса) при обезвоживании при известных данных о влагосодержании среды (датчик температуры и влажности): 
$$N = \int_0^{t_{end}} (d - x) \cdot 85 \cdot \frac{dn}{dt} dt \quad (15)$$
 где  $N$  – эффект обезвоживания, усл. мин;  $t_{end}$  – время окончания процесса, мин;  $d(t)$  – временная зависимость влагосодержания в сушильной установке;  $x$  – константа влагопотерь конкретной продукции;  $85 \cdot \frac{dn}{dt}$  – нормативное влагосодержание, принятое в качестве базисного для процесса термообработки, °С. При известных данных о темпе обезвоживания (кривая кинетики сушки) и качестве готовой продукции при непрерывном режиме можно создать такой

вариабельный режим с профилем температуры и влагосодержанием, который наилучшим образом по энергозатратам и качеству продукции обеспечит проведение процесса, то есть позволит прогнозировать значение Н-эффекта на конец процесса. Наряду с применением Н-эффекта (который может быть оценен с помощью тепловизионной матрицы) возможно применение эффекта готовности продукта при обезвоживании (С-эффект) .



### **1.3. Научные и практические аспекты способов уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы в процессе хранения**

Тема натуральности и безопасности вяленой и копченой рыбы всегда остается актуальной. Есть много разных мнений по этому вопросу, иногда совершенно противоположных. Однако даже если мы изучим ГОСТы, согласно которым допускается усушка, вопрос о пользе и необходимости потребления вяленой и копченой рыбы становится риторическим.

К широко востребованным добавкам принадлежит Е 509, популярная в пищевой промышленности.

Пищевая добавка Е 509 представляет собой хлорид кальция. Представлена в виде крупнозернистого белого порошка, легко растворимого в воде. Хлорид кальция является побочным продуктом производства соды. Хлориды кальция пользуются популярностью в производстве молочных продуктов: молока, кефира, творога, сухого молока, молочного детского питания и т.д. В процессе смешивания хлорид кальция играет роль отвердителя – для придания разнородной и расплывчатой молочной массе красивой твердой стабильной формы для того, чтобы гетерогенная жидкая молочная смесь затвердела и приняла форму творога, сыра и т. д. [44].

Кроме производства кисломолочных продуктов, хлорид кальция используют в пекарном производстве и десертах: мармелад, желе и т. д. Хлорид кальция также используется при производстве консервированных фруктов и овощей, создает желаемую консистенцию для продукта, и, что самое важное, солит его. Соленая пища способствует повышению органолептических показателей за счет интенсификации вкуса и, как следствие, стимулирует аппетит. Опытным путем можно наблюдать, что если пища соленая, то вы будете есть вдвое больше, чем если бы она была свежей. Производители хорошо осведомлены об этом свойстве соленого вкуса и стремятся засолить любой продукт, даже тот, который должен быть сладким по своим свойствам, чтобы заставить потребителей хотеть потреблять больше его. И хлорид кальция

справляется с этой задачей.

Хлорид кальция также активно используется в кондитерской промышленности, что позволяет придавать веществам, которые несовместимы друг с другом, консистенцию в более или менее продаваемом виде и привлекательную однородную форму. Вопрос вреда здоровью, конечно, не рассматривается производителями.

Моноглицериды и диглицериды жирных кислот являются официальным названием пищевой добавки (ГОСТ 32770–2014). Международный синоним – моно- и диглицериды жирных кислот.

По основной технологической функции добавка Е 471 входит в группу эмульгаторов. Это не ионогенное поверхностно-активное вещество [60].

Это сложный эфир глицерина и карбоновой кислоты. Получается в результате изменения клеточных элементов липидов при наличии чистого глицерина и ряда катализаторов (натрия или этилата). Второй метод основан на прямой этерификации глицерина алифатическими карбоновыми кислотами.

Реакция на генную инженерию не имеет значения. Переэтерификация позволяет повысить пластичность продукта, улучшить его химические и физические параметры: растворимость, устойчивость к окислению и другие. При необходимости повышения содержания моноэфира до 90 % или более глицеридов, подвергаемых молекулярной перегонке [97].

Состав моно- и диглицеридов жирных кислот, примесей: свободный глицерин, неомыляемые жиры, жирные кислоты; эмпирические формулы:  $C_{2}H_{4}O_{4}$  (моноглицериды);  $C_{39}H_{76}O_{5}$  (диглицериды). Внешний вид: порошок, воскообразное вещество, хлопья (глицериды насыщенных кислот), маслянистая жидкость (ненасыщенная). Запах отсутствует. Растворимость хорошая в спиртах, хлороформе, бензоле; нерастворим в воде. Содержание основного вещества не менее 70 %, вкус нейтральный, плотность неопределенная, широкий диапазон плавления, светостойкость.

Моно- и диглицериды инертны, поэтому их чаще используют в активированной форме: в форме порошка или желеобразной пасты.

Почти все пищевые отрасли используют моно- и диглицериды жирных кислот в качестве поверхностно-активного вещества. Пищеварительная система воспринимает и обрабатывает добавку Е 471, которая усваивается пищеварительной системой так же, как и другие жиры.

Пригодные в пищу пленочные покрытия – уникальный вид высокоэкологичной полимерной упаковки. Неоспоримое преимущество в том, что не требуется индивидуальный подход к получению и каких-либо особых требований, предъявляемых при утилизации, что является неоспоримым преимуществом перед традиционными биоразлагаемыми пластиками, не говоря уже о неразлагаемых. Отдельно необходимо отметить высокую стоимость, в сравнении с широко применяемыми сегодня пластиками, при этом невозможно обеспечить их совместную переработку, несмотря на общее предназначение. Более того, подобные материалы залегают в глубоких слоях полигонов бытовых отходов, что приводит к образованию метана – одного из основных факторов парникового эффекта. Технологии производства традиционных биоразлагаемых пластиков основаны на использовании тех же агро- и акваресурсов, которые сегодня задействованы для нужд культивации растительных пищевых продуктов (за исключением ограниченной доли пластиков, производимых из отходов, образованных в сельском хозяйстве), а значит восполнение сырьевой базы ограничено [85].

Если противопоставить им съедобные пищевые покрытия из биоразлагаемых материалов, последние окажутся более предпочтительными, так как не содержат целого списка минусов, относящихся к пластикам. В последние годы съедобная упаковка стала отвоёвывать значительную долю рынка у традиционных пластиковых упаковочных материалов и начинает составлять им полноценную конкуренцию, особенно если учесть еще и активную упаковку. Одним из основных веществ для изготовления съедобной упаковки является коллаген [76].

Коллаген представляет собой сложный структурный белок, который играет решающую роль в формировании и поддержании соединительной ткани у

млекопитающих. Он широко распространен в организме, включая кожу, кости, сухожилия и хрящи, и, по оценкам, составляет примерно 25 % всех белков млекопитающих.

Уникальная белковая структура коллагена, наряду с его широким присутствием в организме, сделала его ценным ресурсом для различных отраслей промышленности. Например, в ветеринарии коллаген используется в качестве источника белка для кормов и добавок для животных, поскольку было показано, что он улучшает здоровье и рост скота.

В медицине коллаген используется в качестве компонента хирургических имплантатов и перевязочных материалов из-за его способности стимулировать регенерацию тканей. Кроме того, исследователи в области биотехнологии и косметологии изучают возможности использования коллагена для ряда применений, таких как разработка продуктов против старения и лечения кожных заболеваний [16].

Наконец, коллаген можно извлекать из органических отходов, таких как кости, кожа и сухожилия, что обеспечивает ресурсосберегающее решение для производства продуктов на основе коллагена. В целом универсальность коллагена и его широкое присутствие в организме делают его ценным ресурсом с множеством перспектив применения.

Коллаген представляет собой семейство трехмерных молекул, которые играют важную роль в поддержании структурной целостности и выполнении других функций в организме.

Каждая молекула коллагена состоит из трех  $\alpha$ -цепей, образующих тройную спираль, состоящую из повторяющихся пептидных триплетов глицина-XY, где X и Y могут быть любой аминокислотой, но обычно представлены пролином и гидроксипролином. Повторение этих пептидных остатков позволяет образовывать полужесткие стабильные трехцепочечные молекулы. Пролин и гидроксипролин составляют примерно 20 % от общего количества всех аминокислот, а глицин и аланин – до 50 %. Каждая цепь содержит более 1000 аминокислотных остатков и имеет длину около 300 нм.

Семейство коллагенов состоит из 28 видов и более 40 кодирующих коллагенов. Их общей особенностью строения является наличие тройной спирали. Молекула коллагена может быть гомомерной, что означает, что все три цепи имеют одинаковую аминокислотную последовательность, или гетеромерной, что означает, что две цепи имеют одинаковую последовательность, а одна имеет другую последовательность, или все три цепи имеют разные последовательности.

Фибриллярные коллагены, такие как типы I, III и V, являются основными типами, обнаруженными в коже, и расположены в виде корзинчатых переплетений. Нефибрилярные коллагены, такие как типы IV, VI–VIII, XIV, не могут образовывать фибриллы и отвечают за образование мембран. Способность коллагена к ремоделированию часто наблюдается в процессе заживления ран. Коллаген является наиболее распространенным белком в организме человека и обеспечивает прочность и структуру таких тканей, как кожа, кости, сухожилия и хрящи [105]. Коллаген представляет собой волокнистый белок тройной спирали с молекулярной массой около 300 кДа. Он состоит из длинных полипептидных цепочек аминокислот с высоким содержанием глицина, пролина и гидроксипролина. Эти аминокислоты образуют водородные связи, которые придают коллагену его стабильность и прочность [106].

Коллаген может быть извлечен из различных источников животного происхождения, в том числе бычьего, свиного и морского происхождения, и имеет широкий спектр биомедицинских применений, включая заживление ран, тканевую инженерию и косметическую хирургию [105]. Коллаген также использовался при разработке биокompозитов, где он комбинируется с другими материалами для создания новых продуктов с улучшенными свойствами. Например, порошок коллагена использовался для создания термопластичных формованных изделий, а хитозан и коллаген использовались для создания полимерных материалов [106].

В последние годы исследователи изучают способы использования отходов коллагена мясной промышленности, таких как отходы свиной кожи, для

создания новых композитных материалов. Ученые в Китае разработали композитный материал на основе коллагена из отходов свиной кожи и глутарового альдегида, который демонстрирует потенциал для использования в различных областях [87]. Это исследование подчеркивает важность разработки устойчивых и экологически чистых методов утилизации отработанного коллагена и других отработанных белков.

При производстве биополимеров применяют различные методы выделения и переработки коллагена, желатина и их производных из органосодержащего сырья. Одним из методов является щелочная обработка, при которой используются либо зольники, либо концентрированные щелочные растворы для усиления гидролиза полипептидных цепей. Этот метод может привести к некоторой потере белка, а время лечения составляет до 90 дней. Другой метод предполагает использование кислотного или ферментативного воздействия. Биополимеры, полученные с помощью этих методов, используются в различных областях, например, в пищевой промышленности в качестве источника белка, при производстве биокомпозитов, а также в качестве съедобных упаковочных материалов или матрицы для включения тканей при заболеваниях. Кроме того, были разработаны магнитные нанокомпозиты, изготовленные из наночастиц коллагена и оксида железа, которые демонстрируют селективную низкую емкость и магнитное отслеживание, что делает их полезными для удаления масла. Гибридные биокомпозиты из коллагена и полианилина также были разработаны для приема наночастиц оксида железа. Наряду с коллагеном широкую популярность набирают эластин и кератин [59].

Эластин – это белок, который отвечает за придание эластичности тканям, таким как кожа и легкие. Он является основным компонентом эластических волокон и имеет период полураспада не менее 70 лет. Он нерастворим и образует каркас, богатый микрофибриллами, при взаимодействии нескольких других белков и молекул во время эластиногенеза. Механические свойства эластина зависят от его молекулярной структуры, состоящей из повторяющихся пептидных единиц, и его взаимодействия с другими компонентами

внеклеточного матрикса. Потенциальные применения эластина и его производных в медицинской, косметической и ветеринарной промышленности также изучаются благодаря его свойствам, таким как формирование тканевого каркаса, миграция клеток и восстановление тканей.

Кератин представляет собой волокнистый белок, который образует основной структурный компонент различных структур животного мира, включая перья, волосы, шерсть, рога и копыта. Он нерастворим в воде, растворах солей, кислотах, эфирах, расщепляется ферментами в пищеварительном тракте, а значит, не усваивается организмом. Отходы кератина часто образуются в качестве побочного продукта на кожевенных заводах в процессе обезвоживания кожаной ткани, и отходы обычно не перерабатываются и попадают на свалки, что приводит как к потере ценных ресурсов, так и к загрязнению окружающей среды. Отходы кератина классифицируются как материал категории 3 в соответствии с Регламентом (ЕС) 1774/2002 Европейского парламента и Совета, принятым 3 октября 2002 года.

Подтвержденные данные о проведенных систематических исследованиях отсутствуют, этот фактор ограничивает возможность установить четкую зависимость структурного устройства и свойствами межфазного взаимодействия, компонентами и методиками производства. Свойства газопроницаемости известных биополимеров приводят к образованию условий увеличения объема исследований и идей, но к ограниченному числу выпускаемой продукции в действительности.

Существует тенденция на увеличение числа патентов и публикаций, связанных с применением и производством биополимерных покрытий. Способствует этому и увеличение объемов коммерциализации компаний, производящих продукцию данного типа.

Наиболее распространена «съедобная упаковка», которая визуальюно выглядит как пленочное покрытие, реже можно встретить упаковку в форме листов или даже пакетов. Данный факт объясняется тем, что пленки имеют

перед листами ряд преимуществ. Согласно принятым стандартам покрытия, относящиеся к пленочным, должны иметь показатели толщины до 250 мкм. Для листовых покрытий это значение должно составлять не менее 250 мкм. Прочие факторы, по которым можно было бы разграничить эти материалы, сформулированы нечетко.

Кроме того, к съедобной упаковке относятся мягкие капсулы на основе геля и полутвердые оболочки, широко применяемые в фармацевтике для создания оболочки капсул и таблеток. Методики, использующиеся в фармакологии, могут легко переноситься в пищевую промышленность, так как требования, предъявляемые к продукции в этих областях, во многом идентичны.

В ходе анализа литературы было отмечено, что не всегда можно проследить различия между двумя такими понятиями, как пленка и покрытие. Однако был сделан вывод, что градация этих понятий может осуществляться на основе способа нанесения.

Например, пленки полисахаридов имеют водовпитывающие свойства, что обеспечивает широкое разнообразие композиционных упаковочных материалов. Прежде всего, благодаря возможности введения в пленку разнообразных водорастворимых добавок необходимых для придания определенного запаха, цвета или даже вкуса. Крепкие водородные связи способствуют обеспечению барьерных функций применительно к кислороду и зачастую недостаточных для влаги. Пленочные покрытия на основе белковых соединений также гидрофильны, следовательно, обладают схожими свойствами паропроницаемости. Жировые пленки, напротив, обеспечивают высокие барьерные свойства относительно влаги, при этом обладают недостаточной механической прочностью. Следовательно, при получении подобных съедобных пленочных покрытий с заданными свойствами разумно применять композиции, подобранные для реализации конкретной задачи.

Параметры сушки (что именно используется в качестве сушильного агрегата) также способны изменять структуру и свойства покрытия. Так, в технологии микроволновой сушки покрытий из молочного белка параметры



влагопроницаемости остаются неизменными, однако прочность и коэффициент растяжимости увеличиваются значительно [88].

Пригодные в пищу пленочные покрытия изготавливают путем распыления жидкого полимера над продуктом, редко прибегают к ручному нанесению шпателями и кисточками.

Образование и развитие микроорганизмов – главный фактор порчи рыбной продукции. Наиболее эффективным средством борьбы с ними является применение антибиотиков. Однако существует множество рисков, связанных с их применением, это способствует развитию методик использования пробиотиков, действие которых направлено на обеспечение образования и развития здоровой микрофлоры и бактерицидных свойств.

Существует иной способ использования эмульсии многокомпонентных покрытий: разновекторных по гидрофильным свойствам, наделенными высокими адгезионными характеристиками. Приоритетной является задача создания условий заданного значения адгезии в момент нанесения на поверхность вяленой и копченой рыбы в местах свежих срезов.

В подобном случае целесообразно включить в состав пищевое поверхностно активное вещество, оно позволит уменьшить натяжение на поверхности продукта. Существует и опробован вариант применения порошкообразной карбоксиметилцеллюлозы, особенность заключается в том, что при данной методике адсорбция влаги осуществляется непосредственно с поверхности продукта. При этом влага в толще продукта полностью сохраняется, а поступление кислорода полностью прекращается.

Существует так называемый «Кодекс Алиментариус», представляющий из себя свод международных норм и стандартов для пищевой промышленности. Он ратифицирован международной комиссией Всемирной организации здравоохранения. Специалистами был определен предельный уровень применения пищевых добавок, и данные об этом внесены в кодекс, о котором говорится ранее [86].

Важно учитывать требования данного кодекса, как и других

международных правовых актов при планировании массового производства съедобных пленочных покрытий. Однако именно завышенный уровень требований, изложенных в подобных документах, является основной преградой на пути широкого распространения подобных технологий.

Некоторым компаниям, например, таким как Watson, удается наладить масштабное производство и реализацию широкого спектра пищевых покрытий и пленок. Также стоит отдельно отметить североамериканский холдинг Polymer Films Co. Inc.

На сегодняшний день рынок аналогичной продукции на территории стран СНГ и европейских государств не только не опередил американский, но и значительно отстал в своем развитии, но не отметить намеченный высокий темп нельзя. В подтверждение этого молодая компания, начинавшаяся как стартап, BioFilm Holdings Limited, головной офис которой находится в Великобритании, наладила непрерывное производство и осуществляет поставки быстрорастворимых покрытий в виде полосок пленки, предназначенных для гигиены полости рта. В дальнейшем вектор развития компании направлен на разработку продукции с высоким содержанием витаминов и минералов, а также на увеличение дозировки активно действующего вещества при условии сохранения заданной прочности, так как сегодня этот параметр ограничен.

На азиатском рынке подобная продукция представлена преимущественно японскими компаниями. Прежде всего потому, что в данной стране высоко ценятся технологичные и экологичные технологии.

Отдельно стоит отметить оригинальную методику, предложенную компанией из Великобритании. Так, для упаковки мясных изделий предложена инновационная оболочка для колбас и сосисок.

Основу покрытия составляют альгинат и белковые соединения. Отличительными особенностями являются бесшовность оболочки и формирование ее основы еще на этапе приготовления колбасного и сосисочного фарша. Процесс коагуляции проходит в процессе термической обработки. В состав производственной линии добавляются несколько подающих форсунок и

ванны с коагулирующим раствором.

Также свою отдельную нишу занимает модифицированная газовая среда. Существует множество вариаций сочетания газов, обеспечивающих особую атмосферу, в которой может храниться рыба. Так, при использовании упаковки с модифицированной газовой средой (применяя кислород) можно в течение долгого времени обеспечивать сохранность багровых окрасов мяса, что очень важно с точки зрения маркетинга [2].

Углекислый газ известен в основном в газообразном состоянии, то есть в обычном состоянии газ имеет простую химическую формулу  $\text{CO}_2$ . В таком варианте углекислота присутствует в подавляющем большинстве соединений при давлении, близком к атмосферной и нормальной температуре. Но при избыточном давлении, превышающем 5850 кПа (например, в мировом океане, на глубинах более 600м), данный газ находится уже в жидком агрегатном состоянии. А при замораживании (минус 78,5 °С) углекислый газ кристаллизуется и переходит в состояние кристаллического снега, который широко распространен в технологиях переработки и хранения, индустрии питания, хранения продуктов в замороженном виде в холодильниках [114].

Диоксид углерода в жидкой фазе и снегообразном виде все чаще находит применение в хозяйственной деятельности, но эти направления развиваются недостаточно интенсивно.

Газообразная углекислота присутствует всюду: она выделяется при дыхании растений и живых организмов, без нее невозможно полноценное функционирование процессов, протекающих в мировом океане и атмосфере.

Углекислота не имеет каких-либо органолептических характеристик. Однако, вдыхая углекислый газ, образуется кислый привкус в ротовой полости, обусловленный тем, что протекает химическая реакция растворения диоксида углерода в слюне и жидкости, которые содержатся на слизистых оболочках.

Общеизвестно, что воздух в 1,5 раза легче диоксида углерода, это приводит к тому, что он оседает на нижнем уровне емкости, в которой находится, если отсутствует качественная вентиляция.

Использование углекислого газа в пищевой промышленности набирает популярность. После крупномасштабного производства твердой углекислоты было решено переключиться на этот новаторский способ хранения. Невозможно представить современный рынок пищевой продукции без газированных напитков, а их производство, в свою очередь, без диоксида углерода. Присутствие газообразной углекислоты в жидкостях придает им особые органолептические свойства и позволяет продлить сроки хранения. Газирование минеральной воды предотвращает образование неприятного сероводородного запаха и характерного вкуса.

Доказана прямая связь влияния карбонового следа мировой экономики на развитие процессов глобального потепления. Поэтому важным направлением развития прикладной науки является исследование и разработка технологий, имеющих уменьшенный потенциал углеродного следа.

В обозримом будущем значительную долю вырабатываемого диоксида углерода необходимо утилизировать за счет эффективных технологий и методов полезной утилизации производимого углекислого газа.

CO<sub>2</sub> является веществом, обладающим уникальными термодинамическими свойствами и способностями биохимического воздействия на биологические объекты и материалы. Современные технологические ресурсы позволяют использовать углекислый газ в качестве рабочего тела для производства энергии, тепло- и хладоносителя при ее передаче и трансформации, холодильным агентом в технологиях генерации промышленного, торгового и бытового холода. Также углекислый газ является перспективной рабочей средой в технологиях длительного хранения пищевых продуктов и биологических ресурсов.

Одним из преимуществ использования CO<sub>2</sub> в качестве рабочей жидкости является его высокая термодинамическая эффективность. CO<sub>2</sub> имеет высокую критическую температуру и давление, что означает, что его можно использовать при более высоких температурах и давлениях, чем другие рабочие жидкости, такие как вода или воздух. Это может привести к более высокой тепловой эффективности при производстве электроэнергии и других промышленных

процессах.

Кроме того,  $\text{CO}_2$  нетоксичен, негорюч и не вызывает коррозии, что делает его безопасным и экологически чистым вариантом для многих применений. Он также имеет низкий потенциал глобального потепления (ПГП), что делает его желательной альтернативой другим хладагентам и рабочим жидкостям, которые способствуют изменению климата.

Современные технологические решения рациональной утилизации карбоновых выбросов таким образом позволят получить не только положительный экологический эффект от утилизации углекислого газа, но и получить экономический эффект от уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы и повышения эффективности промышленного производства за счет более высоких эксплуатационных характеристик углекислого газа.

#### 1.4. Выводы по обзору литературы

Водоёмы РФ богаты объектами добычи, потребление рыбы в целом и вяленой, и копчёной в частности, ежегодно растёт. Вопросы увеличения ассортимента вяленой и копченой рыбы и продукции невозможно решить за счет использования различных современных методов, что является достаточно актуальным. Для того, чтобы разработать методику увеличения сроков хранения вяленой и копченой рыбы, необходимо провести комплексные исследования в области применения пленочных покрытий, адсорбентов и модифицированной газовой среды. Для расширения ассортимента вяленой и копченой рыбы необходимо:

1) научное обоснование технологических способов, направленных на уменьшение усушки вяленой и копченой рыбы, разработку рецептур получения и применения веществ, способствующих уменьшению усушки вяленой и копченой рыбы, их дозировку и режимы применения в процессе хранения;

2) определение особенностей изменения массы вяленой и копченой рыбы в процессе хранения в среде диоксида углерода;

3) определение микробиологических показателей безопасности вяленой и копченой рыбы, по окончании хранения;

4) определение технологических параметров применения различных методов, направленных на уменьшение усушки вяленой и копченой рыбы;

5) проведение производственных испытаний технологии и технической документации на способы хранения вяленой и копченой рыбы и расчёт экономической эффективности применения различных методов, направленных на уменьшение усушки вяленой и копченой рыбы.

## **ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Направление экспериментальных исследований и схема их проведения**

На втором этапе были подобраны объекты и методы исследования. Разработан аппарат для хранения рыбы в среде диоксида углерода и проведены экспериментальные исследования на нем. Разработана балльная шкала для оценки органолептических показателей качества вяленой и копченой рыбы.

На третьем этапе работы определена методика приготовления покрытий. Определен оптимальный состав компонентов, входящих в пленочное покрытие. Были проведены эксперименты по исследованию влияния технологических параметров хранения вяленой и копченой рыбы на величину усушки при нанесении на ее поверхность покрытия на основе хитозана, моноглицерида и в среде диоксида углерода. Для всех рассмотренных методов хранения проведена проверка микробиологических показателей и органолептическая оценка по разработанной методике, описанной в Главе 2.

Практический этап исследований связан с внедрением результатов в производство путем разработки комплекта технической документации технологии хранения вяленой и копченой рыбы. Также проведена оценка экономической эффективности разработанных методов хранения вяленой и копченой рыбы с покрытием на основе хитозана, моноглицерида и с использованием среды диоксида углерода.

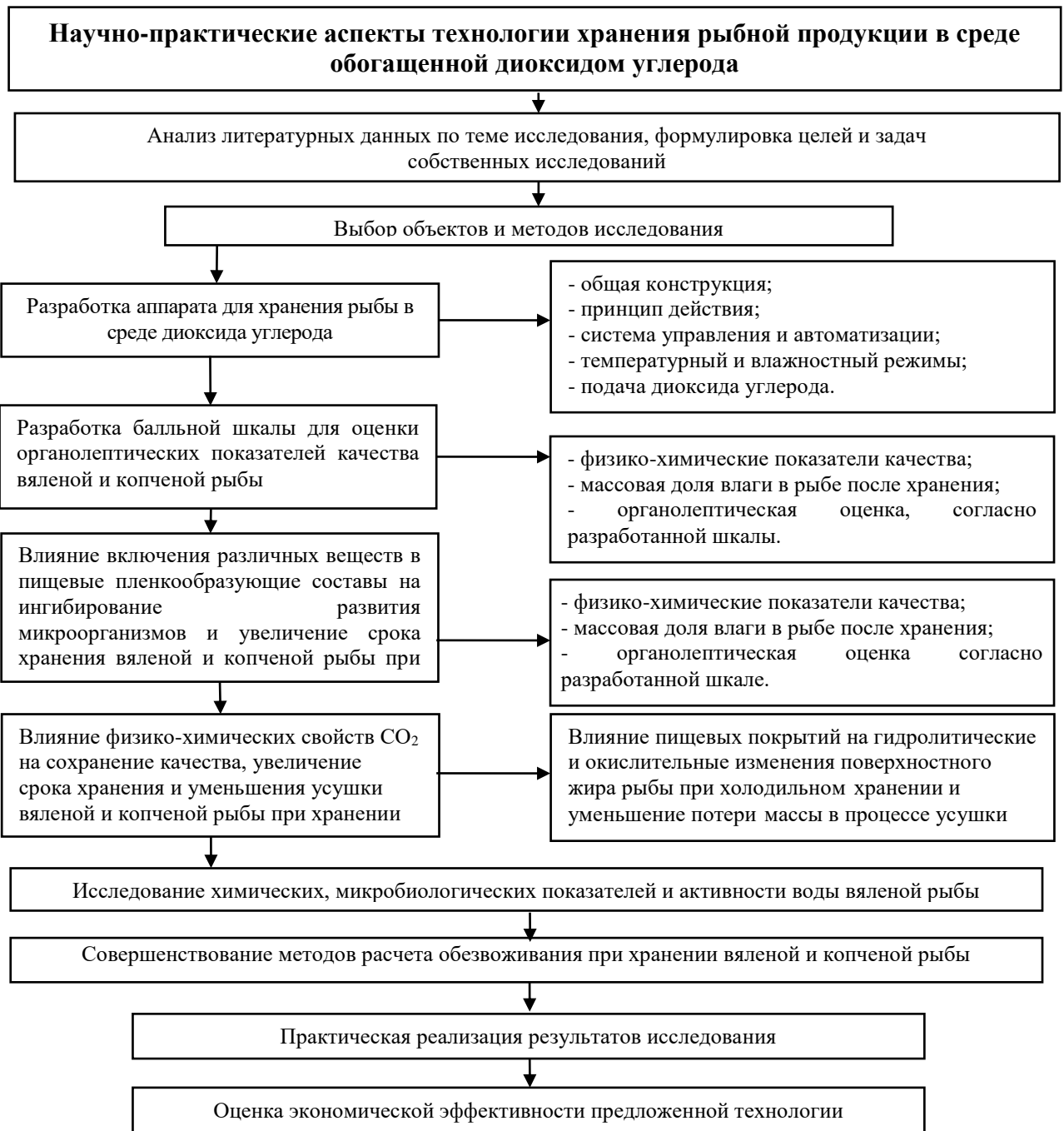


Рисунок 2.1 – Схема проведения исследований

Объектами исследований на различных этапах работы являлись:

- рыба холодного копчения ГОСТ11482-96. (скумбрия, лещ, камбала);
- рыба горячего копчения ГОСТ7447-2015. (скумбрия, лещ, камбала);
- рыба вяленая ГОСТ1551-93 (скумбрия, лещ, камбала).

В ходе исследований использовалось следующее оборудование:

- аппарат для хранения рыбы в среде диоксида углерода, работающий при температуре кипения  $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , применяется фреоновая (R404a) схема;



- измерительный комплекс СЕМ-DT172 (Китай, производитель СЕМ Industries);
- измеритель концентрации углекислого газа модели DT-802 (Китай, производитель E+EElektronik);
- аналитические весы ВК600.1 («Масса-К», Россия);
- анализатор влажности КВАРЦ-21М (ООО «Элекс», Россия).

Методы исследования, используемые в работе, приведены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Методы исследования

№	Группы показателей	Методы исследований
1.	Физико-химические	Массовую долю влаги – высушиванием до постоянной массы по ГОСТ 7636-85.
2.	Микробиологические	Патогенные, в том числе сальмонеллы определяли по ГОСТ 31659-2012
		КМАФАиМ определяли по ГОСТ 10444. 15-94
		БГКП (колиформы) определяли по ГОСТ 31747-2012
		Плесени определяли по ГОСТ 10444. 12-2013
		Дрожжи определяли по ГОСТ 10444. 12-201
		<i>Staphylococcus aureus</i> определяли по ГОСТ 31746-2012
		Определение гистамина в рыбе производили по методике М 04-55-2009 (издание 2014 г.) (ФР.1.31.2014.17190)
3.	Статистический анализ и графическое оформление	MS Excel 2011, Statistica 10 Enterprise, 2011 («StatSoft, Inc. США»)

Активную кислотность определяли потенциометрическим методом с использованием рН-метра Анион-4100 (Инфраспек-Аналит, Новосибирск, Россия), оснащенного комбинированным электродом ЭСК-10601/7; массовую долю золы – по ГОСТ 7636-85; массовую долю хлористого натрия –

аргентометрическим методом по ГОСТ 7636-85.

Определение кислотного числа жира в копченой рыбе является важным аналитическим тестом, который позволяет оценить степень окисления жиров в продукте. Она может проводиться с использованием метода титрования или спектрофотометрии.

*Метод титрования*

Взять пробу рыбы массой около 5 г и поместить ее в стакан.

Добавить в стакан 50 мл нейтрального раствора изопропилового спирта и 0,5 мл фенолфталеина.

Тщательно перемешать содержимое и нагреть на водяной бане при температуре 70–80 °С в течение 30 минут для экстракции жиров.

Охладить содержимое до комнатной температуры и добавить 0,1 Н раствор натриевой гидроксиды до появления розового окраса.

Продолжать титрование, добавляя 0,1 Н раствор натриевой гидроксиды с периодическим перемешиванием содержимого стакана до тех пор, пока окраска не станет стойкой на протяжении 30 секунд.

Записать объем 0,1 Н раствора натриевой гидроксиды, затраченного на титрование рыбы.

Рассчитать кислотное число по формуле:  $\text{Кислотное число} = (V1 - V0) \times N \times 28,05 / m$ , где  $V1$  – объем 0,1 Н раствора натриевой гидроксиды, затраченный на титрование рыбы, мл;  $V0$  – объем 0,1 Н раствора натриевой гидроксиды, затраченный на титрование нейтрального изопропилового спирта без образца, мл;  $N$  – нормальность раствора натриевой гидроксиды;  $m$  – масса образца рыбы, г.

*Метод спектрофотометрии*

Взять пробу рыбы массой около 5 грамм и поместить ее в стакан.

Добавить в стакан 50 мл нейтрального раствора изопропилового спирта и перемешать содержимое.

Произвести экстракцию жиров путем перемешивания содержимого стакана в течение 30 минут.

Отфильтровать экстракт через фильтр с порами размером 0,45 мкм и перенести в кювету.

Измерить оптическую плотность раствора экстракта при длине волны 530 нм с помощью спектрофотометра.

Рассчитать кислотное число по формуле:  $\text{Кислотное число} = (A \times F \times K) / (m \times 1000)$ , где  $A$  – оптическая плотность раствора экстракта;  $F$  – фактор конверсии, равный 5,6 для изопропилового спирта;  $K$  – коэффициент экстинкции, равный 36,8 для изопропилового спирта при длине волны 530 нм;  $m$  – масса образца рыбы, г.

Оба метода могут быть использованы для определения кислотного числа жира в копченой рыбе. Однако метод спектрофотометрии имеет некоторые преимущества перед методом титрования, такие как более быстрое и простое выполнение и отсутствие необходимости использовать опасные растворы и оборудование, поэтому в данной диссертационной работе использовался метод спектрофотометрии.

Определение перекисного числа жира в копченой рыбе также является важным аналитическим тестом, который позволяет оценить степень окисления жиров в продукте. Она может проводиться с использованием метода титрования или спектрофотометрии.

#### *Метод титрования*

Взять пробу рыбы массой около 5 грамм и поместить ее в стакан.

Добавить в стакан 50 мл смеси изопропилового спирта и ацетона в соотношении 3:2 и 0,5 мл раствора калия йодида (10 %).

Тщательно перемешать содержимое и нагреть на водяной бане при температуре 70–80 °С в течение 30 минут для экстракции жиров.

Охладить содержимое до комнатной температуры и добавить 10 мл 0,01 Н раствора тиосульфата натрия, чтобы нейтрализовать остаточный йод.

Добавить 1 мл крахмального раствора (2 % крахмала в 1 % растворе натрия гидроксида) и титровать содержимое раствором 0,1 Н раствора серной кислоты до синей окраски.

Записать объем 0,1 N раствора серной кислоты, затраченного на титрование рыбы.

Рассчитать перекисное число по формуле:  $\text{перекисное число} = (V1 - V0) \times N \times 56,1 / m$ , где V1 – объем 0,1 N раствора серной кислоты, затраченный на титрование рыбы, мл; V0 – объем 0,1 N раствора серной кислоты, затраченный на титрование нейтрального изопропилового спирта без образца, мл; N – нормальность раствора серной кислоты; m – масса образца рыбы, г.

#### *Метод спектрофотометрии*

Взять пробу рыбы массой около 5 г и поместить ее в стакан.

Добавить в стакан 50 мл смеси изопропилового спирта и ацетона в соотношении 3:2 и перемешать содержимое.

Произвести экстракцию жиров путем перемешивания содержимого на вращающейся магнитной мешалке в течение 1 часа.

Отфильтровать экстракт через фильтр с пористостью 0,45 мкм для удаления остатков ткани и других примесей.

Передать экстракт в кювету для спектрофотометрии и измерить оптическую плотность при длине волны 232 нм и 270 нм.

Рассчитать перекисное число по формуле:  $\text{перекисное число} = (A270 - A232) \times 5,91$ , где A270 и A232 – оптическая плотность при длине волны 270 нм и 232 нм соответственно.

Полученное перекисное число можно интерпретировать следующим образом:

менее 5 ммоль/кг – низкое содержание перекисных соединений, продукт свежий и качественный;

от 5 до 20 ммоль/кг – умеренное содержание перекисных соединений, продукт может быть пригоден для употребления, но не рекомендуется для длительного хранения;

более 20 ммоль/кг – высокое содержание перекисных соединений, продукт нежелателен для употребления.

*Приготовление покрытия на основе хитозана в кислоте*

Ингредиенты:

Хитозан – 5 г;

Уксусная кислота – 1 л;

Глицерин – 5 мл (по желанию).

Взвешивали 5 г хитозана и добавляли его в 1 л уксусной кислоты. концентрацией 1 %.

Перемешивали раствор, чтобы хитозан полностью растворился. Растворение может занять несколько часов, в зависимости от концентрации и размера частиц хитозана.

Оставляли раствор на несколько часов, чтобы обеспечить полное растворение хитозана. Периодически перемешивали раствор, чтобы ускорить процесс растворения.

Далее добавляли 5 мл глицерина в раствор, чтобы улучшить адгезию покрытия на поверхности и обеспечить более гладкую поверхность покрытия.

Для удаления нерастворенных частиц хитозана профильтровывали раствор через фильтр для удаления остатков.

Нанесение хитозана производилось способом погружения.

## 2.2. Расчет времени сублимации диоксида углерода

Для обеспечения требуемой концентрации  $\text{CO}_2$  в аппарате для хранения рыбы в среде диоксида углерода, а также поддержания тепловлажностного режима необходимо учитывать время сублимации диоксида углерода. Для проведения дальнейшей экономической оценки необходима методика расчета времени сублимации диоксида углерода.

Значительные экологические преимущества хладагента R744 ( $\text{CO}_2$ ) гарантировали ему позицию ведущего варианта для будущих систем охлаждения. В течение многих лет он демонстрировал положительные результаты в различных системных конфигурациях, особенно в Европе, Австралии и Канаде. Первоначально высокие инвестиционные затраты теперь имеют тенденцию к снижению, в то время как инновации в технологиях компонентов и методах применения продолжают демонстрировать потенциальный прирост производительности. Эти результаты гарантируют, что  $\text{CO}_2$  станет долгосрочным вариантом в обозримом будущем.

Углекислый газ является естественным веществом; атмосфера состоит примерно из 0,04 %  $\text{CO}_2$  (370 частей на миллион). Он вырабатывается при дыхании большинства живых организмов и поглощается растениями. Он также производится во время многих промышленных процессов, в частности, когда ископаемое топливо, такое как уголь, газ или нефть, сжигается для выработки электроэнергии или привода транспортных средств.

Тройная точка возникает при давлении 4,2 бар и температуре  $-56,6$  °C. Ниже этой точки жидкой фазы нет. При атмосферном давлении твердый R744 сублимируется непосредственно в газ (сухой лед производит объем газа в 845 раз больше своего). Твердый R744 (также известный как сухой лед) имеет температуру поверхности  $-78,5$  °C [53].

Если R744 находится под давлением выше тройной точки и давление снижается ниже тройной точки (например, до атмосферного давления), он будет осаждаться непосредственно в твердом состоянии. Например, это может произойти при заправке вакуумной системы охлаждения жидким R744.

R744 не воспламеняется, но при применении и обращении необходимо учитывать его высокое давление, токсичность при высоких концентрациях и возможность образования сухого льда.

R744 не имеет запаха и тяжелее воздуха. Практический предел [48] для R744 ниже, чем для гидрофторуглеродов (ГФУ) из-за его высокой токсичности (ГФС нетоксичны):

практический предел R744: 0,1 кг/м<sup>3</sup> (56 000 частей на миллион);

практический предел R404A: 0,48 кг/м<sup>3</sup> (120 000 частей на миллион).

Пороговое предельное значение ПДК CO<sub>2</sub> составляет 5000 частей на миллион (0,5 %), а ПДК аммиака составляет 25 частей на миллион (0,0025 %), что является самой высокой концентрацией для восьмичасового предела.

Если утечка R744 может привести к превышению практически допустимой концентрации в закрытом помещении, например, в холодильной камере, необходимо принять меры предосторожности для предотвращения удушья. К ним относится использование постоянного обнаружения утечек, которое активирует сигнал тревоги в случае утечки.

Сухой лед (твердый R744) образуется, когда давление и температура R744 падают ниже тройной точки (4,2 бар, -56 °C).

Сухой лед не расширяется при формировании, но сухой лед становится газом по мере поглощения тепла (например, из окружающей среды). Если сухой лед окажется внутри системы, он будет поглощать тепло из окружающей среды и превращаться в газ. Это приведет к значительному повышению давления.

Скорость теплопередачи через поверхность  $dF$  можно рассчитать с помощью следующего уравнения:

$$Q = kA \times dT/dx ,$$

где  $Q$  – скорость теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>°C);  $k$  – теплопроводность границы раздела сухой лед – воздух;  $A$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;  $dF$ , а  $dT/dx$  – температурный градиент на поверхности раздела. Тогда скорость сублимации

можно рассчитать, как:

$$dM/dt = \rho \times V \times dF = \rho \times V \times dx \times dy ,$$

где  $dM/dt$  – скорость потери массы с поверхности, кг/ч;  $\rho$  – плотность сухого льда, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – скорость сублимации в единице объема, кг×м<sup>3</sup>/ч  $dF = dx \times dy$ . Скорость изменения площади поверхности из-за сублимации также можно рассчитать как:

$$dA/dt = - dF/dt = - dx \times dy \times dV/dt$$

где  $dA/dt$  – скорость изменения площади поверхности, а  $dV/dt$  – скорость изменения объема. Тогда уравнение теплового баланса для процесса сублимации может быть выражено как:

$$Q = dM \times \Delta H / dt = - dA \times \Delta H / dt ,$$

где  $\Delta H$  – теплота возгонки сухого льда, кДж/кг. Это уравнение можно использовать для расчета скорости сублимации и скорости теплопередачи для различных условий сублимации сухим льдом.

Количество сублимировавшего льда (кг)

$$dG = \gamma_{с.л} \frac{dx}{dt} dydzd\tau = \gamma_{с.л} \frac{dx}{dt} dFd\tau , \quad (2.1)$$

где  $\gamma_{с.л}$  – объемная масса сухого льда, кг/м<sup>3</sup>

$\frac{dx}{dt}$  – скорость перемещения границы раздела фаз по оси X.

Для сублимации этого количества льда требуется подвести тепло (ккал)

$$dQ = r_s dG$$

где  $r_s$  – теплота сублимации, ккал/кг.



К поверхности  $dF$  в общем случае могут иметь место конвективный и радиационный теплоподводы из окружающей среды, а также кондуктивный теплоподвод из самого массива сухого льда вследствие понижения температуры поверхности льда в процессе сублимации.

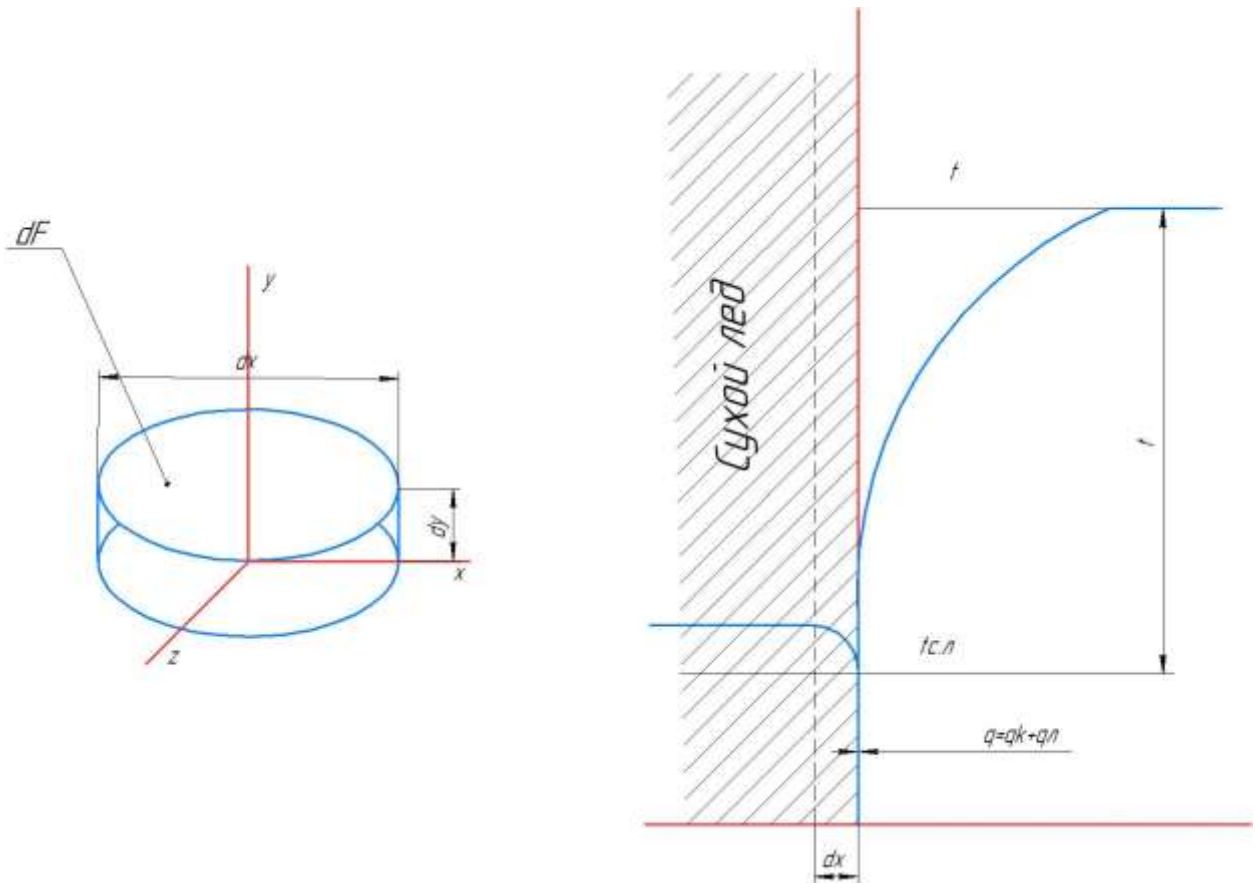


Рисунок 2.2 – Условия теплообмена между воздухом и сухим льдом

а – теплоподвод к поверхности полуограниченного массива; б – распределение температуры у границ и раздела фаз сухой лед – воздух.

В квазистационарном процессе величина  $dQ$  (ккал/ч) равна:

$$dQ = r_s \gamma_{c.л} \frac{dx}{dt} dF .$$

Это тепло должно войти через плоскость  $dF$ .

Тепловой баланс:

$$-\lambda(t) \frac{dt}{dx} dF + \alpha_k(t - t_{c.л})dF + \alpha_l(t_{н} - t_{c.л})dF = r_s \gamma_{c.л} \frac{dx}{dt} dF . \quad (2.2)$$

Или на единицу поверхности

$$Q_{\lambda} + q_k + q_l = -\lambda(t) \frac{dt}{dx} + \alpha_k(t - t_{c.l}) + \alpha_l(t_n - t_{c.l}) = r_s \gamma_{c.l} \frac{dx}{dt}, \quad (2.3)$$

где  $t$  – температура воздуха в помещении, °С;

$t_{c.l}$  – температура на поверхности сухого льда, °С;

$t_n$  – температура излучающих поверхностей, окружающих сухой лед, °С.

Как уже указывалось (2), при блоке сухого льда ограниченных размеров первым членом левой части равенства (3), поскольку величина его очень мала, можно пренебречь.

Тогда

$$\alpha_k(t - t_{c.l}) + \alpha_l(t_n - t_{c.l}) = r_s \gamma_{c.l} \frac{dx}{dt}. \quad (2.4)$$

Интенсивность сублимации

$$J = \gamma_{c.l} \frac{dx}{dt}.$$

$J$  – интенсивность сублимации (кг/(м<sup>2</sup>ч)) и скорость изменения размера блока  $\frac{dx}{dt}$  могут быть получены из опыта, что позволяет осуществить их взаимный контроль.

Интенсивность сублимации – это количество пара, выделяющегося из твёрдого тела при сублимации за единицу времени. Эта величина зависит от многих факторов, таких как температура, давление, влажность окружающей среды, термические свойства твёрдого тела и др.

Для определения интенсивности сублимации твёрдого тела можно использовать различные методы, включая методы взвешивания. Один из таких методов заключается в том, что сублимирующееся твёрдое тело помещается в закрытую камеру, в которой создаются определённые условия температуры, давления и влажности. Затем камера с веществом взвешивается на электронных

весах, и производится регистрация массы твёрдого тела в процессе сублимации. Изменение массы с течением времени позволяет определить интенсивность сублимации, при этом:

$$J = -\frac{1}{F} \cdot \frac{dG}{dt} .$$

На скорость сублимации сухого льда может влиять ряд факторов, включая температуру, давление и поток воздуха. Интенсивность сублимации сухого льда в условиях принудительной воздушной конвекции выше, чем в условиях свободной конвекции. за счет, разности в плотности между холодным газом  $\text{CO}_2$  и окружающим воздухом. Использование принудительной воздушной конвекции способствовало снижению температуры поверхности сухого льда до минус 108 градусов  $^{\circ}\text{C}$ .

Величину интенсивности сублимации можно рассматривать как состоящую из двух слагаемых  $J = J_k + J_l$  пропорциональных конвективному и лучистому теплоподводам:

$$J_k = \frac{\alpha_k(t - t_{c,l})}{r_s} ; \quad (2.5)$$

$$J_l = \frac{\alpha_l(t_{н} - t_{c,l})}{r_s} . \quad (2.6)$$

Коэффициент конвективной теплопередачи  $\alpha_k$  является мерой того, насколько эффективно тепло передается от твердой поверхности жидкости (например, воздуху), протекающей по ней. Значение этого коэффициента зависит от различных факторов, таких как скорость и температура жидкости, геометрия твердой поверхности и физические свойства жидкости и твердых материалов. Например, при  $Re < 10^5$  для шара  $Nu = 0.68Re^{0.5}$  (по Г. Юге) или  $Nu_f = 2 + 0.6Re_f^{0.5}Pr_f^{0.33}$  (по Ранцу и Маршаллу), для плиты  $Nu_f = 0.66Re_f^{0.5}$  (по Михееву).

Формула для расчета коэффициента конвективной теплопередачи обычно

включает использование эмпирических соотношений или теоретических моделей, основанных на экспериментальных данных и / или физических принципах. Лучистую составляющую (доля ее при совместном конвективном и лучистом теплоподводах при равенстве температуры среды  $t_c$  и излучателя  $t_{и}$ , и составляет ~10 % от общего значения) можно определять по формуле:

$$\alpha_{л} = \frac{\varphi_{п}^{\varepsilon} \cdot 4,9}{\Delta t} \left[ \left( \frac{T_{и}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{с.л}}{100} \right)^4 \right] \quad (2.7)$$

Коэффициент излучения поверхности может варьироваться от 0 (идеальный отражатель) до 1 (идеальный излучатель) и зависит от различных факторов, таких как текстура поверхности, температура и длина волны излучения. Вопрос предполагает, что коэффициент излучения сухого льда аналогичен коэффициенту излучения снега и принят равным  $\varepsilon_1 = 0,98 \div 0,99$ .

При данных условиях приведенная степь черноты:

$$\varepsilon_{п} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right)} \approx \varepsilon_1$$

Коэффициент облученности  $\varphi = 1$ , тогда:

$$\alpha_{л} = \frac{\varepsilon_1 \cdot 4,9}{\Delta t} \left[ \left( \frac{T_{и}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{с.л}}{100} \right)^4 \right] \quad (2.8)$$

Поскольку при этом разность  $\Delta T = T - T_{с.л} < 200$ град, дробь в правой части достаточно точно может быть заменена произведением:

$$0,04 \left( \frac{T_m}{100} \right)^3 .$$

Отсюда:

$$\alpha_{л} = 0,04 \cdot 4,8 \left( \frac{T_m}{100} \right)^3 , \quad (2.9)$$

где – 
$$T_m = \frac{T + T_{с.л}}{2} .$$

Конвективную составляющую интенсивности сублимации  $J_k$  можно

определить, пользуясь критериальным уравнением  $Nu_f = cRe_f^{0.5}$  подставляя в него вместо  $\alpha_k$  его значение через  $J_k$  из уравнения (5):

$$J_k = \frac{\Delta t}{r_s} \cdot \frac{\lambda}{l} cRe_f^{0.5} .$$

Или

$$J_k = c \frac{\Delta t \lambda}{r_s \gamma^{0.5}} \cdot \frac{\omega^{0.5}}{l^{0.5}} . \quad (2.10)$$

Откуда видно, что интенсивность сублимации прямо пропорциональна корню квадратному из скорости движения воздуха и обратно пропорциональна корню квадратному из линейного размера, что было проверено и подтверждено экспериментально.

Интенсивность сублимации зависит от направления воздушного потока к поверхности сухого льда. При тангенциальном и нормальном направлении потоков интенсивность сублимации определяется соотношением:

$$\frac{J_{\text{танг}}}{J_{\text{норм}}} = 1,2 \div 1,25 .$$

Опыты проводились в термокамере в диапазоне температур  $+60 \div -60$  °С градусов и скоростей  $\omega = 0,5 \div 6$  м/сек. Температуры обеспечивались электронагревателями и трехступенчатой автоматизированной холодильной машиной, работающей на фреоне R404.

Установлено, что скорость сублимации  $\frac{dG}{dt}$  пропорциональна массе навески в степени 0,5:

$$-\frac{dG}{dt} = AG^{0.5} ,$$

где  $\Phi$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от частных условий опыта.

Измерение параметров:  $m$  – масса сухого льда, кг;  $T_n$  – температура

обшивки внутренней камеры;  $A$  – концентрация  $\text{CO}_2$ , %;  $\varphi$  – относительная влажность воздуха, %;  $T_{\text{с.л.}}$  – температура сухого льда, °С;  $\omega$  – скорость воздушного потока, м/с;  $T_{\text{с}}$  – температура воздуха, °С.

Это позволило установить зависимость между временем сублимации и массой навески (Рисунок 2.3).

$$\tau_{\text{кон}} = BG_{\text{н}}^{0.5}, \quad (2.11)$$

где:  $\tau_{\text{кон}}$  – время полной сублимации навески с начальной массой  $G_{\text{н}}$ ;

$B$  – угловой коэффициент, константа, зависящая от частных условий сублимации.

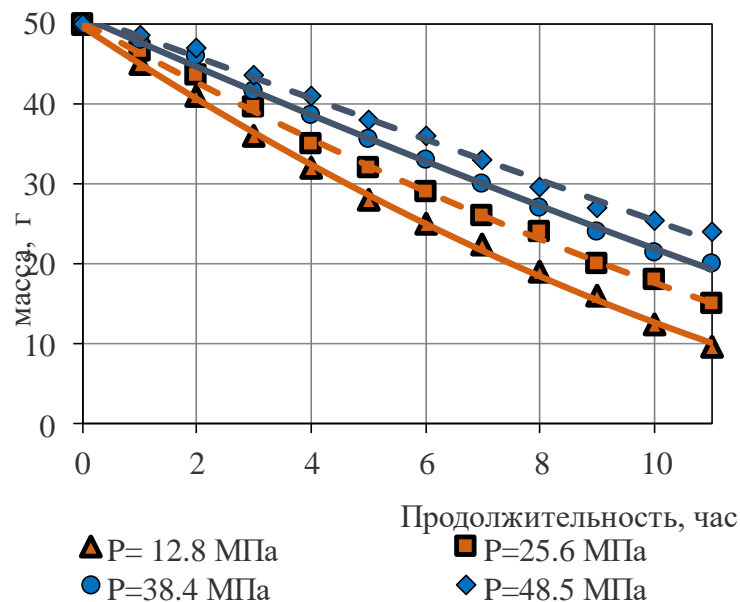


Рисунок 2.3 – Зависимость времени сублимации от плотности сухого льда

Сублимация навески в форме цилиндра продолжительнее, чем навески в форме шара. На основании этого при проектировании аппарата для хранения рыбы в среде диоксида углерода необходимо предусмотреть применение навесок в форме цилиндра.

При соблюдении геометрического подобия навески во время сублимации получим для интенсивности сублимации, пользуясь соотношением между линейным размером  $l$ , поверхностью  $F$  и объемом (массой  $G$ ) для правильного тела, следующее выражение для  $J$ :

$$J = -\frac{1}{F} \cdot \frac{dG}{d\tau} = -\frac{1}{F} AG^{0.5} = \frac{B_1}{l^{0.5}} \quad (2.12)$$

Выражение подтверждает зависимость  $J$  от  $l^{0.5}$  в уравнении.

График зависимости конечного времени сублимации сухого льда в потоке воздуха от температуры окружающей среды представлен на Рисунке 2.4.

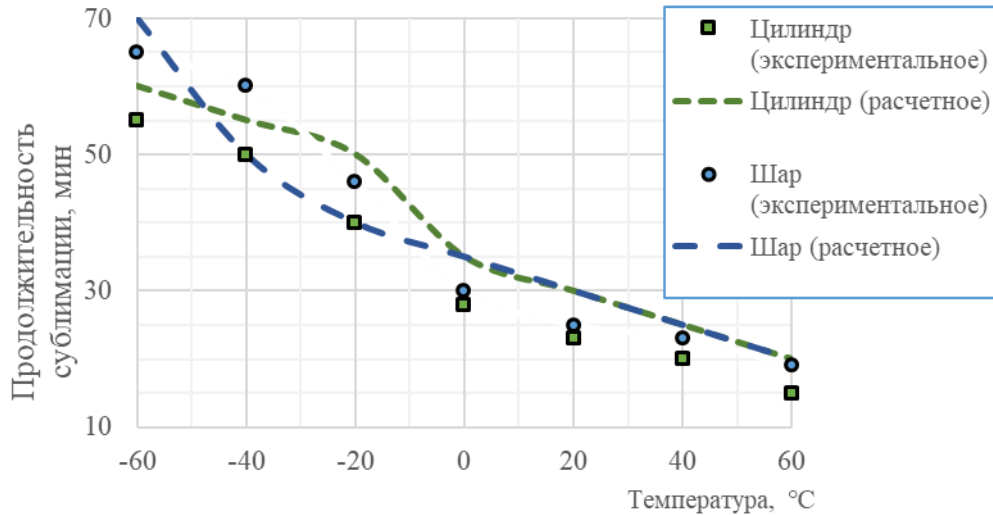


Рисунок 2.4 – Конечное время сублимации сухого льда в потоке воздуха при различной температуре окружающей среды

При конвективном теплоотводе среднюю скорость сублимации за процесс можно установить, пользуясь выражением и соотношением линейного размера, поверхности и объема (массы) блока правильной формы,

$$-\left(\frac{dG}{d\tau}\right)_k = J_k F = c \frac{\Delta t}{r_s} \cdot \frac{\omega^{0.5}}{\nu^{0.5}} \cdot \frac{F}{l^{0.5}} = c \frac{\Delta t}{r_s} \cdot \frac{\omega^{0.5}}{\nu^{0.5}} \gamma_{c,l}^{0.5} \Gamma G^{0.5} \quad (2.13)$$

где  $\Gamma$  – геометрический фактор формы.

В квазистационарном процессе меняется только масса блока (соответственно поверхность и линейный размер). Интегрируя выражение (2.13) с учетом начальных условий ( $\tau = 0, G = G_H$ ), факторы формы и выражения (2.10), получим для шара

$$\tau_{\text{кон}}^{\text{шар}} = \frac{2r_s (\nu \gamma_{c,l}^{-0.524})^{0.5}}{c \Delta t \lambda \pi} \cdot \frac{G_H^{0.5}}{\omega^{0.5}} = \frac{2(\gamma_{c,l}^{-0.524})^{0.5}}{\pi J_k} \cdot \frac{G_H^{0.5}}{l^{-0.5}} \quad (2.14)$$

Для куба:

$$\tau_{\text{кон}}^{\text{куб}} = \frac{r_s (\nu \gamma_{c,l})^{0.5}}{c 3 \Delta t \lambda} \cdot \frac{G_H^{0.5}}{\omega^{0.5}} = \frac{(\gamma_{c,l})^{0.5}}{3 J_k} \cdot \frac{G_H^{0.5}}{l} \quad (2.15)$$

С учетом лучистого теплоподвода  $J = J_k + J_l$ , тогда для шара:

$$\tau_{\text{кон}}^{\text{шар}} = \frac{2(\gamma_{\text{с.л}} \cdot 0.524)^{0.5}}{\pi(J_k + J_l)} \cdot \frac{G_H^{0.5}}{l^{-0.5}} \quad (2.16)$$

В качестве определяющего размера  $l$  (среднего за процесс) для навесок различной формы нужно принять величину  $l = \frac{6V}{F}$ , которая для шара и цилиндра равна диаметру.

Сходимость расчетных и опытных данных находится в пределах 20 %.

Основная погрешность объясняется искажением формы навески (закругления цилиндра, отклонения от правильной формы шара).

Полученная методика расчета продолжительности сублимации диоксида углерода позволит определить количество снегообразного  $\text{CO}_2$ , необходимое для создания модифицированной газовой среды в аппарате для хранения рыбы в среде диоксида углерода на заданный промежуток времени.

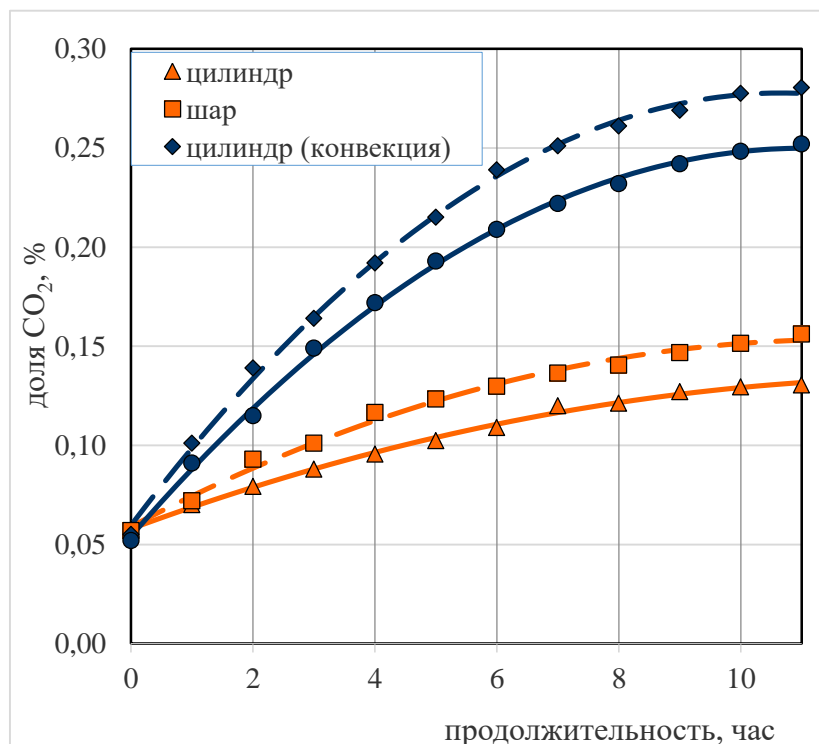


Рисунок 2.4 – Изменения концентрации брикетированного в виде цилиндра и шара диоксида углерода в рабочем объеме аппарата при естественной (оранжевый цвет) и вынужденной (синий цвет) конвекции



На Рисунке 2.5 показана схема аппарата для хранения сушеной-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода. Представленный аппарат состоит из теплоизолированной камеры (8), которая не перемещается. Корпус аппарата имеет внутренний контур, сделанный из листовой нержавеющей стали, и наружный контур, сделанный из листового алюминия. Между обшивками находится изоляция. Дверь, выполненная из алюминия (9), находится в верхней части аппарата. Рыба помещается в специальный решетчатый ящик (5), который устанавливается на профильные уголки. Аппарат размещается на основании (10).

Для подачи брикетированного снегообразного диоксида углерода в контейнер (12) используется привод, который перемещает прессованные цилиндры (брикеты) (13) из бункера (15). Механическая заслонка перемещается по роликам при помощи шагового двигателя. В камере установлен измеритель концентрации углекислого газа модели DT-802 (6), который при падении концентрации подает сигнал на приборную панель (14). Заслонка (17) открывается, и брикет спускается по желобу (16) непосредственно на тарелку (12) в камере.

Термодатчик (4) контролирует температуру в камере и регулирует интенсивность охлаждения. Если температура поднимается выше допустимого порога, датчик температуры посылает сигнал на контроллер (7) и установка отключается.

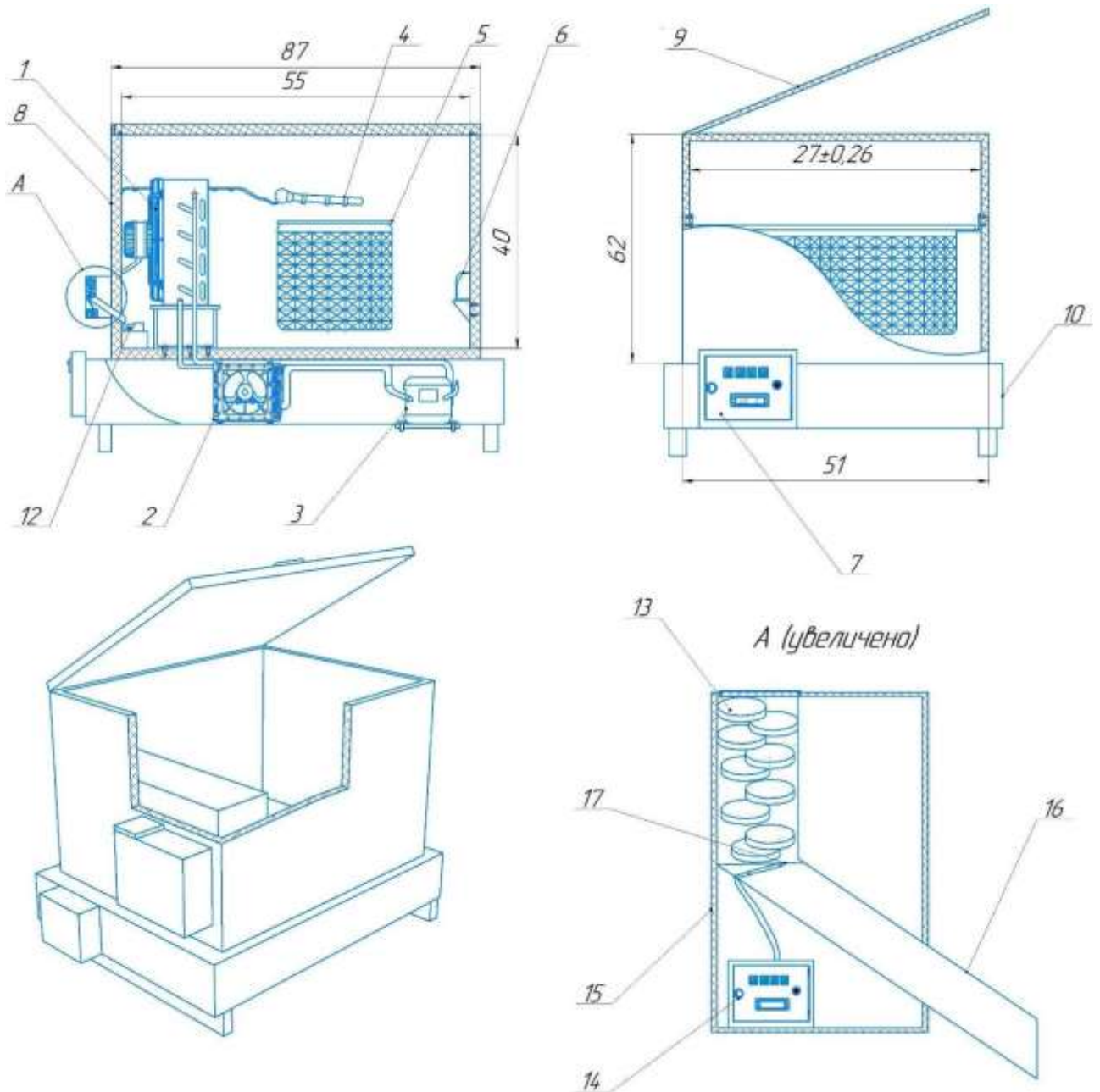


Рисунок 2.5 – Аппарат для хранения вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода

В данной установке применяется фреоновая (R404a) схема. В схеме, работающей при температуре кипения  $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , используются поршневой компрессор (3), испаритель (1), конденсатор (2).

Метод измерения: датчик CO2NDIR (инфракрасный, без рассеивания).  
 Диапазон измерений: 0 до 10000 ppm CO<sub>2</sub>.

Разрешение: 1 ppm. Точность CO<sub>2</sub>:  $\pm 1,5$  ppm или  $\pm 3\%$  показания. Диапазон температур: 23 – 122 °F (от -5 до 50 °C). Разрешение: 0,1 °C/°F.

Точность измерения температуры:  $\pm 0,1$  °С. Отн. влажность: 0,1–90 %.

Разрешение: 0,1 %. Точность:  $\pm 0,5$  %.

Регистратор влажностно-температурных характеристик применяется с целью мониторинга данных показателей в помещениях бытового и хозяйственного назначения, рефрижераторном транспорте, изотермических контейнерах и объектах, на которых осуществляется вентиляция и кондиционирование воздуха. Регистратор осуществляет непрерывные замеры и сохраняет данные или воспроизводит их в режиме реального времени. Диапазон измерений от 0 до 100 % RH от -40 до +70 °С.

### **2.3. Разработка балльной шкалы для оценки органолептических показателей качества вяленой и копченой рыбы**

Разработка балльной шкалы для оценки органолептических показателей качества вяленой и копченой рыбы позволит получить количественную оценку качества продукта, что может быть полезно для контроля производства и улучшения качества продукта.

1. Определение параметров качества, которые необходимо оценить. Это может быть вкус, аромат, текстура и другие органолептические свойства, которые могут влиять на качество продукта.

2. Определение диапазона баллов, которые будут использоваться в шкале. Этот диапазон может быть от 1 до 10 или от 1 до 5, в зависимости от того, какая шкала будет более удобной для оценки.

3. Разработка описания каждого уровня баллов, которые будут использоваться для оценки каждого параметра качества. Например, для вкуса можно разработать описание для каждого уровня баллов от «неприятный вкус» (1 балл) до «очень приятный вкус» (10 баллов).

4. Проведение экспериментальных оценок вяленой и копченой рыбы с использованием разработанной шкалы. Эксперты, имеющие опыт в оценке качества рыбы, могут быть приглашены для оценки продукта.

5. Анализ результатов и уточнение шкалы при необходимости. Если результаты оценок не соответствуют ожиданиям, шкала может быть уточнена или доработана для улучшения оценки качества продукта.

Оценка органолептических показателей качества пищевой продукции, в том числе вяленой и копченой рыбы, была выбрана, так как обеспечивает высокие статистические результаты без использования дополнительного оборудования. В ходе выполнения работы было установлено, что характеристика органолептических показателей, изложенная в стандартах, в частности ГОСТ 33803-2016 «Рыба пресноводная вяленая», не позволяет выявить полноценное представление о качестве и возможности сформировать

объективные данные дегустационного анализа, полученные в численном выражении. Как следствие, невозможно получить значение качества продукции, а также определить ее недостатки. На основании этого сформировалась задача разработки собственной описательной шкалы для вяленой и копченой рыбы с учетом коэффициентов весомости органолептических показателей для повышения объективности дегустационной оценки, имеющей балльную структуру.

Использовался метод градации по категориям (распределения по качественным показателям). Данный метод основывается на принципах присвоения категории в зависимости от выставленной оценки по единичной или многофакторной органолептической характеристике.

Изначально производили выбор номенклатуры органолептических показателей качества вяленой и копченой рыбы экспертным методом: внешний вид, цвет, текстура, запах, вкус и послевкусие. Данные показатели наиболее полно отражают качество и идентификационные характеристики вяленой и копченой рыбы.

Основные критерии качества вяленой и копченой рыбы определяются двумя методами: органолептическим и химическим. Определение массовых долей влаги и соли относятся к химическим. Данные показатели являются базовыми для функции сохранения качества продукции.

Высокой ценностью для вяленой рыбы является критерий прозрачности мышечной ткани. Наиболее просто этот показатель определяется на срезе куска филе при помещении его в луч света. Методическая оценка данного показателя качества характеризуется единичными показателями органолептической шкалы, таких как: оттенок поверхности вяленой рыбы (насколько характерен для данного вида), единица выраженности, прозрачность.

Коэффициенты весомости определяли, применяя экспертный метод.

На основе анализа весовые коэффициенты группы свойств должны быть определены экспертами с использованием системы числового ранжирования. Данная методика оценки качества рыбы предполагает использование экспертной

группы для оценки органолептических свойств продукта. Каждому показателю качества присваивается коэффициент значимости, а затем по разработанной шкале каждому показателю присваивается балльная оценка. Общий балл качества рыбы определяется путем суммирования баллов по всем показателям.

Оценка на уровне 5 баллов соответствует высокому качеству, оценка на уровне 4–5 баллов соответствует хорошему качеству, оценка на уровне 3–4 баллов – удовлетворительному качеству, оценка ниже 3 баллов считается низким качеством. Оценка на уровне 2–3 баллов соответствует очень низкому качеству, а оценка ниже 2 баллов соответствует крайне низкому качеству.

При этом важному показателю качества присваивается высший ранг, что учитывается в расчете средней оценки экспертной группы. Эта методика может быть полезна для оценки качества рыбы в производственных условиях или для сравнения качества различных образцов рыбы.

Важно отметить, что конкретные показатели и коэффициенты значимости, используемые в шкале, могут варьироваться в зависимости от контекста и конкретных потребностей оценки. Однако общая идея состоит в том, чтобы присвоить баллы различным показателям качества и использовать эти баллы для определения общего рейтинга качества рыбы.

Некоторые общие показатели качества, которые могут быть включены в такую шкалу, включают следующие показатели.

Внешний вид. Как выглядит рыба. Является ли она визуально привлекательной и без каких-либо явных дефектов или пятен.

Запах. Есть ли сильный неприятный запах, который может указывать на порчу или загрязнение.

Текстура. Твердая и упругая или мягкая и рыхлая.

Вкус. Свежий и приятный или пресный и неаппетитный.

Оценивая эти и другие соответствующие показатели качества и присваивая каждому из них баллы, можно разработать комплексную оценку качества данного рыбного продукта. Это может быть полезно для обеспечения того, чтобы потребители имели доступ к высококачественным, безопасным и

питательным морепродуктам, а также для определения областей, в которых можно улучшить производство рыбных продуктов и обращение с ними.

Величина расхождения во мнениях экспертов может зависеть от различных факторов, таких как контекст проблемы, опыт вовлеченных лиц и качество представленных аргументов.

Однако одним из подходов к оценке ценности расхождения во мнениях может быть рассмотрение следующих факторов.

Экспертиза: уровень квалификации лиц, участвующих в обсуждении, может быть важным фактором при оценке значения расхождения во мнениях. Если эксперты имеют разные области специализации или уникальные точки зрения, их различные мнения могут обеспечить более полное понимание проблемы.

Доказательства: качество и количество доказательств, представленных экспертами, могут быть еще одним важным фактором при оценке значения расхождения во мнениях. Если эксперты имеют доступ к разным источникам данных или проанализировали данные по-разному, их разные мнения могут обеспечить более тонкое понимание проблемы.

Консенсус: степень консенсуса среди экспертов также может быть важным фактором при оценке значения расхождения во мнениях. Если эксперты в целом согласны по большинству аспектов проблемы, но имеют разные мнения по конкретному аспекту, то расхождение их мнений может выявить область неопределенности или разногласий, требующую дальнейшего изучения.

Последствия: потенциальные последствия различных мнений экспертов также могут быть важным фактором при оценке их ценности. Если мнения экспертов имеют существенное практическое или политическое значение, может быть важно тщательно оценить доказательства и аргументы, представленные каждым экспертом, чтобы определить наилучший курс действий.

Для определения ценности расхождения во мнениях экспертов используется следующая формула:

$$S' = \sum (d_i)^2 \times W_n,$$

где  $S'$  – сумма квадратов отклонений;  $d_i$  – отклонение  $i$ -го показателя свойства от среднего значения всех экспертных оценок;  $n$  – число показателей свойств в группе.

Значение коэффициента  $W_n$ , находящегося в диапазоне от 0 до 1, показывает уровень согласованности мнений экспертов. Если  $W_n = 0$ , то полностью отсутствует согласованность мнений  $N$  экспертов, а при  $W_n = 1$  имеется полная согласованность мнений всех  $N$  экспертов. Обычно принимается, что уровень согласованности вполне достаточен, если  $W_n > 0,5$ .

Для проверки значимости соответствия наблюдаемого значения статистики  $W$  ожидаемому для  $\chi^2$ -распределения использовали критерий Пирсона. Критерий Пирсона определяет степень отклонения наблюдаемого распределения от ожидаемого распределения, и вычисляет вероятность получения такого или более экстремального результата в случае, если гипотеза о том, что наблюдаемое распределение соответствует ожидаемому распределению, неверна. Если эта вероятность ( $p$ -value) меньше некоторого заранее заданного уровня значимости, то гипотеза отвергается в пользу альтернативной гипотезы, которая утверждает, что наблюдаемое распределение отличается от ожидаемого.

Формально, критерий Пирсона использует следующую статистику:

$$\chi^2 = \sum (O_i - E_i)^2 / E_i,$$

где  $O_i$  – наблюдаемая частота  $i$ -го исхода,  $E_i$  – ожидаемая частота  $i$ -го исхода, вычисленная на основе гипотезы о соответствии наблюдаемого распределения  $\chi^2$ -распределению, а сумма берется по всем  $i$ .

Статистика  $\chi^2$  имеет распределение  $\chi_i^2$  – квадрат с  $n-1$  степенями свободы, где  $n$  – количество категорий в исходном наборе данных.

Для проверки гипотезы о соответствии наблюдаемого распределения  $\chi^2$ -распределению используется таблица критических значений  $\chi_i^2$  – квадрат распределения, которую можно найти в статистических таблицах или вычислить с помощью соответствующих программ.



Если значение статистики  $\chi^2$  меньше критического значения, то гипотеза о соответствии наблюдаемого распределения  $\chi^2$ -распределению не отвергается. Если же значение статистики  $\chi^2$  больше критического значения, то гипотеза отвергается в пользу альтернативной гипотезы.

$$\chi^2 = N(n-1)W$$

Расчетный коэффициент значимости данного показателя «внешний вид» составил 0,25. Такой критерий, как «внешний вид», позволяет покупателю получить представление о качестве вяленой или копченой рыбы, следовательно, данному критерию отводится четверть от общей оценки.

Значение коэффициента значимости показателя качества «цвет» вяленой и копченой рыбы равен 0,15.

Дегустация проб вяленой рыбы позволяет сформировать понимание о вкусе и ароматике продукта. Из палитры вкусов чаще всего выделяют: соленый с различной градацией, кисловатый, горьковатый, пикантный. Коэффициент значимости показателя «вкус» в балльной шкале 0,2.

По мнению большинства дегустаторов, показатели вкуса и аромата вяленой и копченой рыбы обладают тесной взаимосвязью. Благодаря обонянию при употреблении в пищу вяленой и копченой рыбы человек формирует основу комплексных ощущений, образующихся благодаря обонятельным рецепторам.

Такой критерий, как запах вяленой и копченой рыбы, позволяет потребителю без дополнительных инструментов получить информацию о компонентах, использованных с целью придания особого аромата и о стадии «созревания» вяленой или копченой рыбы. Сформировать представление об этом позволяют как единичные составляющие (образовавшиеся в ходе характерных для вяленой и копченой рыбы (посол, процесс дегидратации), так и в результате работы ферментов непосредственно самой рыбы. Как было отмечено ранее, в рыбе (преимущественно в ее мышечных тканях) они содержатся в достаточно высоком количестве.

В аромат вяленой и копченой рыбы иногда включаются составляющие,

предшествующие планируемым изменениям в тканях рыбы и отрицательные компоненты, по наличию которых и определяется наличие нежелательных процессов. К таким процессам относятся: появление плесневых грибов, окисление липидов, образование неприятного аромата. Крайнее зачастую обусловлено свойством вяленой и копченой рыбы впитывать посторонние ароматы. Именно по этой причине предъявляются высокие нормы к материалам и методам хранения данного вида пищевой продукции. В целом органолептические показатели проецируют изменения в вяленой и копченой рыбе, способные сформировать впечатления как о пищевом продукте в полной мере, при этом не определяются прочими показателями.

Согласно описанию для расчета оценки качества вяленой рыбы нужно выполнить следующие шаги:

- рассчитать балл для каждого показателя согласно разработанной шкале с учетом коэффициентов значимости;

- суммировать баллы по всем показателям с учетом коэффициентов значимости;

- оценить качество вяленой рыбы в соответствии со следующими критериями:

5 баллов – отличное качество 4–5 баллов – хорошее качество 3–4 баллов – удовлетворительное качество, менее 3 баллов – плохое качество.

Для того чтобы оценить качество конкретной партии вяленой рыбы, нужно выполнить первые два шага и получить сумму баллов по всем показателям с учетом коэффициентов значимости. Затем нужно сравнить эту сумму с критериями, перечисленными выше, чтобы определить качество рыбы. Если сумма баллов равна 5, то рыба соответствует отличному качеству, если она находится в диапазоне от 4 до 5, то это хорошее качество, если она находится в диапазоне от 3 до 4, то это удовлетворительное качество, а если она меньше 3, то это плохое качество.

Шкала органолептической оценки вяленой рыбы представлена в Таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Шкала органолептической оценки вяленой рыбы

Значения шкалы в баллах	Показатель и характеристики				
	Внешний вид <i>K<sub>знач</sub> = 0,25</i>	Цвет <i>K<sub>знач</sub> = 0,15</i>	Запах <i>K<sub>знач</sub> = 0,2</i>	Вкус <i>K<sub>знач</sub> = 0,25</i>	Консистенция <i>K<sub>знач</sub> = 0,15</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- целостность;</li> <li>- выраженность формы;</li> <li>- наличие белого или матового налета</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- степень свойственности;</li> <li>- степень выраженности используемых добавок;</li> <li>- прозрачность на срезе;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- степень свойственности;</li> <li>- степень выраженности аромата;</li> <li>- проявление постороннего запаха или запаха окисленного жира</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- степень свойственности;</li> <li>- степень выраженности созревания;</li> <li>- оттенки вкусовых ощущений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- плотность;</li> <li>- слоистость;</li> <li>- сочность</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- форма четко выражена;</li> <li>- может присутствовать матовость или незначительный белый налет</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- цвет, свойственный вяленой рыбе;</li> <li>- ярко выражен цвет;</li> <li>- явно выраженная прозрачность на срезе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- запах, свойственный вяленой рыбе;</li> <li>- интенсивный, с ярко выраженным ароматом;</li> <li>- отсутствие посторонних запахов или окислившегося жира</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вкус, характерный для сушено-вяленой рыбы;</li> <li>- вкус приятный;</li> <li>- ясно выражен вкус добавок, отсутствуют посторонние привкусы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- плотная;</li> <li>- не расслаивающаяся;</li> <li>- разжевывается без усилий</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Целостность не нарушена, могут быть отдельные ломаные кусочки плавников или хвоста; форма выражена нечетко;</li> <li>- поверхность матовая, может быть незначительный белый налет</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- характерный цвет для вяленой рыбы;</li> <li>- цвет использованных добавок достаточно выражен;</li> <li>- свойственная прозрачность на срезе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- запах, характерный для вяленой рыбы;</li> <li>- выражен аромат добавок и созревания;</li> <li>- отсутствует посторонний запах или запах окисленного жира</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вкус, характерный для сушено-вяленой рыбы;</li> <li>- вкус приятный, со слабо выраженным созреванием;</li> <li>- выражен вкус добавок, отсутствуют посторонние привкусы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- плотная, может быть очень плотная;</li> <li>- слегка расслаивающаяся;</li> <li>- разжевывается с усилием</li> </ul>

Продолжение таблицы 2.2

3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- поверхность рыбы матовая, присущ белый налет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- характерный цвет для вяленой рыбы;</li> <li>- цвет использованных добавок слабо выражен;</li> <li>- неявно выражена прозрачность на срезе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- слабо выражен запах сушено-вяленой рыбы-кусочков;</li> <li>- аромат добавок и созревания слабо выражены;</li> <li>- слабо выражены посторонние запахи или запахокисленного жира</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- слабо выражен вкус, свойственный вяленой рыбе</li> <li>- вкус приятный, без выраженного созревания;</li> <li>- вкус добавок выражен слабо, посторонние при-вкусы отсутствуют</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- твердоватая или мягковатая;</li> <li>- волокнистое филе;</li> <li>- разжевывается без особых усилий или с трудом</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- матовость и белый налет присутствуют</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- присутствуют несвойственные оттенки;</li> <li>- цвет использованных добавок не выражен;</li> <li>- плохая прозрачность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- запах не свойственный;</li> <li>- не выражен аромат добавок и созревания;</li> <li>- присутствуют посторонние запахи или запах окислившегося жира</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не характерный для сушено-вяленой рыбы;</li> <li>- вкус неприятный, без созревания;</li> <li>- не выражен вкус добавок, присутствие посторонних привкусов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мягкая или плотная;</li> <li>- начинает расслаиваться;</li> <li>- раскусывается и разжевывается без усилий или с трудом</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- матовость и белый налет ярко выражены</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- несвойственный цвет;</li> <li>- цвет использованных добавок не выражен;</li> <li>- нет прозрачности на срезе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- несвойственный запах;</li> <li>- не выражен аромат добавок;</li> <li>- присутствуют посторонние запахи, запах окислившегося жира</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нехарактерный вкус;</li> <li>- неприятный вкус, без созревания;</li> <li>- не выражен вкус добавок, присутствие посторонних вкусов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- очень мягкая или очень плотная;</li> <li>- расслаивается;</li> <li>- раскусывается и разжевывается без усилий или с трудом</li> </ul>

Таблица 2.3 – Коэффициенты значимости органолептических показателей

Органолептический показатель	Коэффициент значимости	Диапазон каждого показателя	Диапазон суммы всех показателей
Внешний вид	0,25	0,25 – 1,25	1 – 5
Цвет и прозрачность мышечной ткани на срезе ломтиков	0,15	0,15 – 0,75	
Консистенция	0,15	0,15 – 0,75	
Запах	0,2	0,2 – 1,0	
Вкус	0,25	0,25 – 1,25	

Органолептическую оценку рыбных продуктов проводили в соответствии с основными принципами проведения сенсорного анализа. Перед проведением оценки рыбу разделявали на филе и нарезали ломтиками толщиной примерно 2 см. На основе данных, полученных при проведении органолептической оценки по предложенной шкале, составлены профилограммы органолептической оценки, представленные в Главе 3 данной диссертационной работы.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1. Влияние пищевых пленкообразующих покрытий на ингибирование развития микроорганизмов и увеличение срока хранения вяленой и копченой рыбы в процессе хранения

Для определения влияния веществ, входящих в состав пленочных покрытий на срок хранения и уменьшения потери массы в процессе хранения, была проведена серия экспериментальных исследований.

На первом этапе была подобрана методика приготовления покрытий. На следующем этапе был определен оптимальный состав компонентов, входящих в пленочное покрытие.

Пленочное покрытие изготавливали согласно патенту «Биоразлагаемое пищевое пленочное покрытие» (№ 2662008, 27.07.2018. Бюл. № 21).

Для характеристики полученных покрытий был проведен физико-химический анализ, основанный на следующих показателях: содержание влаги [142], содержание жировых веществ, экстрагируемых органическими растворителями [143], минеральных веществ [144], активность среды [146], плотность [147] (Таблица 3.1).

По результатам органолептической оценки покрытие 1 представляет собой продукт густой консистенции белого цвета с незначительным кисломолочным запахом, а покрытие 2 имело густую консистенцию, запах слабый молочный, коричневого цвета.

Плотность покрытий находилась в диапазоне от 1,2 кг/м<sup>3</sup> до 1,1 кг/м<sup>3</sup>, что указывало на наличие в продукте высокомолекулярных комплексов [56].

Наибольшее снижение поверхностного натяжения было характерно для водного раствора покрытия 1 в интервале концентраций от 0,2 до 1,2 г/дм<sup>3</sup>, в котором поверхностное натяжение снижалось в пределах  $70,54 \times 10^{-3}$  –  $65,46 \times 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>. В покрытии 1 в водном растворе наблюдалось уменьшение поверхностного натяжения. Следовательно, полученное покрытие 1 характеризуется лучшим смачивающим действием, чем покрытие 2, что

указывает на хорошие адгезионные свойства.

Объектами исследования являлись Покрытие 1, и Покрытие 2.

Таблица 3.1 – Физико-химические и органолептические показатели биополимеров

Показатель	Покрытие 1.	Покрытие 2
Цвет	Белый	Коричневым
Запах	Слабый кисловатый	Слабый молочный
Консистенция	Густая	Густая
pH (20°C)	4,4±0,1	4,2±0,1
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,2±0,5	1,1±0,5
Массовая доля сухого остатка, %	6,4±1,1	5,4±1,4
Массовая доля влаги, %	93,6±1,1	94,6±1,4
Массовая доля азота, %	0,7±0,3	0,4±0,3
Массовая доля минеральных веществ, %	2,3±1,2	0,9±1,3

Результаты органолептической оценки покрытий представлены на рисунке 3.1

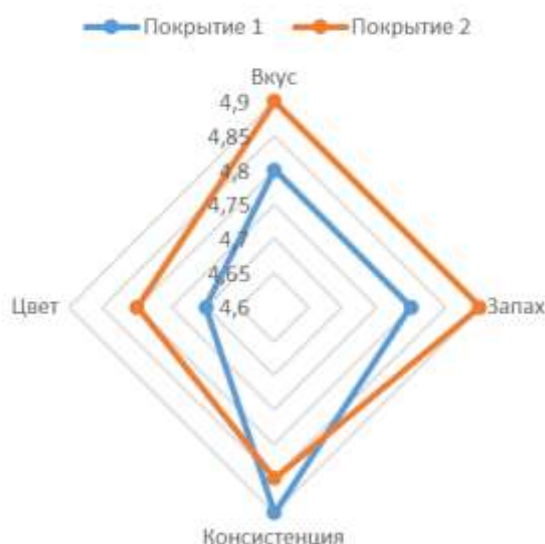


Рисунок 3.1 – Результаты органолептической оценки покрытий

Последующие экспериментальные исследования проводились с применением покрытия 1. Причиной этого стали недостатки, выявленные при

анализе пленочного покрытия 2, а именно: продолжительное время производства и трудоемкость в целом. Эти факторы связаны с особенностью процесса растворения ксантана, для которого необходимы дополнительные технические средства, при этом в ходе органолептической оценки было выявлено снижение показателей «вкус» и «цвет».

На следующем этапе с целью реализации основной задачи исследования были проведены эксперименты по хранению вяленой и копченой рыбы в разработанном аппарате. Данные об объектах исследования и условиях проведения эксперимента, сформированных на основании норм технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) представлены в Таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Данные о объектах исследования и условиях проведения эксперимента (температура / продолжительность хранения:  $0\pm 2$  °С / 10 суток)

Объект исследования	Масса, кг	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира, %
Камбала вяленая	0,120±0, 001	30	13
Камбала копченая		50	12
Лещ вяленый		25	10
Лещ копченый		45	15

Данные о динамике усушки и органолептические показатели контрольной партии вяленой и копченой рыбы представлены на Рисунках 3.2 и 3.3.



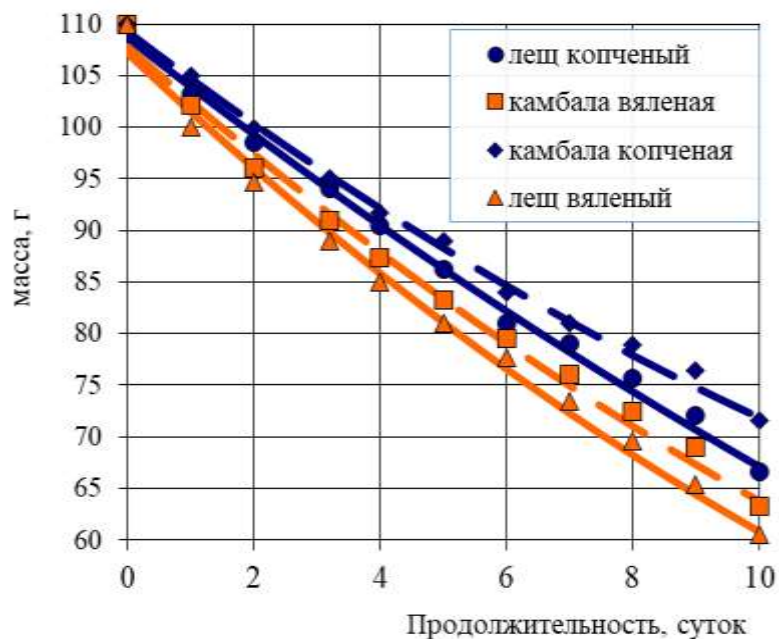


Рисунок 3.2 – Динамика изменения массы рыбы при традиционном способе хранения

В первые сутки потеря массы составила 7 %. Это связано с доставкой влаги из внутренних слоев объекта исследований к поверхности, задействуются механизмы диффузии скорость которой снижается по мере потери влаги. В последующий период – вторые и третьи сутки – усушка рыбы замедляется на поверхностном слое и начинается процесс усушки воды во внутреннем слое рыбы, и связан с потерей прочно связанной воды. Профилограмма, представленная на Рисунке 8 построена на основании разработанной описательной шкалы для вяленой и копченой рыбы с учетом коэффициентов весомости органолептических показателей для повышения объективности дегустационной оценки, имеющей балльную структуру. Суммарная балльная оценка товарного качества продукта составила 5,7 и 4,9 баллов для копченой и вяленой рыбы соответственно.

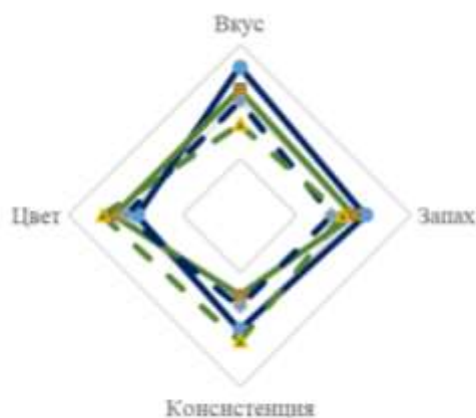


Рисунок 3.3 – Профилограмма органолептических показателей рыбы при традиционном способе хранения

Общий характер протекания процессов в вяленой рыбе аналогичен, однако значения кислотного и перекисного чисел липидов жира ниже на 20 %. Все исследуемые показатели соответствуют нормативной документации. Исходя из этой информации, был определен десятидневный период эксперимента.

На следующем этапе с целью реализации основной задачи исследования были проведены эксперименты по хранению вяленой и копченой рыбы с нанесенным на её наружную поверхность покрытием. Основной целью экспериментов является определение зависимости изменения массы вяленой и копченой рыбы с нанесенным покрытием на основе хитозана, хранимой при температуре  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 75 % по времени. Согласно ГОСТ 1551-93 - Рыба вяленая, при температуре от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до минус  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  срок годности вяленой рыбы с даты не более 1 месяца с даты изготовления. По данным производителей и ритейлеров средний срок реализации данной продукции не более 10 суток, а максимальная усушка происходит в первые четверо суток хранения. Результаты изменения массы рыбы представлены на Рисунке 3.4.

В первую группу экспериментов были включены два образца рыбы: лещ и камбала, каждый с массой  $100 \pm 5$  г. Влажность камбалы составила 44 %, а леща – 41 %. Сходство в динамике потери массы лещом и камбалой при данных условиях хранения позволяет предположить, что эти виды рыб могут обладать схожими влагоудерживающими способностями. Однако начальное содержание влаги в рыбе может влиять на скорость потери массы, что видно по более

высокой потере массы камбалой в течение первых и вторых дней хранения.

Надлежащие условия хранения, включая контроль температуры и влажности, имеют решающее значение для минимизации потери веса и сохранения качества хранимой рыбы. Высокое содержание соли в морской рыбе, такой как камбала, также может повлиять на сохранность продукта, делая его более подверженным порче. Поэтому важно учитывать тип хранимой рыбы и ее уникальные характеристики при определении оптимальных условий хранения. У камбалы в первый и второй дни хранения заметна большая потеря массы. Это связано с тем, что у камбалы в тканях мяса содержится большее количество воды, в сравнении с лещом. Также это связано с тем, что камбала – морская рыба, соответственно, в тканях мяса камбалы содержится морская вода (йодированная вода), которая испаряется намного быстрее пресной воды из-за большого содержания солей в ней.

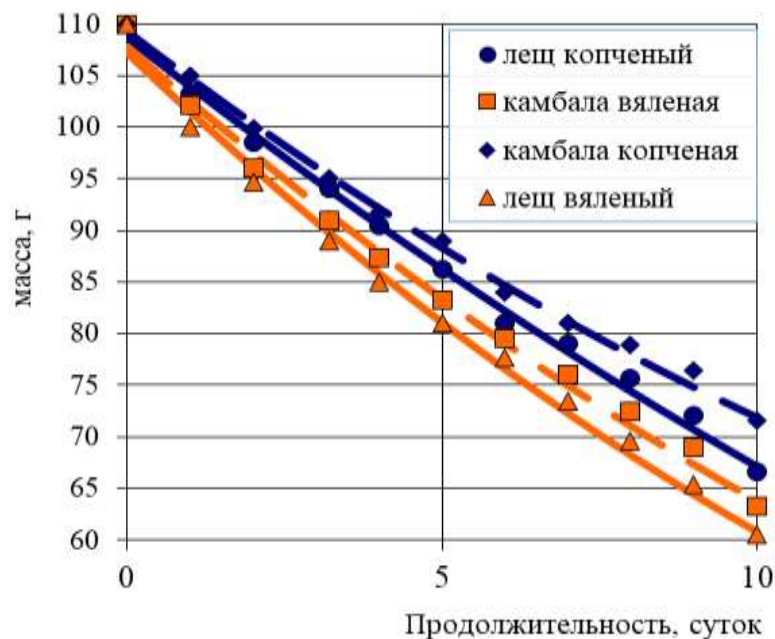


Рисунок 3.4 – Динамика изменения массы вяленой рыбы с нанесенным покрытием на основе хитозана в процессе хранения

Условия хранения, влажность и температура одинаково влияют и на камбалу, и на леща. Камбала испытывает значительную потерю веса в первые и вторые сутки хранения из-за более высокого содержания воды в мясных тканях,

в том числе морской воды, которая испаряется быстрее, чем пресная вода из-за высокого содержания солей. Лещ усыхает меньше, чем камбала. В первые сутки хранения происходит наибольшая потеря массы за счет разницы температур охлаждаемого продукта и воздуха в помещении хранения, а также адсорбции мономолекулярного слоя свободных молекул воды.

Уменьшение массы может быть связано с испарением влаги или потерей массы при распаде белковых и жировых соединений в рыбе. Изменение цвета поверхностного слоя может быть вызвано окислением жиров или других компонентов в рыбе, что приводит к изменению цвета и текстуры продукта. В целом эти изменения могут свидетельствовать о снижении качества сушеной-вяленой рыбы.

На втором этапе экспериментов были проведены исследования с 2 образцами рыбы – камбала и лещ. Заданная температура в камере хранения 0 °С, влажность – 75 %.

В эксперименте задействованы два вида рыбы. Масса камбалы – 0,0951 кг, влажность рыбы 42 %. Лещ 0,0935 кг, влажность 45 %, процесс изменения усушки рыбы показан на Рисунке 3.5.

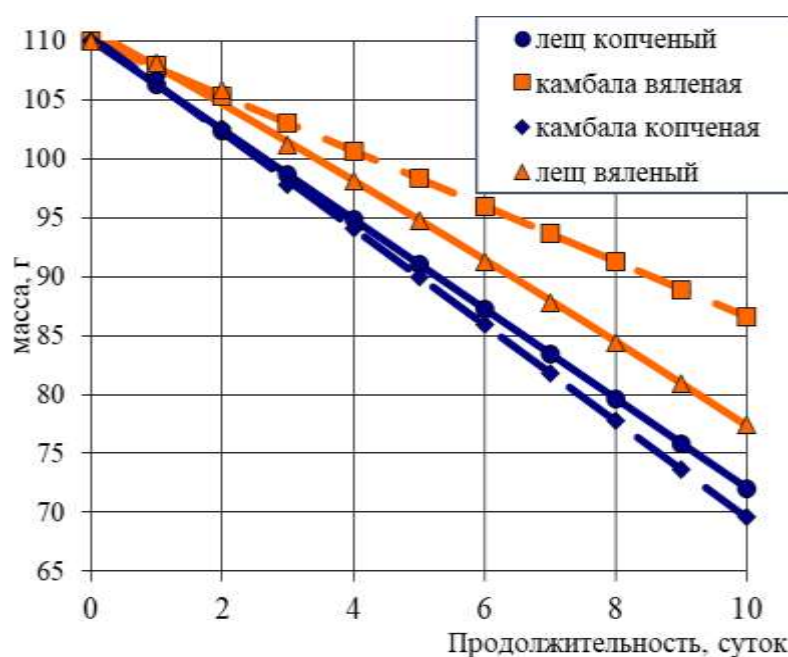


Рисунок 3.5 – Динамика изменения массы вяленой рыбы с нанесенным покрытием на основе хитозана в процессе хранения

По полученным данным можно сказать, что при заданных параметрах влажности и температуры в камере хранения камбала в первые сутки имеет очень высокую усушку. Такой быстрый процесс усушки связан с низким содержанием жира продукта и высоким содержанием воды на поверхностном (свободная вода) и внутреннем слое (связанная воды) мяса рыбы. Изменение цвета поверхности камбалы связано с тем, что максимально допустимая температура и высокая влажность неблагоприятно влияют на ее хранение. Изменения цвета поверхности леща проявились на третий день, это связано с тем, что рыба-лещ более приспособлен к изменениям температуры, поскольку одним из факторов здесь был рыбий жир, который составляет 6,8 %, у камбалы – 2,2 %.

Сравнивая эксперименты 3.2 и 3.3, можно сделать вывод, что при более высоких температурах в камере срок хранения рыбы уменьшается, поскольку процесс усушки при высоких температурах намного интенсивнее.

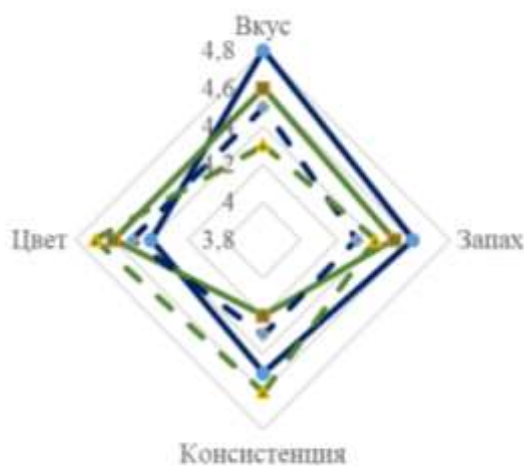


Рисунок 3.6 – Профилограмма органолептических показателей вяленой рыбы с нанесенным покрытием на основе хитозана

Результаты микробиологических испытаний партии вяленой рыбы (камбала) с нанесенным покрытием на основе хитозана после истечения установленного срока хранения 10 суток при температуре 0 °С и влажности 75 %

приведены в Таблице 3.3 и в Приложении.

На основании полученной информации следует, что тестируемый вяленый рыбный продукт необходимо сравнить с допустимыми нормами, установленными в ТР ЕАЭС 040/2016. Кроме того, использование пленочного покрытия в технологии этих вяленых рыбопродуктов представляется выгодным, так как способствует безопасности получаемого продукта. В представленной информации не указана точная природа используемого пленочного покрытия, но можно предположить, что оно эффективно снижает риск микробиологического загрязнения. Минимальное значение активности воды ( $a_w$ ) для вяленой рыбы влажностью 20,2 % экспериментально установлено и составляет 0,607.

Однако следует отметить, что большинство высоких значений активности воды ( $a_w=0,707$ ) были обнаружены в опытных партиях с покрытием на основе хитозана после установленного срока годности. Это говорит о том, что покрытие на основе хитозана может быть не столь эффективным в поддержании низкого уровня влажности и предотвращении микробиологического роста в течение длительного периода времени.

В целом можно сделать вывод, что исследуемая продукция безопасна и что использование пленочного покрытия выгодно. Тем не менее могут потребоваться дальнейшие исследования для определения долгосрочной эффективности определенных типов пленочных покрытий в предотвращении микробиологического роста и сохранении качества вяленых рыбных продуктов. Высокое значение активности воды  $a_w = 0,707$  установлено у опытных партий с покрытием на основе хитозана по истечении установленного срока годности.

Таблица 3.3 – Микробиологические показатели вяленой рыбы (камбала), хранимой с нанесенным покрытием на основе хитозана после истечения установленного срока хранения 10 суток при температуре 0 °С и влажности 75 %

Наименование определяемого показателя	Единица измерения	Допустимые значения	Результаты испытаний	Обозначение НД на метод испытаний
Микробиологические показатели				
КМАФАнМ	КОЕ/г	Не более $5 \times 10^4$	$< 1 \times 10^2$	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	г	Не допускаются в 0,1	Не обнаружено	ГОСТ Р 52816-2007
Патогенные, в том числе сальмонеллы	г	Не допускаются в 25	Не обнаружено	ГОСТ Р 52814-2007
Сульфитредуцирующие клостридии	г	Не допускаются в 1	Не обнаружено	ГОСТ 29185-91
<i>L. monocytogenes</i>	г	Не допускаются в 25	Не обнаружено	ГОСТ Р 51921-2002
Плесени	КОЕ/г	Не более 50 КОЕ/г	Не обнаружено	ГОСТ 10444.12-88
Дрожжи	КОЕ/г	Не более 100 КОЕ/г	Не обнаружено	ГОСТ 10444.12-88

Применение данного способа для хранения рыбы на предприятиях торговли осложняется необходимостью приготовления покрытия и трудоемкостью его нанесения. Далее было решено исследовать воздействие распространённых пищевых покрытий на гидролитические и окислительные изменения поверхностного жира и усушку рыбы при холодильном хранении.

Применяемые вещества соответствуют европейским и российским системам качества.

Покрытие обладает антибактерицидными свойствами и способствует продлению периода хранения исследуемых образцов всех видов рыбы и уменьшению усушки. При этом в составе используются легко восполнимые вещества, широко распространенные и одобренные для применения в сочетании с пищевыми продуктами. Однако необходимо отметить продолжительное время производства и трудоемкость в целом, а также необходимость применения

дополнительных технических средств. В ходе органолептической оценки было выявлено присутствие кисловатого привкуса.



### 3.2. Влияние пищевых покрытий на основе моноглицерида на гидролитические и окислительные изменения поверхностного жира рыбы при холодильном хранении и уменьшение потери массы в процессе усушки

В данном эксперименте были исследованы образцы вяленой рыбы – камбалы и леща. Для сохранения качества продукта на поверхность рыбы была нанесена пищевая добавка E471. Хранение образцов проводилось при заданных параметрах: температура составляла 4 °С, а влажность – 75 %. Масса леща составила 0,0697 кг, влажность – 46 %. 0,0645 кг камбалы, влажность 40 %, поверхностный слой которых был покрыт моноглицеридом, помещали в камеру в упаковке. Процесс изменения усушки рыбы представлен на Рисунке 3.7.

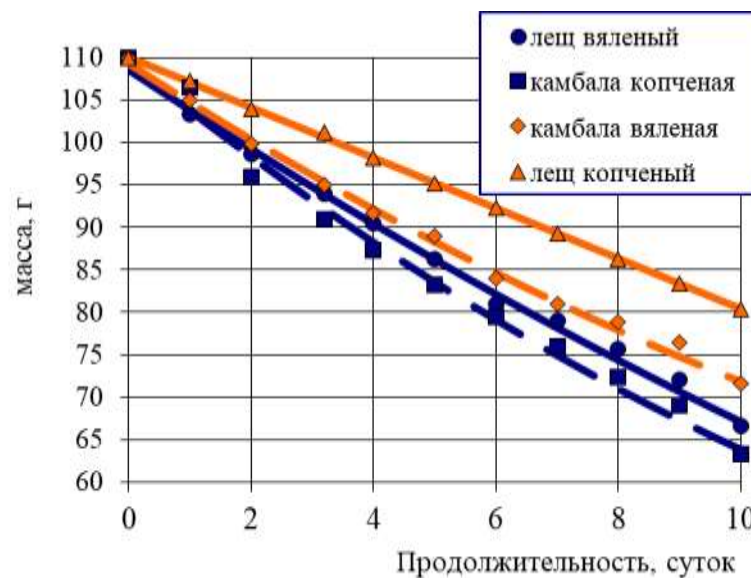


Рисунок 3.7 – Изменение массы вяленой рыбы в процессе хранения с нанесенным покрытием на основе моноглицерида

По полученным данным можно сказать, что при заданных параметрах влажности и температуры в камере хранения, используя пищевую добавку E471 (моноглицерид), происходит равномерная и одинаковая усушка рыбы как камбалы, так и леща в первый день эксперимента. Это связано с тем, что моноглицерид создает защитный слой на верхних слоях рыбы. Химические вещества пищевой добавки E471, взаимодействуя с поверхностным слоем воды в тканях рыбы и жиром, создают «внутреннюю среду», которая предотвращает

испарения влаги. Во 2 и 3 день эксперимента масса рыбы не изменилась, и усушка продукта была на уровне 2 %. На 4 день эксперимента признаков порчи продукта не было. Рыба не потеряла свой первоначальный вид, но изменились вкусовые качества. Это связано с тем, что пищевая добавка E471 (моноголицерид) является заменителем жиров животного происхождения и снижает характерные вкусовые свойства рыбы. Динамика изменения массы копченой рыбы с нанесенным покрытием на основе моноголицерида в процессе хранения представлена на Рисунке 3.6.

В следующей группе экспериментов были проведены исследования с 4 образцами копченой рыбы – камбала и лещ. Влажность в камере составила 75 %, температура в камере – 4 °С. Масса камбалы – 69,7 гр, влажность – 40 %; масса леща составляла 0,069 г., влажность леща – 45%, а в другом случае масса камбалы составлял 0,074 кг, лещ был 0,076 кг, без упаковки. Процесс изменения усушки рыбы представлен на Рисунке 3.8.

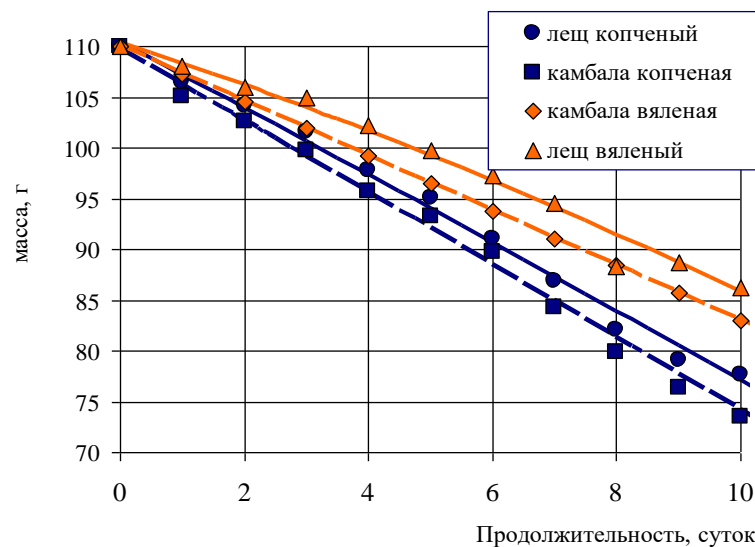


Рисунок 3.8 – Динамика изменения массы вяленой и копченой рыбы с покрытием на основе моноголицерида в процессе хранения

Из полученных данных можно сделать вывод, что рыба с нанесенным покрытием имела меньшую усушку, чем рыба без упаковки, что может быть связано с тем, что покрытие создает барьер, который уменьшает потерю влаги из

рыбы. Однако покрытие может также привести к конденсации влаги внутри упаковки, что может привести к внутренней усушке рыбы.

Для того, чтобы получить более точные выводы, необходимо учитывать множество факторов, таких как время хранения, условия хранения, тип покрытия и его свойства, а также качество рыбы. Кроме того, необходимо провести дополнительные исследования, чтобы подтвердить полученные результаты и выяснить, какие другие факторы могут влиять на усушку рыбы в зависимости от условий хранения и типа упаковки.

Рыба, лежащая без упаковки, имела большую усушку, в силу снижения влажности в камере хранения и соответственно диффузии влаги мономолекулярного слоя рыбы в окружающую среду.

По завершении данного периода экспериментального исследования рыба не имела ограничений на употребление в пищу. Каких-либо признаков порчи при осмотре обнаружено не было. Характерные визуальные качества и аромат остались на уровне, близком к начальному. Однако необходимо заметить, что образец рыбы, хранившийся без использования покрытия, значительно потерял массу вследствие усушки по сравнению с экспериментальными образцами рыбы. На основании этого следует вывод о преимуществе способа хранения рыбы с покрытием по сравнению со стандартными (без покрытия), в силу отсутствия какого-либо взаимодействия с внешней средой, в том числе и с окружающим воздухом в холодильной камере и отсутствием потери массы.

Опыт показал, что при заданном температурном режиме лещ ведет себя более устойчиво, и этот температурный режим более благоприятен для его хранения. В тоже время в первые сутки хранения камбала очень резко потеряла вес, и этот факт указывает на снижение срока годности, поскольку массовая доля влаги в продукте – наиболее важная характеристика из физико-химических показателей (ТР ЕАЭС 040/2016). На основании заполненных дегустационных листов была создана профилограмма, изображенная на Рисунке 3.9.

Профилограмма позволяет визуально оценить изменение качества продукта в течение его хранения, а также для сравнения качества продукта при

использовании различных методов и веществ для хранения. На профилограмме обычно отображаются результаты оценки различных характеристик продукта, таких как цвет, запах, вкус и текстура, на оси ординат, а на оси абсцисс – время хранения. Каждая точка на графике соответствует среднему баллу, полученному на дегустационном листе для конкретной характеристики и конкретного периода хранения.

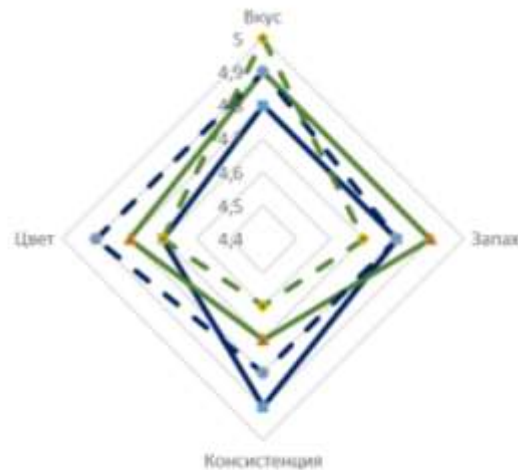


Рисунок 3.9 – Профилограмма органолептических показателей копченой рыбы с покрытием на основе моноглицерида после хранения

Органолептическая оценка вяленой и копченой рыбы проводилась двумя дегустационными комиссиями. Первая комиссия состояла из лиц, регулярно употребляющих или употреблявших данную продукцию. При дегустации перед экспертами стояла задача оценить следующие органолептические характеристики продуктов по пятибалльной шкале: внешний вид, цвет, аромат, консистенция, вкус, общая оценка. Целью исследования являлась оценка соответствия показателей качества.

Вторая дегустационная комиссия была организована с привлечением сотрудников производственных предприятий, на которых в дальнейшем проводилась апробация результатов исследований, представленных в данной диссертационной работе.

Баллы за показатели «внешний вид» и «цвет» были снижены из-за того,

что поверхность рыбы была матовой, без блестящего янтарного блеска. По показателям «вкус» и «запах» отмечено отсутствие ярко выраженного аромата и вкуса, по консистенции – меньшая твердость, лучшая разжевываемость.

Вкус и аромат вяленой и копченой рыбы являются важными характеристиками, которые определяют востребованность продукта на рынке. В этой связи на следующем этапе изучали вкусо-ароматические соединения вяленой и копченой рыбы.

Известно, что при посоле рыбы и дальнейшем копчении, сушке или вялении происходит созревание, комплексный биохимический процесс, включающий гидролиз белков и липидов, в результате которого продукт приобретает характерные вкус и аромат. Органолептические характеристики вяленой и копченой рыбы формируются за счет образования новых соединений, в том числе альдегидов, кетонов, спиртов и других веществ.

Были проведены микробиологические испытания партии вяленой и соленой рыбы, которая была покрыта пленочным покрытием на основе моноглицеридов для продления срока хранения. Результаты показали, что продукт соответствует требованиям технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016), что подтверждает эффективность пленочного покрытия в продлении срока хранения продукта. Таким образом, использование данного покрытия является полезным в технологии производства вяленых и соленых рыбных продуктов. В целом результаты этих микробиологических испытаний свидетельствуют о том, что продукт безопасен, а нанесенное пленочное покрытие является эффективным способом хранения вяленой и соленой рыбы с длительным сроком хранения. Существует несколько методов оценки показателей микробиологической безопасности вяленой рыбы.

1. Общее количество жизнеспособных микроорганизмов (TVC). Этот метод измеряет общее количество жизнеспособных микроорганизмов в образце сушеной рыбы, указывая уровень микробного загрязнения.

2. Колиформный подсчет. Этот метод измеряет наличие колиформных

бактерий в образце сушеной рыбы, что может указывать на фекальное загрязнение.

3. Обнаружение сальмонеллы. Этот метод проверяет наличие бактерий сальмонеллы, которые могут вызывать болезни пищевого происхождения.

4. Обнаружение *Listeria monocytogenes*. Этот метод проверяет наличие *Listeria monocytogenes* – бактерий, которые могут вызывать тяжелые заболевания, особенно у уязвимых групп населения.

5. Обнаружение холерного вибриона. Этот метод проверяет наличие холерного вибриона, бактерий, которые могут вызывать холеру.

6. Обнаружение золотистого стафилококка. Этот метод проверяет наличие золотистого стафилококка, который может выделять токсины, вызывающие заболевания.

7. Подсчет дрожжей и плесени. Этот метод измеряет количество дрожжей и плесени в образце вяленой рыбы, что может указывать на степень порчи.

Данные методы могут быть выполнены с использованием различных методов, таких как культуральные методы, иммунологические методы и молекулярные методы.

Увеличение количества колиформных бактерий при хранении рыбы холодного копчения, в первую очередь, связано с тем, что при холодном копчении рыба не проваривается полностью, а значит, присутствующие на рыбе бактерии не уничтожаются полностью. Кроме того, низкие температуры замедляют рост большинства бактерий, но они все же могут размножаться более медленными темпами, особенно если рыба хранится неправильно или если во время обработки или обращения с ней были нарушены правила безопасности пищевых продуктов. Плохая санитария, неподходящие условия хранения и длительное время хранения также могут способствовать росту колиформных бактерий и других видов вредных бактерий на рыбе холодного копчения.

Оценка качества партий вяленой и копченой рыбы дала высокие баллы на протяжении всего срока хранения, что является положительным результатом.

Активность воды – это мера количества «свободной» воды в веществе, которое доступно для роста микроорганизмов. Таким образом, контроль активности воды имеет решающее значение для сохранения пищевых продуктов, поскольку он может помочь предотвратить рост микробов и продлить срок годности продукта. Наименьшее значение  $a_w$  наблюдается у рыбы с содержанием влаги 20,2 %, а наибольшее значение  $a_w$  наблюдается у других экспериментальных партий.

Образцы рыбы успешно сохраняли своё высокое качество на протяжении всего периода хранения. Было установлено, что вяленая рыба с массовой долей влаги 20,2% имеет наименьшее значение активности воды  $a_w=0,607$ , в то время как опытные партии имели наибольшее значение  $a_w=0,707$ .

Таблица 3.4 – Микробиологические показатели копченой рыбы (камбала) с пленочным покрытием на основе моноглицерида после хранения

Наименование определяемого показателя	Единица измерения	Допустимые значения	Результаты испытаний	Обозначение НД на метод испытаний
Микробиологические показатели				
КМАФАнМ	КОЕ/г	Не более $5 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^2$	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	г	Не допускаются в 0,1	Не обнаружено	ГОСТ Р 52816-2007
Патогенные, в том числе сальмонеллы	г	Не допускаются в 25	Не обнаружено	ГОСТ Р 52814-2007
Сульфитредуцирующие клостридии	г	Не допускаются в 1	Не обнаружено	ГОСТ 29185-91
<i>L. monocytogenes</i>	г	Не допускаются в 25	Не обнаружено	ГОСТ Р 51921-2002
Плесени	КОЕ/г	Не более 50 КОЕ/г	Не обнаружено	ГОСТ 10444.12-88
Дрожжи	КОЕ/г	Не более 100 КОЕ/г	Не обнаружено	ГОСТ 10444.12-88

Однако нельзя не отметить ряд недостатков в применении данного способа для хранения рыбы, выявленных в процессе экспериментальных исследований.

Основным недостатком в этом случае является снижение органолептических показателей продукции, которые отмечались в опросных листах всех респондентов.

Далее исследовали воздействие диоксида углерода на гидролитические и окислительные изменения поверхностного жира и усушку рыбы при холодильном хранении. Применяется модифицированная газовая среда (ГМС) довольно широко, и исследовали ее влияние для хранения вяленой и копченой рыбы.



### **3.3. Влияние физико-химических свойств CO<sub>2</sub> на сохранение качества, увеличение срока хранения и уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы в процессе хранения**

В рамках проводимых исследований было изучено влияние диоксида углерода на сохранение качества, увеличение срока хранения и уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы при температуре  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 75 %.

Применение диоксида углерода не требует специализированного оборудования и условий для предварительного приготовления растворов и их нанесения, как в случае применения покрытий на основе хитозана и моноглицерида, что является значимым преимуществом. Дозирование и подача CO<sub>2</sub> в аппарат для хранения вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода осуществляется автоматически.

Эксперименты были проведены для изучения влияния диоксида углерода на процесс сушки и копчения рыбы, а также для разработки технологических решений, которые могут использоваться при продаже рыбы. Первая серия экспериментов была проведена без применения диоксида углерода в камере. Перед началом эксперимента установили стационарный режим работы, который поддерживался на протяжении всего периода хранения копченой рыбы. Температура в камере была  $2\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а относительная влажность составляла порядка  $70\pm 2\text{ }%$ . Холодная копченая рыба трех видов (скумбрия, карась, камбала) была помещена в аппарат. До начала эксперимента масса рыбы составляла: скумбрия –  $0,333\pm 0,001\text{ кг}$ , карась –  $0,154\pm 0,001\text{ кг}$ , камбала –  $0,242\pm 0,001\text{ кг}$ . В Таблице 3.5 представлены значения изменения массы копченой рыбы в процессе хранения

Таблица 3.5 – Изменение массы копченой рыбы в процессе хранения при  $2\pm 2$  °С и относительной влажности  $70 \pm 2$  %

Продолжительность хранения рыбы холодного копчения, (суток)	Масса рыбы, $1 \times 10^{-3}$ кг		
	Скумбрия	Карась	Камбала
1	333	154	242
2	329	151	235
3	326	149	224
4	326	145	217
5	325	144	209
6	319	140	200
7	317	138	191
8	315	136	183
9	313	134	175
10	311	131	166

После анализа результатов можно сделать вывод, что в первые 24 часа хранения скумбрия потеряла 1,2 % своей исходной массы, а на третьи сутки общая потеря массы составила 2,1 %. Затем скорость потери массы замедлилась и до пятых суток значительных изменений не наблюдалось. Однако, к шестым суткам потеря массы скумбрии увеличилась до 4,2 %, что эквивалентно 0,319 кг. Следующие четыре дня масса скумбрии уменьшалась на 0,003 кг в среднем каждый день. Таким образом, за 10 дней хранения скумбрия потеряла 0,022 кг массы или около 6,6 % ее веса.

Наибольшие потери массы у скумбрии происходят в первые сутки хранения из-за разницы в температуре между воздухом в хранилище и поверхностными слоями рыбы, а также из-за увеличения усушки продукта в случае большого количества влаги в поверхностных слоях. Затем процесс замедляется из-за перехода усушки на внутренние слои рыбы, а также из-за перехода диффузии воды на более энергоемкие виды связи с сухими веществами рыбы.

В то время как у карася в течение первых двух суток потери массы составляли по 2 % каждый день, а на третий день потери массы составили 2,5 %. Затем потери массы были стабильными и составляли 2 % до конца процесса хранения, что в сумме составило около 15 % потерь массы.

У камбалы в первые сутки хранения произошли значительные потери массы в

размере 3%, что является более высоким значением, чем у других видов копченой рыбы, а затем ежедневно масса камбалы уменьшалась на 4 %. В целом за 10 дней хранения камбала потеряла 0,076 кг массы или около 30 % от ее веса.

Копченая камбала в первые сутки потеряла 3 % своей массы, что значительно превысило потери других видов копченой рыбы. В последующие дни масса камбалы уменьшалась каждый день на 4%. В общей сложности камбала потеряла 0,076 кг за время хранения, что составляет около 30% ее исходной массы в течение 10 суток хранения. Это объясняется высоким содержанием воды в тканях, которая быстро испаряется из-за содержания солей в морской воде. Также поверхность тепло- и влагообмена камбалы была увеличена из-за ее потрошенной тушки. Химический состав рыбы, в частности содержание жира, также влияет на потери влаги и теплообменные процессы. Менее жирные рыбы, такие как карась, имеют меньшие потери массы в процессе хранения по сравнению с жирными видами.

Другая группа исследований по хранению копченой рыбы использовала диоксид углерода для управления окружающей средой в камере хранения. Диоксид углерода использовался для контроля концентрации в камере хранения, где проводилось хранение тех же видов рыб, что и в первой группе исследований. Перед началом эксперимента аппарат был настроен на стационарный режим работы с постоянной влажностью 68 % и температурой  $2\pm 2$  °C. Если концентрация диоксида углерода падала ниже заданного уровня, то автоматически добавлялся новый запас диоксида углерода в контейнер. Подробнее о принципе работы этого аппарата для хранения и торговли рыбой можно узнать в Разделе 2 данной диссертационной работы.

Эксперимент был проведен для определения количественных показателей усушки рыбы холодного копчения в условиях хранения. Два варианта эксперимента были выполнены: хранение рыбы в камере при обычных условиях и хранение с применением диоксида углерода (CO<sub>2</sub>). В эксперименте с применением CO<sub>2</sub>, прессованный снегообразный диоксид углерода помещается в специальный контейнер, установленный в грузовом объеме холодильного прилавка-витрины. При нагревании диоксид углерода начинает сублимировать, создавая газообразную среду в грузовом объеме витрины. Однако этот способ хранения и реализации рыбы

приводит к снижению усушки.

Перед началом проведения эксперимента необходимо включить установку для вывода ее в необходимый режим работы. В это время производим взвешивание рыбы на весах. Объекты – рыба холодного копчения трех видов (скумбрия, карась, камбала). Перед началом эксперимента масса составила: скумбрия – 0,333 кг, карась – 0,154 кг, камбала – 0,242 кг. Затем помещали рыбу в камеру, устанавливали прибор для контроля влажности и температуры в камере, настроив прибор под нужный диапазон и поставив таймер для считывания показателей через каждые 10 секунд. Оставляли рыбу на сутки.

Сбросив данные с прибора, помещаем его в камеру с рыбой и повторяем эксперимент. Наблюдение за рыбой проводилось в течение 10 дней. По истечении срока эксперимент завершили и составили график зависимости изменения массы рыбы от времени в течение 10 суток.

Масса рыбы холодного копчения до загрузки в накопитель составила: скумбрия –  $0,351 \pm 0,001$  кг, карась –  $0,163 \pm 0,001$  кг, камбала –  $0,143 \pm 0,001$  кг. В таблице 3.5 показано изменение массы рыбы за 10 дней хранения при использовании углекислого газа в накопительном устройстве.

Таблица 3.6 – Изменение массы копченой рыбы при хранении с использованием углекислого газа при температуре в хранилище  $2 \pm 2$  °С и относительной влажности  $70 \pm 2$  %.

Продолжительность хранения рыбы холодного копчения, (суток)	Масса рыбы, $1 \times 10^{-3}$ кг		
	Скумбрия	Карась	Камбала
1	350	163	143
2	341	159	137
3	341	157	134
4	340	155	130
5	340	152	128
6	339	152	123
7	338	151	119
8	339	148	115
9	335	145	112
10	334	143	108

Анализ данных, полученных из Таблицы 3.6, показывает, что потеря веса копченой скумбрии в течение первых суток составила 2,8 %, после чего в течение следующих восьми дней наблюдалось среднее снижение массы на 1,5 % в сутки. На девятый день потеря веса составила 0,004 кг, а в дальнейшем около 0,001 кг. Следовательно, за десять суток хранения скумбрии холодного копчения произошла потеря 17 г, что составило 4,8 % ее массы. Ежедневно в течение всего эксперимента (10 дней) карп терял 0,6–2,4 % своего веса, а потеря веса на десятый день составила 12 %. Потеря массы камбалы холодного копчения в первые сутки составила 4,2 %. После этого скорость потери воды уменьшилась, а усыхание на вторые и третьи сутки составило 4 г и на четвертые сутки – 2 г. Затем, на пятые сутки, потеря массы тела увеличилась и составила 5 г. Потеря влаги стабилизировалась и не превышала 2,5 % от массы продукта. Общая потеря массы камбалы холодного копчения за время хранения составила 0,035 кг или 24,4 %. Причина потери влаги описана выше, а использование  $\text{CO}_2$  позволяет уменьшить потерю влаги с поверхности рыбы. В предлагаемом способе вяление копченой рыбы происходит более равномерно и менее интенсивно, несмотря на высокую жирность и влажность. При хранении не происходит непосредственного контакта холодной газовой среды с копченой рыбой, а достигается воздействие углекислого газа. В этих температурных условиях хранения сублимация углекислого газа вызывает вытеснение кислорода из камеры хранения. При этом создается модифицированная газовая среда с высокой концентрацией  $\text{CO}_2$ . Хранение рыбы в модифицированной газовой среде с пониженным содержанием кислорода основано на антисептических свойствах углекислого газа, который поддерживает метаболические вещества в тканях животных на достаточно низком уровне, снижая развитие патогенной микрофлоры и тем самым увеличивая срок годности более чем в два раза. Использование регулируемой газовой среды для хранения копченой рыбы приводит к увеличению влагоудерживающей способности продукта по сравнению с традиционным способом хранения. При традиционном способе хранения влажность вяленой рыбы снижается на 30–40 %

в первые сутки. При предлагаемом новом способе хранения в модифицированной холодной газовой среде с  $\text{CO}_2$  вяление рыбы в первые сутки составляет до 15 %. Углекислый газ, проникая в ткани изделия, может гидратировать, образуя угольную кислоту, гидрокарбонаты и карбонат-ионы, которые хорошо связывают воду в гидратной оболочке за счет положительной гидратации, что замедляет процессы гидролиза и окисления липидов внутри подкожного слоя и сохраняет влагоудерживающую способность тканей.

Далее было проведено исследование влияния модифицированной газовой среды на сохранение качества, увеличение срока хранения и уменьшение усушки вяленой рыбы в процессе хранения. Для этого был проведен ряд экспериментов, включая тестирование на двух типах рыб – камбале и леще. Масса каждого образца составляла  $0,095 \pm 0,002$  кг.

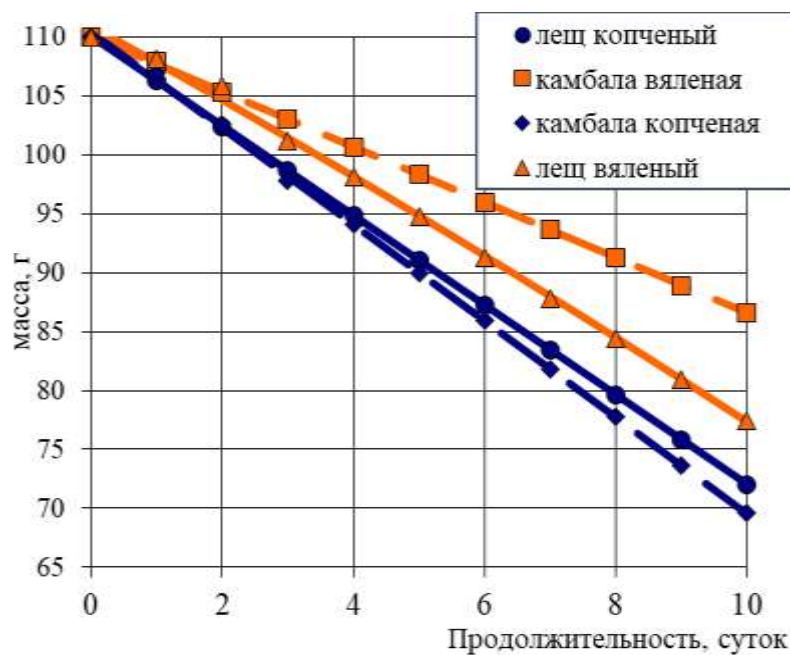


Рисунок 3.10 – Изменение массы вяленой рыбы при хранении с применением диоксида углерода, при температуре  $4^\circ\text{C}$  и относительной влажности 55 %

В холодильной камере, где температура поддерживалась на уровне  $4^\circ\text{C}$ , а влажность на уровне 55%, была использована специальная ёмкость с добавлением снегообразного диоксида углерода массой  $0,150 \pm 0,005$  кг. На Рисунке 3.10 представлен график изменения массы вяленой рыбы при хранении

с использованием диоксида углерода. Анализ данных показал, что при таких условиях происходила равномерная усушка рыбы, но не такая интенсивная, как в предшествующих экспериментах, несмотря на различия в содержании жира и влажности. Газовоздушная среда в камере содержала определенную концентрацию углекислого газа.

Высокая концентрация углекислого газа на поверхности рыбы может снизить содержание кислорода в воде, что воздействует на поверхностные и внутренние слои рыбы и уменьшает содержание кислорода в связанной и свободной воде. Внутренние слои тканей рыбы взаимодействуют с углекислым газом, что уменьшает вязкость жира и повышает вязкость воды, что снижает подвижность воды по отношению к тканям. Двуокись углерода также нейтрализует действие микроорганизмов, что увеличивает срок годности рыбы, но не было обнаружено доказательств порчи или обесцвечивания рыбы. Кроме того, углекислый газ не влияет на вкус рыбного мяса, что очень важно, учитывая прямой контакт с рыбой.

Эти факты подтверждаются данными, полученными из опросных листов по органолептической оценке. Профиль органолептических показателей вяленой рыбы после хранения в среде диоксида углерода представлен на рисунке 3.11.

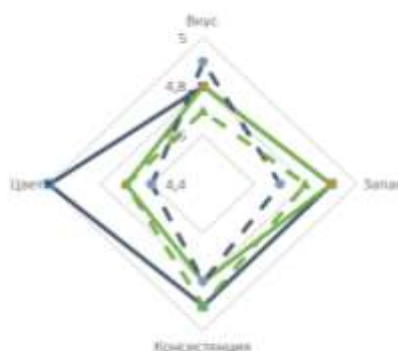


Рисунок 3.11 – Профилограмма органолептических показателей вяленой рыбы, хранившейся с применением диоксида углерода при температуре 4 °С и относительной влажности 55 %

Также в рамках проводимых исследований было изучено влияние диоксида углерода на сохранение качества, увеличение срока хранения и уменьшения усушки рыбы при совместном хранении вяленой и копченой рыбы. График зависимости изменения массы рыбы при хранении с применением диоксида углерода копченой и вяленой рыбы с использованием  $\text{CO}_2$  представлен на Рисунке 3.12.

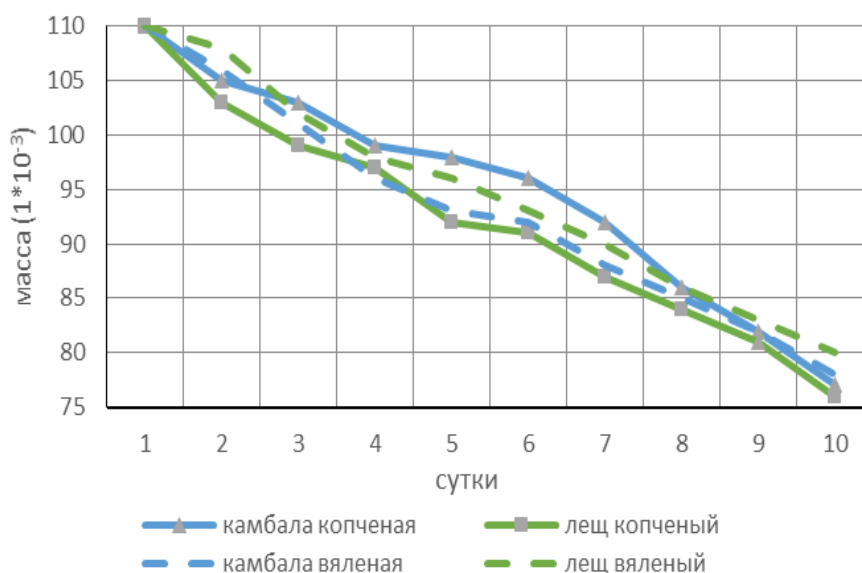


Рисунок 3.12 – Изменение массы копченой и вяленой рыбы при хранении с применением диоксида углерода, при температуре 4 °С и относительной влажности 75 %

После анализа результатов было установлено, что процесс дегитратации вяленой рыбы проходит равномерно и не столь интенсивно. Этот способ хранения приводит к вытеснению кислорода из грузового объема витрины вследствие сублимации диоксида углерода. Таким образом, создается модифицированная газовая среда с высокой концентрацией  $\text{CO}_2$ , которая обладает антисептическими свойствами. Данный способ хранения основан на том, что диоксид углерода поддерживает метаболизм в тканях животных на низком уровне, что приводит к снижению развития патогенной микрофлоры и, следовательно, увеличивает срок хранения более чем в два раза.

Использование регулируемой газовой среды при хранении вяленой и



копченой рыбы приводит к увеличению влагоудерживающей способности продукта по сравнению с традиционным способом хранения. В традиционном способе хранения за первые сутки содержание влаги в среднем снижается на 7,5 %, а в последующие сутки – на 4 %. В нашем предложенном методе хранения в модифицированной газовой среде с  $\text{CO}_2$  усушка рыбы за первые сутки составляет 3,1 %, а в последующие – 1,9 %, что значительно ниже, чем в традиционном методе хранения и реализации рыбы.

Для сравнения на Рисунке 3.13 представлен график изменения массы копченой и вяленой рыбы при стандартных условиях.

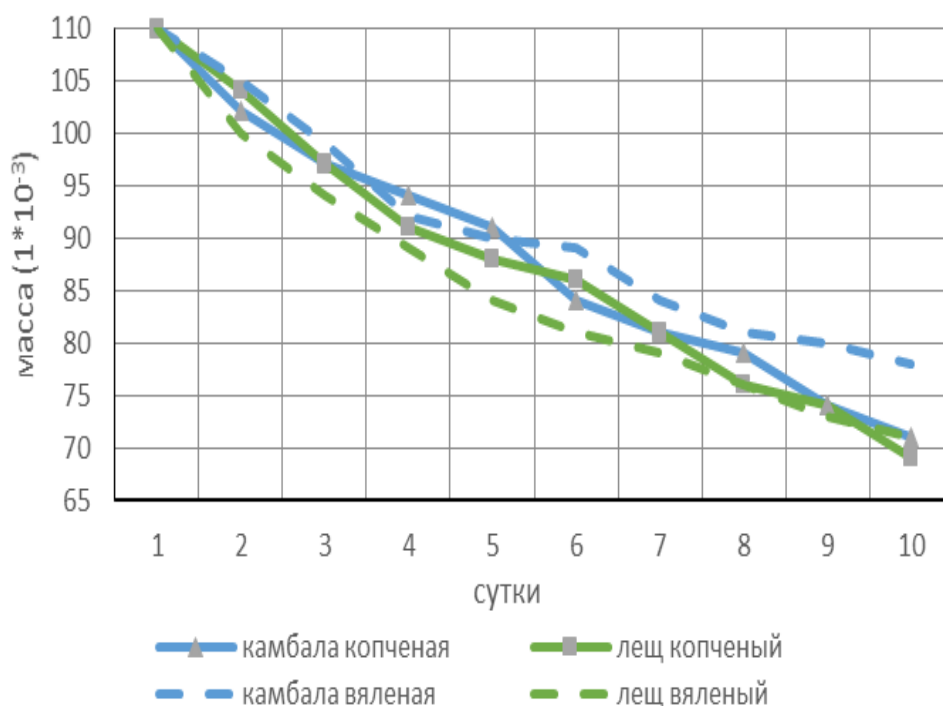


Рисунок 3.13 – Динамика усушки копченой и вяленой рыбы при стандартных условиях хранения

Экспериментальное исследование было проведено на том же оборудовании и с использованием тех же методик, что и в предыдущих исследованиях. Результаты исследования показали, что при стандартном

способе хранения вяленой рыбы динамика снижения массы для леща и камбалы одинакова. На первый день хранения происходит наибольшая потеря массы рыбы, которая связана с разницей температуры воздуха в камере и охлаждаемого продукта, а также с высокой начальной влажностью рыбы, которая сокращается во время хранения.

На поверхности рыбы находится первый слой молекул воды, который называется мономолекулярным слоем, или свободной водой. Чем больше влаги на поверхностных слоях рыбы, тем больше усушка. Во второй и третий дни скорость потери массы замедляется, так как процесс усушки рыбы переходит во внутренние слои, связанные с потерей прочно связанной воды. На четвертый день происходит изменение цвета поверхностного слоя рыбы и дальнейшее снижение массы.

Изображение 3.13 показывает динамику усушки копченой и вяленой рыбы при стандартных условиях хранения. Копченая рыба сохраняется лучше, чем вяленая, потому что условия хранения наиболее подходящие для копчения. На первые и вторые сутки у камбалы уровень усушки немного выше, чем у леща, что объясняется тем, что содержание воды в тканях мяса камбалы выше, чем у леща, и морская вода, содержащая соли, испаряется быстрее. На третьи и четвертые сутки динамика изменения массы у камбалы такая же, как у леща.

Для данного эксперимента (см. Рисунок 3.14) был использован тот же вид рыбы, что и в предыдущем эксперименте, но в камеру был помещен диоксид углерода. Исходные данные оставались такими же, как и в предыдущих экспериментах.

Перед началом его проведения необходимо включить установку для вывода ее в необходимый режим работы. В это время производим взвешивание рыбы на весах. Рыба холодного копчения трех видов (скумбрия, карась, камбала). Перед началом эксперимента ее масса составила: скумбрия – 0,351 кг, карась – 0,163 кг, камбала – 0,143 кг. После помещаем рыбу в камеру, устанавливаем прибор для контроля влажности и температуры в камере,

предварительно настроив прибор под нужный диапазон и поставив таймер для считывания показателей через каждую 10 секунд. Также в камеру помещается прибор для измерения концентрации диоксида углерода в камере. Необходим данный прибор для того, чтобы контролировать концентрацию  $\text{CO}_2$  в случае, когда концентрация падает и диоксид углерода автоматически подается через желоб из бункера в чашку. Оставляем рыбу на сутки.

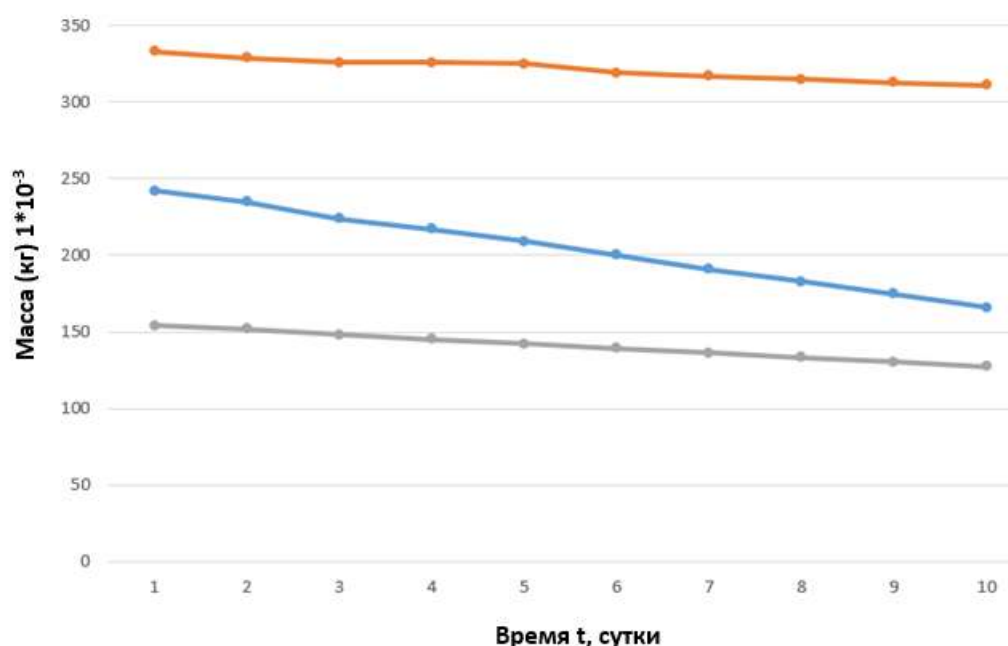


Рисунок 3.14 – График зависимости изменения массы от времени

Через сутки вынимаем рыбу из камеры и производим их замер на весах, наглядно можно наблюдать, что масса рыбы изменилась не более чем на 2 %. Таким образом, масса составила: скумбрия – 0,341 кг., карась – 0,159 кг., камбала – 0,137 кг.

Подключив прибор регистрации температуры и влажности, считываем данные и строим график зависимости показателей по времени.

Сбросив данные с прибора, помещаем его в камеру с рыбой и повторяем эксперимент. Наблюдение за данной рыбой проводилось в течение 10 дней. По истечении срока эксперимент завершили и составили график зависимости изменения массы от времени, на котором показано, что наблюдается динамика

снижения масса рыбы в течение 10 суток (Рисунок 3.15).

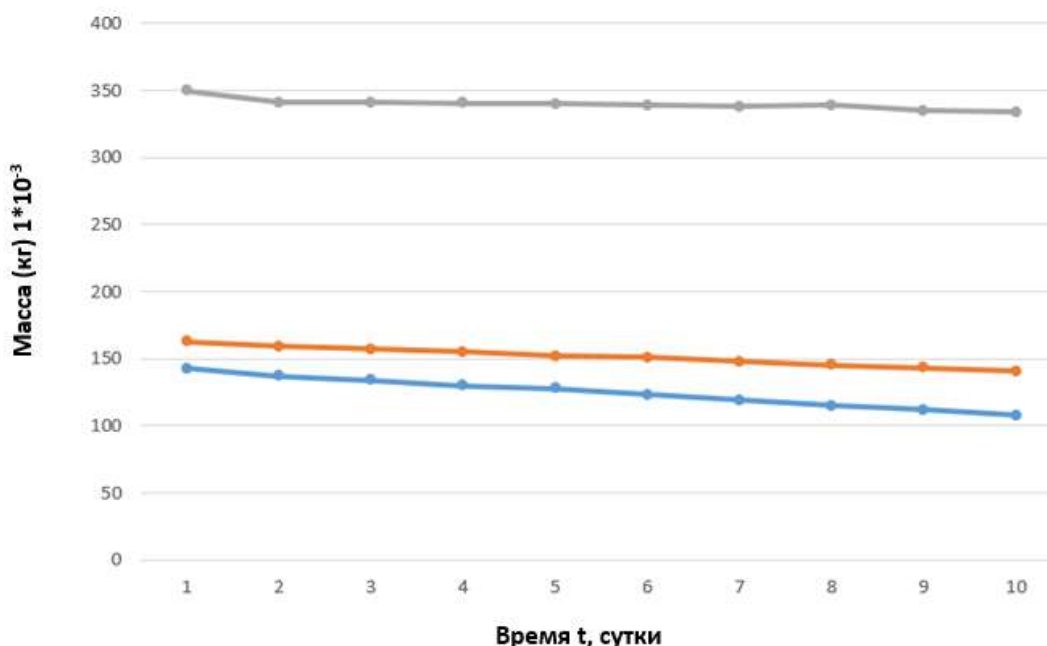


Рисунок 3.15 – График зависимости изменения массы от времени

Вывод. Сравнив между собой оба эксперимента, просмотрев графики и таблицы, можно наблюдать, что в первом эксперименте снижение массы рыбы в среднем составляло 0,0316 кг, а во втором эксперименте масса составляла 0,0236 кг. Причина такой разницы по потере массы рыбы является потеря уменьшение влаги, что наглядно представлено на диаграмме влагосодержания в камере. Таким образом, в эксперименте без диоксида углерода максимальное значение влагосодержания в камере составляет 90 %, а в эксперименте с диоксидом углерода данное значение доходит до 80 %. После всех наблюдений можно сделать вывод, что потери массы значительно ниже при хранении копченой рыбы с диоксидом углерода.

В Таблице 3.7 представлены результаты микробиологических испытаний партии вяленой рыбы (камбала), которая была хранилась с применением диоксида углерода. Опытные партии этой продукции были подвергнуты микробиологическому анализу, который показал, что все показатели соответствуют требованиям Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС

040/2016) после 10 дней хранения.

Таблица 3.7 результаты микробиологических испытаний партии вяленой рыбы (камбала), хранившейся с применением диоксида углерода

Наименование определяемого показателя	Единица измерения	Допустимые значения	Результаты испытаний	Обозначение НД на метод испытаний
Микробиологические показатели				
КМАФАнМ	КОЕ/г	Не более $5 \times 10^4$	$< 1 \times 10^2$	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	г	Не допускаются в 0,1	Не обнаружено	ГОСТ Р 52816-2007
Патогенные, в том числе сальмонеллы	г	Не допускаются в 25	Не обнаружено	ГОСТ Р 52814-2007
Сульфитредуцирующие кластридии	г	Не допускаются в 1	Не обнаружено	ГОСТ 29185-91
<i>L. monocytogenes</i>	г	Не допускаются в 25	Не обнаружено	ГОСТ Р 51921-2002
Плесени	КОЕ/г	Не более 50 КОЕ/г	Не обнаружено	ГОСТ 10444.12-88
Дрожжи	КОЕ/г	Не более 100 КОЕ/г	Не обнаружено	ГОСТ 10444.12-88

Согласно полученным данным использование диоксида углерода для хранения вяленой продукции является консервирующим средством. Микробиологические тесты на вяленой рыбе демонстрируют, что продукт безопасен для употребления, а это подтверждает эффективность использования диоксида углерода в процессе производства. Качество вяленой рыбы оставалось высоким на протяжении хранения в холодильнике на разных сроках. Определено наименьшее значение активности воды ( $a_w=0,607$ ) для рыбы с массовой долей влаги 20,2 %, а наиболее высокое значение активности воды ( $a_w=0,707$ ) было установлено в опытных партиях. Для оценки качества вяленой рыбы в лабораторных условиях были произведены две партии согласно указанным технологическим режимам. Результаты тестов на микробиологические показатели, токсичные элементы и пестициды для опытной

партии и контрольной партии вяленой рыбы, которые хранились при температуре 2–4 °С, представлены в таблице 3.9, гистограмма значений перекисного числа рисунок 3.16. Результаты показали, что при хранении при температуре 2–4°С показатели биологической безопасности не превышали допустимые нормы технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016).

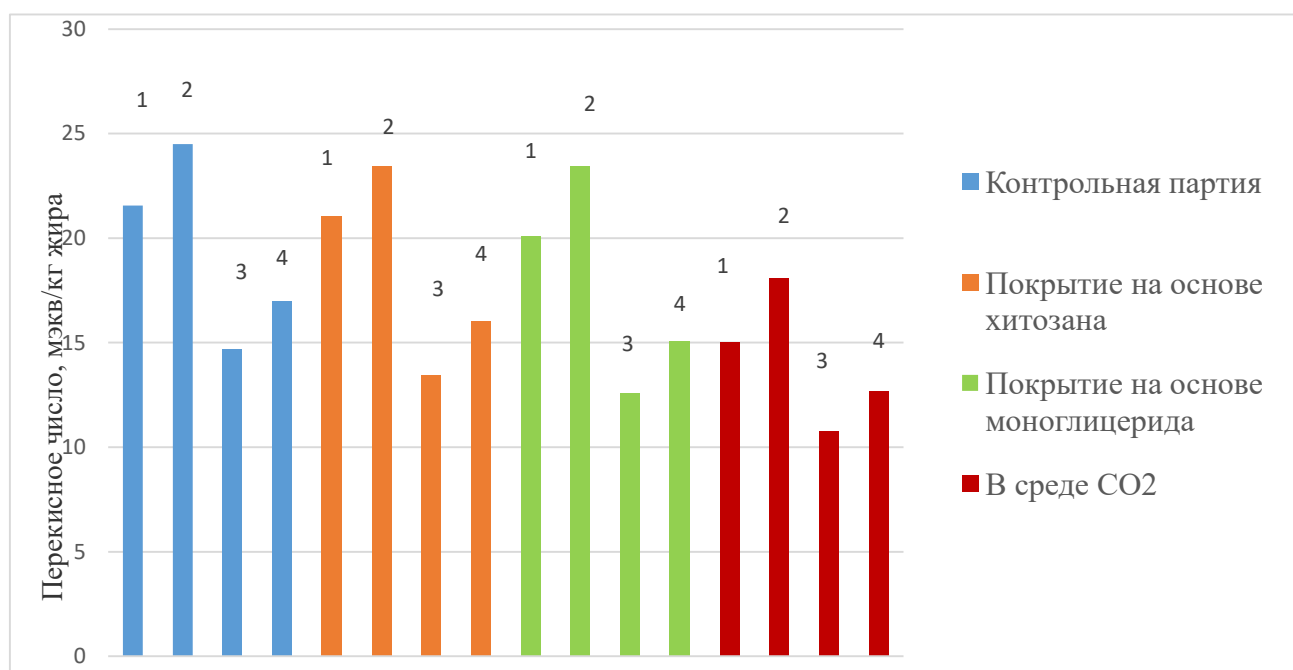


Рисунок 3.16 – Гистограмма значений перекисного числа  
1 – камбала вяленая; 2 – лещ вяленый; 3 – камбала копченая; 4 – лещ копченый

Одним из наиболее значимых видов рисков, связанных с употреблением некачественных рыбных продуктов, является отравление гистамином. Отравление гистамином наступает вследствие употребления продуктов с высоким его содержанием. Гистамин образуется из гистидина с участием фермента гистидиндекарбоксилазы, которая синтезируется некоторыми видами бактерий. Известно, что бактерии родов *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Shigella*, *Photobacterium* и молочнокислые бактерии (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*) способны продуцировать большое количество гистамина за короткий промежуток времени [98].

Содержание гистамина регламентируется требованиями ТРЕАЭС040/2016. Допустимый уровень для этих продуктов составляет не более 100 мг/кг. Известно, что чаще всего отравление гистамином наблюдается при употреблении рыбы семейства скумбриевых (Scombridae), таких как тунец и скумбрия, так как для них характерно высокое содержание свободного гистидина. Однако иногда гистамин продуцируется и в рыбах других семейств. В связи с вышеизложенным, на следующем этапе исследований изучали изменение содержания гистамина. Согласно анализа накопление гистамина в рыбе (скумбрия) после хранения составило  $7,4 \pm 1,4$  мг/кг.

Таблица 3.9 – Микробиологические и химические показатели безопасности вяленой рыбы

№	Определяемые показатели	Наименование партий, единицы измерения, неопределенность			Величина допустимого уровня, единицы измерения	НД на методы исследования
		Контрольная партия	Опытная с покрытием	Опытная с CO <sub>2</sub>		
<b>Токсичные элементы</b>						
1	Свинец	0,04 мг/кг	0,042 мг/кг	0,05 мг/кг	1,0 мг/кг	МУ Ф.Р. 1.312002.00528
2	Кадмий	0,0029 мг/кг	0,0027 мг/кг	0,002 мг/кг	0,2 мг/кг	
3	Мышьяк	0,023±0,003 мг/кг	0,036±0,0055 мг/кг	0,026±0,004 мг/кг	0,3 мг/кг	ГОСТ 26930-86
4	Ртуть	Менее 0,01 мг/кг	Менее 0,01 мг/кг	Менее 0,01 мг/кг	0,05 мг/кг	ГОСТ 26927-86
<b>Пестициды</b>						
1	Сумма ГХЦГ	Менее 0,005 мг/кг	Менее 0,005 мг/кг	Менее 0,005 мг/кг	0,2 мг/кг	Клисенко М. А. «Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания»
2	Сумма ДДТ	Менее 0,0035 мг/кг	Менее 0,0035 мг/кг	Менее 0,0035 мг/кг	0,2 мг/кг	
<b>Микробиологические показатели</b>						
1	КМАФАнМ	Менее 1,0×10 <sup>5</sup> КОЕ/г	Менее 1,0×10 <sup>5</sup> КОЕ/г	Менее 1,0×10 <sup>5</sup> КОЕ/г	Не более 1,0 ×10 <sup>5</sup> КОЕ/г	«Инструкция по сани- тарно- микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных»
2	БГКП (колиформы)	В 0,1 г не обнаружены	В 0,1 г не обнаружены	В 0,1 г не обнаружены	В 0,001 г не допускаются	
3	Патогенная микрофлора (в т.ч. сальмонеллы)	В 25 г не обнаружены	В 25 г не обнаружены	В 25 г не обнаружены	В 25 г не допускаются	
5	Плесени	Менее 5×10 <sup>1</sup> КОЕ/г	Менее 5×10 <sup>1</sup> КОЕ/г	Менее 5×10 <sup>1</sup> КОЕ/г	Не более 5×10 <sup>1</sup> КОЕ/г	
6	Дрожжи	Менее 5×10 <sup>2</sup> КОЕ/г	Менее 5×10 <sup>2</sup> КОЕ/г	Менее 5×10 <sup>2</sup> КОЕ/г	Не более 5×10 <sup>2</sup> КОЕ/г	
<b>Радионуклиды</b>						
		Удельная активность А(Бк/кг)			Допустимый уровень Н (Бк/кг)	
1	Sr-90	24			200	
2	Cs-137	< 12.5			260	



Таблица 3.10 – Значения массовой доли влаги и  $a_w$  вяленой рыбы

Наименование партий	Массовая доля влаги, %	Активность воды, $a_w$
Контрольные	$26,5 \pm 0,2$	0,739
Опытные с пленочным покрытием	$26,5 \pm 0,2$	0,698
Опытные с CO <sub>2</sub>	$21,8 \pm 0,2$	0,658

Экспериментально было установлено, что вяленая рыба опытных партий, обработанных CO<sub>2</sub>, достигает наименьшего значения активности воды, равного 0,658 при содержании влаги в 21,8 %. С другой стороны, наивысшее значение активности воды, равное 0,739, было обнаружено в контрольных опытных партиях, в процентном соотношении - 29,0 %.

### 3.4. Совершенствование методов расчета обезвоживания в процессах хранения вяленой и копченой рыбы

С целью оценки процессов тепломассопереноса при обезвоживании вяленой и копченой рыбы в процессе хранения на основании экспериментальных данных, полученных на разработанной установке, представленной в разделе 4 данной диссертационной работы. В проводимых исследованиях фиксировалась масса вяленой и копченой рыбы и на основании этого определялась величина усушки. Также к фиксируемым значениям относятся: относительная влажность ( $\varphi$ ) и скорость теплоносителя ( $v$ ) в камере, а также начальная влажность рыбы ( $\omega_0$ ) и площадь поверхности рыбы ( $s$ ). На основании анализа массива данных, полученных в ходе исследований, были определены зависимости обезвоживания  $\tau_{к1}$  и  $\tau_{к2}$ , соответствующие критическим значениям влаги, которые в свою очередь зависят от начальной массовой доли влаги.

$$\omega_c \times k_1 = 1,06 \times \omega_{ac} \times 0,969; \quad (3.1)$$

$$\omega_c \times k_2 = 0,784 \times \omega_a + 2. \quad (3.2)$$

Обобщение кривых кинетики обезвоживания вяленой рыбы:

$$(\omega_c / \omega_c \times k_1) \times (\omega_c \times \omega_c \times k_2) = f(\tau / (\tau \times k_1)) \times (\tau / (\tau \times k_2)). \quad (3.3)$$

При определении зависимости интенсивности дегидрации от факторов, характеризующих данный процесс, учитывали средний темп достижения конечного влагосодержания (на основании данных, полученных в ходе проведения экспериментальных исследований, описанных в 3 разделе данной диссертационной работы), а также:

начальную и конечную влажность рыбы, отнесенную в процентном выражении

к массе сухих веществ ( $m$ ), кг;

$\tau$  - время, затрачиваемое на дегидратацию, час;

$v_c$  - скорость движения воздушно-газовой среды в холодильной камере хранения (установлено, что этот параметр после превышения значения в 2 м/с, практически не вносит дополнительных корректив).

Поэтому описанные в разделе 3 экспериментальные исследования процессов усушки вяленой и копченой рыбы проводили при значениях скорости движения воздушно-газовой среды выше 2 м/с.

Также фактором, приводящим к интенсификации дегидратации, а, следовательно, и усушки, является значение начальной влажности, отнесенное к удельной площади наружной поверхности тушки вяленой и копченой рыбы.

Коэффициент содержания поваренной соли относительно массы рыбы также очень важно учесть при расчете интенсивности дегидратации:

$$v_c = (\omega_{oc} / \omega_c k) / \tau. \quad (3.4)$$

Данный параметр является исходным и не может быть задан, следовательно, это значение необходимо принять. Установлено, что величина данного коэффициента варьируется в среднем от 0,7 до 5 %.

$$v_c = f(\omega_0, s/m). \quad (3.5)$$

Интенсивность обезвоживания в камере, где хранится вяленая и копченая рыба, зависит от температуры и влажности воздуха. Для учета этих факторов используется безразмерный коэффициент ( $X_p$ ), который зависит от средней относительной влажности воздушно-газовой среды и средней температуры воздушно-газовой среды. Формула для вычисления  $X_p$  выглядит следующим образом:

$$X_p = t^1 (1 - \varphi^1 / 100). \quad (3.6)$$

Здесь  $t^I$  – средняя температура воздушно-газовой среды, °С;  $\varphi^I$  – средняя относительная влажность воздушно-газовой среды, выраженная в процентах.

Начальная влажность рыбы также влияет на процесс обезвоживания. Для учета этого фактора используется формула:

$$v_c = K_1(\omega_0 - 50), \quad (3.7)$$

здесь  $\omega_0$  – угловой коэффициент, а  $K_1$  – константа.

Для установления характера режима и величины удельной площади поверхности следует обеспечить стабильную исходную влажность вяленой и копченой рыбы. Этот параметр способен варьироваться в разных экземплярах рыбы одной партии. На основании этого осуществлялся пересчет на основании выражения (3.7):

$$v_c = (\omega_0 - 50) \times X_p \times 0.25 / 17.93. \quad (3.8)$$

Величина воздействия характера режима и исходной влажности, отнесенная к значению величины темпа дегидрации определено выражением (3.9):

$$v_c = b(\omega_0 - 50) \times X_p \times 0.25 f(s/m). \quad (3.9)$$

С целью установления влияния значения площади поверхности на темп дегидрации вяленой и копченой рыбы в процессе хранения применялось выражение (3.9). Предположительно, снижение значений коэффициентов потенциалопроводности массопереноса обусловлено факторами, относящимися к дегидрации вяленой и копченой рыбы. Следовательно, присутствует функциональная связь потенциалопроводности массопереноса и обеими критическими влажностями, охарактеризовать которые можно выражением (3.10):

$$(\omega_c / \omega_c \times k_1) \times (\omega_c \times \omega_c \times k_2) = f(a_m / a_m k_1) \times (a_m / a_m k_2). \quad (3.10)$$

Упрощение процесса заключается в использовании единственной величины, полученной опытным путем, для расчета изменения коэффициентов диффузии во время дегидрации. Коэффициент диффузии влаги определяется на основе закона переноса вещества и формулы (3.10), где  $a_m$  – плотность потока влаги,  $q_m$  – масса влаги,  $\rho_0$  – масса абсолютно сухого вещества, и  $U$  – градиент влагосодержания. Для расчета кинетики и динамики процессов усушки вяленой и копченой рыбы при холодильном хранении, необходимо решить кинетическое уравнение распределения влаги, представленное в формуле (3.11), при условии установления функциональной связи между среднеобъемной влажностью ( $a > 1 = D_{\text{соч}}$ ) и влажностью на поверхности сушеной, вяленой и копченой рыбы. Решение этой задачи может быть достигнуто при помощи численного метода, указанного в формуле (3.12). Однако, определение изменения влажности на наружной поверхности сушеной, вяленой и копченой рыбы в зависимости от продолжительности процесса представляет определенную сложность, поэтому необходимо учитывать особенности протекания процесса для установления соответствующей функциональной связи между величинами. Также необходимо принять во внимание нелинейный характер распределения влаги в момент начала процесса. Исходные параметры распределения влаги по толщине тушки сушеной, вяленой и копченой рыбы: индекс, определяющий широту распределения влаги в точке приближенной к поверхности рыбы,  $x = +0$ , до 50 % от толщины тушки,  $x=R$ ,  $x = 0$  – индекс, относящийся к поверхности филе,  $UQ$  – начальное влагосодержание рыбы.

$$U(x,0)_{x=+0,R}=U0, U(x,0)_{x=0}=f(U0), \quad (3.11)$$

Так как данное условие является граничным, представим его в виде баланса влаги на поверхности тушки вяленой и копченой рыбы, масса влаги ( $q_m$ ), продвигающейся из внутренних слоев тушки к наружной поверхности, равна массе влаги, трансцендентной относительно поверхностного слоя:

$$q_m = -a_m \times \rho_0 \times (\partial_u / \partial_x)_{\text{пов}} = \alpha_{\text{тр}} \times (p_m - p_n) \times (102/B) \quad (3.12)$$

где  $(\partial_u/\partial_x)$  пов–переход.

Задачу рационально рассчитывать относительно половины толщины тушки вяленой и копченой рыбы (R), на основании того, что поток влаги будет отсутствовать:

$$(\partial_u/\partial_x) \times R = 0 \quad (3.13)$$

Оценка данных, полученных экспериментальным путем, осуществлялась статистическими способами с применением ЭВМ. Определялась значимость получаемого уравнения на основании критерия Фишера.

Для осуществления нахождения кривых кинетики по результатам расчетов при дегидрации вяленой и копченой рыбы в процессе холодильного хранения было применено обобщение кривой. В результате полученных опытным путем данных, обобщено множество зависимостей, сведенных в единую кривую кинетики дегидрации вяленой и копченой рыбы при холодильном хранении.

В сводной кривой учтены все составляющие процесса усушки. Математическое выражение сводной кривой для процессов холодильного хранения вяленой и копченой рыбы:

$$(\omega_c/\omega_c k_1) \times (\omega_c \times \omega_c \times k_2) = 1.38(1 + (\tau/\tau \times k_1) \times (\tau/\tau \times k_2)) - 0.30 \quad (3.14)$$

Количество влаги, отнесенной к массовой доле в зависимости от времени дегидрации, можно найти из выражения (3.15)

$$\omega_c = (\omega_c k_1 \times \omega_c k_2) \times 1.38 \times (1 + (\tau/\tau \times k_1) \times (\tau/\tau \times k_2)) - 0.30 \times 0.5 \quad (3.15)$$

Уравнение (3.15) применимо в случае построения заданной кривой кинетики дегидрации в процессах холодильного хранения вяленой и копченой рыбы. Расхождение значений, найденных расчетным и опытным путями составило не более 10 %. Выведено уравнение, позволяющее установить время дегидрации в зависимости от исходных параметров и условий хранения.

## ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1. Расчет ожидаемой экономической эффективности от внедрения технологии уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы

Заключительным этапом проведенных исследований является оценка экономической эффективности от внедрения технологии уменьшения усушки вяленой и копченой рыбы.

Данные о потере массы вяленой и копченой рыбы в процессе хранения при различных методах и связанных с этим убытками, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Убытки вследствие усушки

	Традиционный способ	Моноглицерид	Хитозан	Диоксид углерода
Потеря массы, %	30,00	17,00	15,00	5,00
Убытки, руб.	150	85	75	25

Расчеты выполнены в соответствии со стоимостью 1кг вяленой и копченой рыбы в размере 500 рублей.

Потери массы при усушке установлены в ходе экспериментальных исследований, описанных в разделе 3 данной диссертационной работы.

Убытки в натуральном выражении на 1кг вяленой и копченой рыбы за сутки определялись по формуле 4.1.

$$У=(Цп \times Пм)/100\% , \quad (4.1)$$

где У – убытки, в натуральном выражении, руб.

Цп – цена продукта за 1 кг, руб.,

Пм – потеря массы, %

Далее была рассчитана смета затрат на реализацию методов усушки из расчета на 50 кг хранимой рыбы в сутки, представленная в Таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Смета затрат на реализацию методов усушки из расчета на 50 кг хранимой рыбы в сутки

	Традиционный способ	Моноглицерид	Хитозан	Диоксид углерода
Затраты на реализацию метода, руб	-	360	1200	10
Расход основного действующего вещества в сутки, кг	-	0,5	1	0,5
Цена за 1 кг основного действующего вещества, кг	-	120	700	10
Стоимость основного действующего вещества, руб.	-	100	300	-
Стоимость компонентов, руб.	-	100	300	-
Затраты на технологический процесс, руб.	-	200	200	15

Затраты на реализацию метода определяли по формуле:

$$Z_m = Z_{o.v.} + Z_k + Z_{t.p.}, \quad (4.2)$$

где  $Z_m$  – затраты на реализацию метода, руб.;

$Z_{o.v.}$  – стоимость основного действующего вещества, руб.  $Z_k$  – стоимость компонентов, руб.

$Z_{t.p.}$  – затраты на технологический процесс, руб.

$$Z_{o.v.} = M_{o.v.} \times C_{o.v.}, \quad (4.3)$$



где  $M_{o.v.}$  – расход основного действующего вещества в сутки, кг,

$C_{o.v.}$  – цена за 1 кг основного действующего вещества, руб

Далее был определен срок окупаемости внедрения метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением  $CO_2$ , с учетом затрат на модернизацию оборудования для холодильного хранения. Для этого была определена выгода в стоимостном выражении в сутки относительно стандартного метода хранения по формуле:

$$V_{CO_2} = U_{ст} - U_{CO_2}, \quad (4.4)$$

где  $V_{CO_2}$  – выгода от реализации метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением  $CO_2$ , руб.

$U_{ст}$  – убытки при реализации метода стандартного хранения, руб.;

$U_{CO_2}$  – убытки при реализации метода с применением  $CO_2$ , руб.

$$V_{CO_2} = 150 - 25 = 125$$

С учетом сметы затрат на метод хранения вяленой и копченой рыбы с применением  $CO_2$ , представленной в таблице 4.2, чистая выгода составит:

$$V_{ч} = V_{CO_2} - Z_{CO_2}, \quad (4.5)$$

где,  $V_{ч}$  – чистая выгода от реализации метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением  $CO_2$ , руб.;

$V_{CO_2}$  – выгода от реализации метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением  $CO_2$ , руб.;

$Z_{CO_2}$  – затраты на реализацию метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением  $CO_2$ , руб.

$$V_{ч} = 125 - 10 = 115$$

Тогда срок окупаемости внедрения метода хранения вяленой и копченой

рыбы с применением CO<sub>2</sub> составит:

$$O_m = C_{tm} / B_{ч} , \quad (4.6)$$

где,  $O_m$  – срок окупаемости внедрения метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением CO<sub>2</sub>, суток;

$C_{tm}$  – затраты на модернизацию оборудования для холодильного хранения вяленой и копченой рыбы, руб.

$$O_m = 7000 / 115 = 60,9$$

## **4.2. Производственные испытания усовершенствованной технологии хранения вяленой и копченой рыбы с применением диоксида углерода**

На основании проведенных исследований разработана и апробирована на производстве усовершенствованная технология хранения вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода. Схема реализации усовершенствованной технологии хранения вяленой и копченой рыбы представлена на рисунке 4.1.

Для апробации предложенной технологии были получены партии вяленой и копченой рыбы на предприятиях ООО «Алинкино»; ООО «Инноватор»; ООО «Технохолд» г. Кемерово. Проведенные производственные испытания показали рациональность, эффективность и перспективность внедрения предложенных методик.

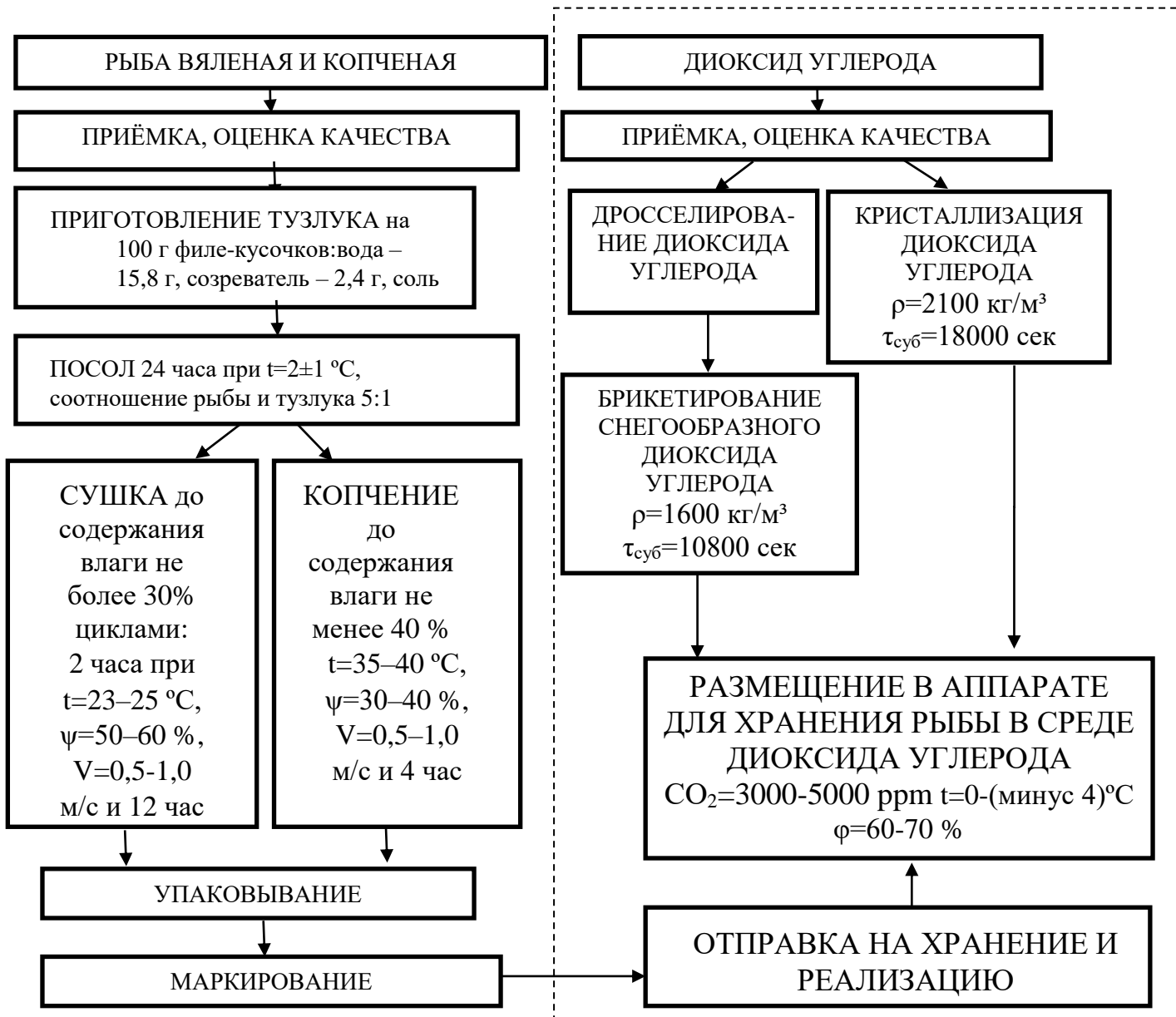


Рисунок 4.1 – Блок-схема реализации усовершенствованной технологии хранения вяленой и копченой рыбы

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения продолжительности сублимации прессованного снегообразного сухого льда и составлено ее математическое описание. Составлен тепловой баланс для расчета времени сублимации квазистационарного процесса на границе фаз сухого льда и воздуха.

2. Разработана балльная шкала для многофакторной органолептической оценки качества вяленой и копченой рыбы, выявлены закономерности изменения микробиологических показателей безопасности вяленой и копченой рыбы.

3. Исследовано влияние различных видов пищевых покрытий и режимов хранения вяленой и копченой рыбы на потери влаги, изменение качества и физико-химических свойств. Установлено, что применение покрытий позволяет снизить усушку вяленой и копченой рыбы на 7–10 % при увеличении продолжительности хранения на 10-15%. Потери массы снижаются на 25–30 %, продолжительность хранения увеличивается в 1,5 раза. Все исследуемые микробиологические показатели соответствуют нормам. Установлено снижение общего количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в сравнении с контрольной партией при использовании диоксида углерода.

4. Научно обоснована технология хранения вяленой и копченой рыбы при различных температурных режимах, в среде диоксида углерода. Предложена математическая модель влагопотери в процессах хранения вяленой и копченой рыбы при различных технологических режимах.

5. Разработана и утверждена техническая документация на способы хранения вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода.

6. Произведены испытания предложенной технологии в условиях промышленного предприятия. Проведена производственная проверка усовершенствованной технологии хранения вяленой и копченой рыбы на предприятиях ООО «Алинкино»; ООО «Инноватор»; ООО «Технохолд». По

результатам экономического расчета установлено, что срок окупаемости внедрения метода хранения вяленой и копченой рыбы с применением диоксида углерода составит 2 месяца. После этого периода выгода будет превышать отметку в 30 рублей с одного килограмма вяленой и копченой рыбы за период хранения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулов, А. И. Перспективы применения хитозана в косметике / А. И. Абдулов, Л. В. Симонова, М. А. Фролова, Е. А. Пилипейко, А. С. Фоменко // Тезисы докладов: материалы пятой конференции «Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 1999. – С. 117–118.
2. Акимова, А. А. Оценка эффективности технологий обогащения рыбной продукции диоксидом углерода / А. А. Акимова, В. А. Акимов // Рыбоводство и рыболовство. – 2019. – № 4. – С. 53–57.
3. Влияние размола на структуру и свойства хитозана / Т. А. Аكوпова, С. З. Роговина, И. Н. Горбачева, Г. А. Вихорева, С. Н. Зеленецкий // ВМС. – 1996. – Т. 38. – № 2. – С. 23–28.
4. Актуганов, Г. Э. Особенности продукции комплекса хитинолитических ферментов в периодической культуре *Bacillus* sp. 739 / Г. Э. Актуганов, А. И. Мелентьев, Н. Г. Усанов // Биотехнология. – 2001. – № 3. – С. 25–28.
5. Актуганов, Г. Э. Выделение и свойства хитозаназы штамма *Bacillus* sp. 739 / Г. Э. Актуганов, А. В. Широкова, А. И. Мелентьева // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39. – № 5. – С. 536–541.
6. Андреев, М. П. Перспективные направления развития современной рыбообработки / М. П. Андреев // Рыбное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 46.
7. Андреев, М. П. Повышение качества рыбной продукции – главный фактор стабилизации производства / М. П. Андреев // Рыбная промышленность. – 2003. – Т. 4. – С. 30.
8. Андрианова, И. Е. Противолучевые свойства хитозана / И. Е. Андрианова // Тезисы докладов: материалы Шестой Международной конференции «Новые достижения в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 2001. – С. 126–128.

9. Артемов, Р. В. Комплексные исследования рыбы охлажденной в льдо-водо-солевой системе «жидкий лед» в процессе хранения / Р. В. Артемов, Е. Н. Харенко // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. – 2010. – № 4. – С. 28–32.

10. Аржанникова, А. В. Особенности технологии хранения рыбы с применением диоксида углерода / А. В. Аржанникова, И. В. Ярошевич // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 26–28.

11. Технология продуктов из гидробионтов / С. А. Артюхова, В. Д. Богданов, В. М. Дацун [и др.] / под редакцией Т. М. Сафроновой и В. И. Шендерюка. – Москва: Колос, 2001. – 496 с.

12. Баранов, В. В. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов / В. В. Баранов, И. Э. Бражная, В. А. Гроховский [и др.] / под редакцией А. М. Ершова. – Санкт-Петербург:ГИОРД, 2006. – 944 с.

13. Бегунов, И. И. Нарцисс — альтернатива химическим протравителям / И. И. Бегунов, Н. Ф. Калугин, В. Н. Довгаленко, Е. В. Стрелков // Тезисы докладов «Новые достижения в исследовании хитина и хитозана»: материалы Шестой Международной конференции. – Москва: ВНИРО, 2001. – С. 76–78.

14. Бегунов, И. И. Индуцированная устойчивость озимой пшеницы к корневым гнилям / И. И. Бегунов, В. Д. Надыкта, В. Я. Исмаилов // Тезисы докладов «Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана»: материалы Пятой конференции. – Москва: ВНИРО, 1999. – С. 81–83.

15. Белова, Е. О. Оценка изменения биохимических показателей рыбной продукции, обработанной диоксидом углерода / Е. О. Белова, Л. М. Томилина // Вестник Поволжской государственной технологической академии. – 2016. – № 3(31). – С. 110–113.

16. Белоглазова, К. Е. Разработка пленочных покрытий на основе полесакхаридов и перспективы их использования / К. Е. Белоглазова Самарский государственный технический университет. – Самара, 2020. – 24 с.



17. Беляева, Н. В. Исследование влияния диоксида углерода на микробиологический состав рыбной продукции / Н. В. Беляева, А. А. Смирнов, И. В. Королева // Экологические проблемы и решения. – 2020. – Т. 2. – С. 71–75.

18. Бессмертная, И. А. Технология производства вяленой продукции: учебное пособие / И. А. Бессмертная. – Калининград, 1993. – 95 с.

19. Бессмертная, И. А. Интенсификация обезвоживания и совершенствование контроля в процессе вяления океанических рыб / И. А. Бессмертная. – Калининград, 1987. – 256 с.

20. Бессмертная, И. А. Совершенствование технологии вяленого рыбного филе / И. А. Бессмертная, В. И. Шендерюк, О. Я. Мезенова // Научно-технический семинар: сборник тезисов докладов. – Калининград, 1994.

21. Билалов, Т. Р. Фазовая диаграмма системы сверхкритический диоксид углерода этилкарбитол / Т. Р. Билалов, Н. Б. Завьялова, Ф. М. Гумеров // Научная статья. – 2009. – Т. 14. – № 4. – С. 27–33.

22. Борисочкина, Л. И. Вкусо-ароматические и другие добавки, используемые в современном производстве рыбных и других пищевых продуктов / Л. И. Борисочкина // Информационный пакет: обработка рыбы и морепродуктов. – Москва, 1994.

23. Бубырь, И. В. Технология и потребительские свойства продуктов переработки пресноводной рыбы методом копчения / И. В. Бубырь. – Минск, 2019. – 24 с.

24. Велешко, И. Е. Использование хитозана для концентрирования U и Ри в солевых растворах / И. Е. Велешко, А. Н. Велешко, В. Н. Косяков // Материалы 7-ой Международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 2003. – С. 288–291.

25. Изучение фракционного состава хитозана, полученного твердофазным и суспензионным методом / Г. А. Вихорева, С. З. Роговина,

Т. А. Аكوпова, С. Н. Зеленецкий, Л. С. Гальбрайх // ВМС. – 1996. – Т. 38. – № 10. – С. 1781–1785.

26. Воскресенский, Н. А. Посол, копчение и сушка рыбы / Н. А. Воскресенский. – Москва, 1966. – 564 с.

27. Гамзазаде, А. И. Некоторые особенности получения хитозана / А. И. Гамзазаде, А. И. Склад, С. В. Рогожин // ВМС. – 1985. – Т. 27. – № 6. – С. 2812–2816.

28. Голубева, Л. В. Хранимоспособность пищевых продуктов / Л. В. Голубева // Теоретические основы пищевых технологий / под редакцией В. А. Панфилова. – Москва: Колос С, 2009. – Кн. 2. – 800 с.

29. Гольбрайх, Л. С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л. С. Гольбрайх // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7. – № 7. – С. 51–56.

30. Горовой, Л. Ф. Механизмы сорбции ионов металлов грибными хитинсодержащими комплексами / Л. Ф. Горовой, А. П. Петюшенко // Тезисы докладов: Материалы пятой конференции «Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 1999. – С. 134–137.

31. Громов, И. А. Формирование улучшенных потребительских свойств охлажденной рыбы путем совершенствования характеристик охлаждающей среды: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Громов Игорь Александрович; Моск. гос. ун-т пищевых пр-в (МГУПП). – Москва, 2010. – 202 с.

32. Громов, М. А. Исследование некоторых реологических свойств рыбных продуктов / М. А. Громов, Г. И. Малунова // Рыбное хозяйство. – 1972. – № 1. – С. 46–47.

33. Данилов, Ю. М. Механизация и совершенствование процессов производства вяленой и провесной рыбы / Ю. М. Данилов; М-во рыбного хоз-ва СССР. Центр. науч.-исслед. ин-т информации и техн.-экон. исследований рыбного хоз-ва. – Москва: [б. и.], 1972. – 33 с.

34. Даниловских, Т. Е. Исследование проблем, сдерживающих развитие рыбной отрасли дальневосточного региона / Т. Е. Даниловских, Я. С. Даримова, Е. Г. Кичигина // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9-3. – С. 579–585.

35. Патент № 2327372 Российская Федерация. Пищевой продукт, содержащий животный белок, обладающий повышенной способностью сохранять влагу, в том числе и мясо, и способ его обработки: № 2005107318/13: заявл. 14.08.2003: опубл. 27.06.2008 / Даниско А. С.; заявитель и патентообладатель Даниско А. С.

36. Дармограй, А. Н. Оптимизация процессов вяления рыбы / А. Н. Дармограй, А. Н. Демьянов // Рыбное хозяйство. – 1980. – № 8.

37. Дашков, Л. П. Организация и правовое обеспечение бизнеса в России: коммерция и технология торговли / Л. П. Дашков, В. К. Памбухчиянц, О. В. Памбухчиянц. – Москва, 2007. – 1012 с.

38. Патент № 2532180 Российская Федерация. Пищевые пленочные покрытия / Денисова М. Н., Жук С. Г., Бухарова Е. Н., Рысмухамбетова Г. Е., Кащенко В. Ф. заявитель и патентообладатель Денисова Мария Николаевна №013134600/05; заявл. 2013-07-23; опубл. 27.10.2014. – Бюл. № 35.

39. Добровольская, И. П. Полимерные матрицы для тканевой инженерии / И. П. Добровольская, В. Е. Юдин, П. В. Попрядухин, Е. М. Иванькова. – Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация университетов России, 2016. – 224 с.

40. Долганова, Н. В. Упаковка, хранение и транспортировка рыбы и рыбных продуктов: учебное пособие / Н. В. Долганова, С. А. Мижужева, С. О. Газиева, Е. В. Першина. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2011. – 272 с.

41. Дорохина, И. Н. Тенденции и приоритетные направления развития рынка аквакультуры в Кабардино-Балкарской республике / И. Н. Дорохина, Н. С. Коков, Н. И. Литовка // Успехи Современной науки и образования. – 2016. – Т. 3. – № 11. – С. 109–113.

42. Ершов, А. М. Методика расчета кривых кинетики и динамики обезвоживания в процессах вяления и холодного копчения рыбы / А. М. Ершов, М. А. Ершов, О. А. Николаенко // Вестник МГТУ. – 2010. – Т. 13. – С. 947–950.

43. Жукова, И. Н. Влияние диоксида углерода на качество рыбной продукции при длительном хранении / И. Н. Жукова, Е. В. Шаркова // Пищевые ингредиенты. – 2017. – № 3(37). – С. 77–81.

44. Захаров, Н. А. Оптимизация процесса хранения рыбы в среде диоксида углерода / Н. А. Захаров, Е. А. Макарова // Инновационная наука. – 2018. – № 5. – С. 20–23.

45. Изотова, Е. С. Совершенствование технологии переработки свиней применением покрытий полутуш защитным слоем / Е. С. Изотова, Е. А. Кривопушкина, В. В. Кривопушкин // Национальная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства». – Брянск, 2020. – С. 96–102.

46. Патент № 2545293 Российская Федерация. Способ получения биоразлагаемой пленки / Кадималиев Д. А., Парчайкина О. В., Кезина Е. В., Замылина Л. Н., Сюсин И. В., Варламов В. П.: заявитель и патентообладатель Кадималиев Давуд Али-оглы: № 2013153681/05: заявл. 2013.12.03; опубл. 2015.03.27.

47. Камская, В. Е. Хитозан: структура, свойства и использование / В. Е. Камская // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 6. – С. 36–42.

48. Касьянов, Г. И. Диоксид углерода: производство и применение / Г. И. Касьянов, Т. Н. Боковикова, В. Е. Тарасов // Краснодар: Экоинвест, 2010. – 171 с.

49. Каширская, О. А. Изучение влияния обогащенной диоксидом углерода среды на качество замороженного минтая / О. А. Каширская, Н. В. Беляева, И. В. Королева // Сибирский экологический журнал. – 2020. – № 4. – С. 530–536.

50. Киселевич, Т. И. Питание в санаторно-курортных организациях: учет и налогообложение / Т. И. Киселевич // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 6. – С. 116–117.

51. Климов, С. С. Оценка динамики изменения белкового состава и содержания тиаминовых соединений в рыбной продукции при длительном хранении в среде диоксида углерода / С. С. Климов, А. В. Пащенко, О. В. Линник // Проблемы пищевой науки и технологии. – 2018. – Т. 8. – № 4. – С. 27–33.

52. Коган, А. Х. Модулирующая роль CO<sub>2</sub> в действии активных форм кислорода / А. Х. Коган, С. В. Грачев, С. В. Елисеева // ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 224 с.

53. Коротких, П. С. Практические исследования по совершенствованию методов хранения вяленой рыбы / П. С. Коротких, Е. Н. Неверов, Д. М. Ухин // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк, Донецкий национальный университет, 2018. – С. 237–240.

54. Красильникова, Е. В. Исследование влияния диоксида углерода на качество рыбы при ее замораживании / Е. В. Красильникова, И. А. Кузнецова // Продовольственная промышленность. – 2019. – № 8. – С. 47–51.

55. Левкова, Е. Ю. Оценка качества рыбы, замороженной диоксидом углерода / Е. Ю. Левкова, А. А. Набоков, М. С. Петухов // Рыбное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 22–25.

56. Львова, Л. А. Технологические особенности хранения и транспортирования рыбной продукции, обработанной диоксидом углерода / Л. А. Львова // Наука и техника пищевых производств. – 2018. – № 1. – С. 33–37.

57. Маханева, Ю. С. Влияние обогащения среды диоксидом углерода на микробиологическую чистоту замороженной рыбной продукции /

Ю. С. Маханева, А. В. Пащенко, О. В. Линник // Инновации в науке и образовании. – 2018. – Т. 15. – № 2. – С. 61–63.

58. Патент № 2728222 Российская Федерация. Способ хранения вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода / Неверов Е. Н., Ухин А. М., Короткий И. А., Коротких П. С.; заявитель и патентообладатель Неверов Е. Н. – № 2019142768: опубл. 28.07.2020. – Бюл. № 22.

59. Неверов, Е. Н. Исследование параметров процесса теплообмена при сублимации диоксида углерода / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, И. Б. Плотников, П. С. Коротких, А. А. Кожаев // Научная статья. – 2020. – № 6. – С. 215–222.

60. Немцев, С. В. Получение низкомолекулярного водорастворимого хитозана / С. В. Немцев, С. М. Ильина, А. И. Албулова, В. П. Варламов // Биотехнология. – 2001. – № 6. – С. 37–42.

61. Никитин, Б. П. Предупреждение и устранение пороков рыбных продуктов / Б. П. Никитин // Легкая и пищевая промышленность. – 1981. – 264 с.

62. Никитин, Б. П. Повышение качества рыбных продуктов / Б. П. Никитин // Легкая и пищевая промышленность. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Пищевая промышленность, 1980. – 367 с.

63. Овчинникова, И. А. Современное состояние процессов воспроизводства сырьевых ресурсов регионального рыбохозяйственного комплекса / И. А. Овчинникова // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 11-2(64). – С. 420–424.

64. Онищенко, В. А. Соление, вяление, сушка и копчение рыбы / В.А. Онищенко. – Харьков: Фолио, 2009. – 219 с.

65. Патент № 2458077 Российская Федерация. Биоразлагаемая пленка на основе пектина и хитозана / Перфильева О.О. заявитель и патентообладатель Перфильева Ольга Олеговна № 2010151358/05: заявл. 14.12.2010: опубл. 10.08.2012.

66. Першина, Е. И. Товароведение и экспертиза однородных групп товаров (рыба и рыбные товары): конспект лекций / Е. И. Першина. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2002. – 103 с.

67. Полетаева, О. В. Особенности технологии хранения и транспортирования рыбы, обработанной диоксидом углерода, в контексте международных стандартов / О. В. Полетаева, А. А. Копылова // Пищевая промышленность. – 2018. – № 2. – С. 35–39.

68. Потапова, Ю. В. Изучение динамики изменения биохимических показателей рыбной продукции при хранении в среде диоксида углерода / Ю. В. Потапова, А. В. Пашенко, О. В. Линник // Продукты и продовольствие. – 2017. – № 1. – С. 25–29.

69. Решетников, А. А. Влияние диоксида углерода на микробиологический состав замороженной трески / А. А. Решетников, Н. В. Беляева, И. В. Королева // Продукты и продовольствие. – 2019. – № 2. – С. 68–71.

70. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Л. А. Сарафанова. – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 256 с.

71. Технология комплексной переработки гидробионтов: учебное пособие / Т. М. Сафронова, В. Д. Богданов, Т. М. Бойцова, В. М. Дацун, Г. Н. Ким, Э. Н. Ким, Т. Н. Слуцкая / под редакцией Т. М. Сафроновой. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. – 512 с.

72. Седельников, Л. И. Переработка полимерных отходов рециклинг, биодegradация / Л. И. Седельников // Эколог, промыш. производства. – 1993. – № 2. – С. 27–29.

73. Семенихин, В. В. Торговля: Правовое регулирование, налоговый и бухгалтерский учет: энциклопедия / В. В. Семенихин. – Москва: Гросс-Медиа, 2018. – 1582 с.

74. Семенихин, В. В. Торговля: Правовое регулирование, налоговый и бухгалтерский учет: энциклопедия / В. В. Семенихин. – издание 4-е, переработанное и дополненное. – Москва: Гросс-Медиа: Российский бухгалтер, 2015. – 1732 с.

75. Семенихин, В. В. Общественное питание / В. В. Семенихин. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Гросс-Медиа: Российский бухгалтер, 2016. – 670 с.

76. Семенихин, В. В. Торговля. Правовое регулирование, налоговый и бухгалтерский учет: энциклопедия / В. В. Семенихин. – Москва: ГроссМедиа, 2016, 5-е издание. – 1572 с.

77. Семенихин, В. В. Торговля. Правовое регулирование, налоговый и бухгалтерский учет: энциклопедия / В. В. Семенихин. – 5-е издание. – Москва, 2014. – 1349 с.

78. Смирнова, О. А. Разработка технологии замораживания рыбы с применением диоксида углерода / О. А. Смирнова, С. М. Мухаметова // Пищевая наука и технология. – 2017. – Т. 4. – № 4. – С. 99–104.

79. Скляр, А. М. Исследование реологических свойств разбавленных растворов хитозана / А. М. Скляр, А. И. Гамзазаде, Л. З. Роговина, Л. В. Титкова, С. А. Павлова, С. В. Рогожин, Г. Л. Слонимский // ВМС. – 1981. – А 23. – № 6. – С. 1396–1403.

80. Скрыбина, К. Г. Хитозан: сборник статей / под редакцией К. Г. Скрыбина, В. П. Варламова, С. Н. Михайлова. – Москва: Центр «Биоинженерия» РАН, 2013. – 593 с.

81. Скрыбина, К. Г. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / под редакцией К. Г. Скрыбина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. – Москва: Наука, 2002. – 368с.

82. Тихонова, Н. В. Обеспечение качества охлажденной рыбы в процессе хранения / Н. В. Тихонова, С. Л. Тихонов, А. С. Романова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 5(34). – С. 87–91.



83. Феофилова, Е. Л. Перспективные источники получения хитина из природных объектов / Е. Л. Феофилова, В. М. Терешина // Тезисы докладов: Материалы пятой конференции «Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 1999. – С. 76–78.

84. Хабарова, М. В. Оценка микробиологической безопасности рыбы, замороженной диоксидом углерода / М. В. Хабарова, И. А. Голиков // Инновации в науке и образовании. – 2019. – № 5. – С. 57–61.

85. Харенко, Е. Н. Перспективы использования жидкого льда для производства охлажденной продукции / Е. Н. Харенко, Р. В. Артемов. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2007. – 197 с.

86. Хлопинцева, А. А. Исследование хранения плотвы в среде диоксида углерода с использованием различных типов упаковки / А. А. Хлопинцева, А. В. Пащенко, О. В. Линник // Научный журнал КубГАУ. – 2018. – № 147. – С. 1–14.

87. Хохлов, С. В. Применение диоксида углерода для снижения убыли рыбы холодного копчения / С. В. Хохлов, П. С. Коротких // Пищевые инновации и биотехнологии. – Кемерово, 2020. – С. 95–96.

88. Хуршудян, С. А. История производства пищевых продуктов и развития пищевой промышленности России: учебное пособие / С. А. Хуршудян, Ц. Р. Зайчик. – Москва: ДеЛи принт, 2009. – 204 с.

89. Цуранов, О. А. Холодильная техника и технология / О. А. Цуранов, А. Г. Крысин. – Санкт-Петербург: Лидер, 2004. – 448 с.

90. Чернин, Л. С. Бактериальные хитиназы в биоконтроле растений / Л. С. Чернин // Тезисы докладов: материалы Шестой Международной конференции «Новые достижения в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 2001. – С. 118–120.

91. Чеснокова, Н. Ю. Исследование эффективности технологии хранения рыбы в среде диоксида углерода в условиях магазинов / Н. Ю. Чеснокова, М. И. Кузнецов, О. Г. Чистякова // Продукты и продовольствие. – 2017. – № 4. – С. 61–64.

92. Чирков, С. Н. Противовирусные свойства хитозана / С. Н. Чирков // Тезисы докладов: материалы Шестой Международной конференции «Новые достижения в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 2001. – С. 120–123.
93. Чирков, С. Н. Противовирусная активность хитозана / С. Н. Чирков // Прикладная биохимия и микробиология. – 2002. – Т. 38. – № 1. – С. 5–13.
94. Чирков, С. Н. Индукция противовирусной устойчивости у растений хитозаном / С. Н. Чирков // Тезисы докладов: материалы Пятой конференции «Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана». – Москва: ВНИРО, 1999. – С. 111–114.
95. Шиповский, А. Б. Особенности структурообразования в растворах хитозана / А. Б. Шиповский, В. И. Фомина, Н. А. Солонина, О. Ф. Казмичева, В. А. Козлов, Г. Н. Тимофеева // Химия и компьютерное моделирование. – 2002. – № 6. – С. 1–4.
96. Шубина, Е. П. Исследование влияния диоксида углерода на физико-химические и органолептические показатели рыбной продукции при длительном хранении / Е. П. Шубина, А. А. Горелова, А. С. Алексеев // Пищевая наука и технология. – 2018. – Т. 5. – № 4. – С. 36–41.
97. ГОСТ 814-96 Рыба охлажденная. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2010.
98. ГОСТ Р 58059-2018 «Технология рыбы. Технические условия на рыбу, замороженную диоксидом углерода»
99. ГОСТ 1368-03 Рыба. Длина и масса. – Москва: Стандартинформ, 2010.
100. ГОСТ 1551-93 Рыба вяленая. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2007.
101. ГОСТ 30518-97. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – Минск, 1998.

102. ГОСТ 31339-2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб для лабораторных испытаний. – Москва: Стандартинформ, 2010.

103. ГОСТ Р 53619-2009 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Технологическая инструкция. Правила построения, изложения, оформления и регистрации. – Москва: Стандартинформ, 2010.

104. Amokrane Boufares A.; Provost E.; Dalmazzone D.; Osswald V.; Clain P.; Delahaye A.; Fournaison L. Kinetic study of CO<sub>2</sub> hydrates crystallization: Characterization using FTIR/ATR spectroscopy and contribution modeling of equilibrium/non-equilibrium phase-behavior // Chemical Engineering Science. – 2018. – 192. – P. 371–379. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2018.07.050>

105. Cherono, K. Infrared drying of biltong: effect of pretreatment and drying conditions on the drying characteristics and product quality / K. Cherono // Literature re-view and project proposal. – School of Engineering University of KwaZulu-Natal Pietermaritzburg, 2013. – 43 p.

106. Cho S.-V. Oxidative deterioration of lipids in salted and dried sardine during storage at 5°C / S.-V. Cho, Y. Endo, K. Fujimori // Bull Japan. Soc. Sci. Fish. – 1989. – V. 55. – № 3. – P. 541–544.

107. Fisheries Record of Thailand for 1973. Department of Fisheries, 1973.

108. Devahastin, S. A comparative study of low-pressure superheated steam and vacuum drying of a heat-sensitive material / S. Devahastin, P. Suvarnakuta, S. Soponronnarit, A. S. Mujumdar // Drying Technology. – 2004. – Vol. 22. – P. 1845–1867.

109. Doke, S. N. Innovative method for dehydrated laminates from Bombay duck / S. N. Doke, V. Venugopal, P. Thomas // Infofish Intern. – 1996. – № 6. – P. 49–50.

110. FAO Technical Conference on Aquaculture, 1976. Kyoto, Japan, 26 May – 2 June 1976. FAO Fish. Rep., (188): iii + 93 p.

111. Fisheries Statistics of Japan. 1974. Tokyo: Government of Japan, 1974. – 76 p.
112. Flores, I. Evaluacion de los productos carnicjc III ia mon carados / I. Flores S. Bermell., F. Nieto // *Rev. agrogim y tecnol. alim.* – 1985. – 25. – № 3. – P. 400–408.
113. Pillay, T. V. R. 1976. The state of aquaculture 1975. FAO Fish. Rep. FIR: AQ/ Conf/76/R. 36: 13 p.
114. Prior, B. A. Role of micro-organisms in biltong flavour development / B. A. Prior // *Journal of Applied Bacteriology.* – 1984. – Vol. 56(1). – P. 41–45.
115. Muhammad Sarfraz, M. Ba. Shammakh. ZIF-based water-stable mixed- matrix membranes for effective CO<sub>2</sub> separation from humid flue gas // *The Canadian Journal of Chemical Engineering.* – 2018. – Vol. 96. – Issue 11. – P. 2475–2483. – URL: <https://doi.org/10.1002/cjce.23170>
116. Chemical Engineering Transactions 63 217 [2] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Yoosook, H; Maneeintr, K. // 2005 IPCC Special report on carbon dioxide capture and storage. – Cambridge, United Kingdom: University Press, 2018.
117. Yu S. Prospects for the use of cedar nuts in dairy industry products. *Food and Raw Materials.* – 2018. – 2. – P. 264–280.
118. Evaluation of density-based models for the solubility of solids in supercritical carbon dioxide and formulation of a new model. L. Sparks, D.; Hernandez, R.; Antonio Estévez, L.A. // *Chemical Engineering Science.* – 2008. – 63(17). P. – 4292–4301. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2008.05.031>
119. Wasson, D. H. Antioxidants to preserve rech fish color / D. H. Wasson, K. D. Reppond // *T. Food. Sci.* – 1991. – V. 56. – № 6. – P. 1564–1566.
120. Zhai, S.; Su, H.; Taylor, R.; Slater, N. K. N. Pure ice sublimation within vials in a laboratory lyophiliser; comparison of theory with experiment. *Chemical Engineering Science.* – 2005. – 60(4). – P. 1167–1176. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2004.09.078>

121. Belozerov, G. A.; Tvorogova, A. A.; Andreev, S. P.; Mednikova, N. M. Development of cold chain in Russia: collection: Proceeding 23rd IIR International Congress of Refrigeration, 2011. P. 2315–2320.
122. Evans, J.; James, S. J. A review of the performance of domestic refrigeration *Journal of Food Engineering*. – 2008. – 87(1). – P. 2–10.
123. Frankel, E. N., Finley, J. W. How to standardize the multiplicity of methods to evaluate natural antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – 56. – P. 4901–4908.
124. Houska, M.; Kazilova, L.; Landfeld, A. Time Temperature Histories Of Perishable Foods During Shopping Transport And Home Refrigerated Storage. *Proceedings of ICR-2011*. – Prague, Czech Republic, 2011. – ID-102.
125. Koster, G. J. Carbon dioxide as refrigerant; why, and when beneficial. *IIR Conference: «Ammonia Refrigerating Systems, Renewal and Improvement»*, Ohrid, North Macedonia, 2005.
126. Maier, D.; Wilson, D. Carbon dioxide for use as a refrigerant. *Proc. IIR-IRHACE Conference, Innovative Equipment and Systems for Comfort and Food Preservation*, University of Auckland, New Zealand, 2006. P. 305–311.
127. Effects of carbon dioxide-enriched atmosphere packaging on the quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during cold storage. Li, M., Xie, J., Chen, M., Chen, L., Sun, X., & Xia, W. // *Aquaculture Reports*. – 13. – 100182. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.100182>
128. Repice, C.; Stumpf, A. Energy Efficiency in Transport Refrigeration. *IIR Congress, Beijing, China*. Ruhe, Xie. Refrigeration transportation, energy consumption and food supply in China *IEA Heat Pump Centre Newsletter*. – 2007. – 2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Технохолод»

А.Н. Расщепкин

АКТ

приемки опытно-промышленного образца установки для хранения продуктов  
в среде диоксида углерода

20 августа 2021 г.

г. Кемерово

**Приемочная комиссия в составе:**

Председателя: директора ООО «Технохолод» Расщепкина А.А.

Членов комиссии: зав. кафедрой «Теплохладотехника» КемГУ, д.т.н.,  
профессора Короткого И.А., д.т.н., профессора каф. «Теплохладотехника»  
Неверова Е.Н., м.н.с. НОЦ ХКТиТ Коротких П.С.провела приемочные испытания установки для хранения продуктов в среде  
диоксида углерода.

Приложение: протокол приемочных испытаний от 20 августа 2021 г.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

## ПРОТОКОЛ

приемочных испытаний опытно-промышленного образца установки для хранения продуктов в среде диоксида углерода

20 августа 2021 г.

г. Кемерово

**Приемочная комиссия в составе:**

Председателя: директора ООО «Технохолд» Расщепкина А.А.

Членов комиссии: зав. кафедрой «Теплохладотехника» КемГУ, д.т.н., профессора Короткого И.А., д.т.н. профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., м.н.с НОЦ ХКТиТ Коротких П.С.

Провела приемочные испытания опытно-промышленного образца теплоизолированной установки для хранения продуктов в среде диоксида углерода в условиях предприятия ООО «Технохолд» ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство» и техническим заданием на проектирование и изготовление опытного образца установки для хранения продуктов в среде диоксида углерода.

Установка для хранения продуктов в среде диоксида углерода спроектирована и изготовлена в КемГУ и подготовлена к испытаниям специалистами ООО «Технохолд» и КемГУ.

В результате приемочных испытаний комиссия установила следующее:

1. Установка для транспортировки продуктов в среде диоксида углерода соответствует рабочей документации и отвечает технической характеристике, указанной в чертежах.
2. Установка для хранения продуктов в среде диоксида углерода позволяет хранить продукты и поддерживать температуру в диапазоне  $0\pm 4^{\circ}\text{C}$ .

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

3. Ширина камеры значительно превышает ширину ящика, и следует отметить, что вертикальное расстояние стоек таково, что верхние и нижние ящики в соседних рядах разделены, так что воздух может циркулировать свободно вокруг ящиков.
4. Для интенсификации процесса охлаждения продуктов в установке предусмотрены отверстия во внутреннем теплоизолированном контуре.

Председатель комиссии:

 Расцепкин А.Н.

Члены комиссии:

 Короткий И.А.  
 Неверов Е.Н.  
 Коротких П.С.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Технохолд»

А.Н. Расщепкин



АКТ

испытаний установки для хранения продуктов в среде диоксида углерода

**Приемочная комиссия в составе:**

Председателя: директора ООО «Технохолд» Расщепкина А.Н.

Членов комиссии: зав. кафедрой «Теплохладотехника» КемГУ, д.т.н., профессора Короткого И.А., д.т.н. профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., м.н.с НОЦ ХКТиТ Коротких П.С.

провела производственные испытания установки для хранения пищевых продуктов в среде диоксида углерода 20.06.21 – 20.08.2021 г.

**Целью испытаний являлось следующее:**

- способность установки обеспечивать заданный температурный режим во время хранения;
- контроль нормируемой температуры в продукте во время хранения;
- определение оптимального расхода диоксида углерода, подаваемого в установку, необходимого для достижения нормируемой температуры в продуктах при различных температурах наружного воздуха.

**При апробации работы аппарата установлено:**

- установка обеспечивают нормируемый температурный режим в диапазоне (0÷4°C) во время хранения за счет сублимации диоксида углерода;
- в целом нормируемая температура в продуктах во время хранения была достигнута, наблюдалось колебание температуры выше установленной нормы при температуре окружающей среды выше

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

30 °С, что далее было устранено калибровкой термодатчика и микроконтроллера;

- получены оптимальные расходы диоксида углерода, подаваемого в установку, необходимого для достижения температуры от 0 до 4 °С в продуктах при различных температурах наружного воздуха.

**Выводы и предложения.**

Установка для хранения продуктов в среде диоксида углерода прошла, производственные испытания и показала высокие технико-экономические результаты. Комиссия рекомендует организацию серийного выпуска установки для хранения продуктов в среде диоксида углерода.

Председатель комиссии:

 Расцепкин А.Н.

Члены комиссии:

 Короткий И.А.  
 Неверов Е.Н.  
 Коротких П.С.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Иноватор»

А.А. Кождев



## АКТ

приемки опытно-промышленного образца установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода

01 сентября 2021 г.

г. Кемерово

**Приемочная комиссия в составе:****Председателя:** главного инженера ООО «Иноватор» Гарусова В.В.**Членов комиссии:** н.с. отдела автоматизации ООО «Иноватор» Николаева К.Б., зав. кафедрой «Теплохладотехника» КемГУ, д.т.н., профессора Короткого И.А., д.т.н., профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., м.н.с. НОЦ ХКТиТ Коротких П.С.

провела приемочные испытания установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода.

Приложение: протокол приемочных испытаний от 01 сентября 2021 г.

## ПРДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

**ПРОТОКОЛ**

приемочных испытаний опытно-промышленного образца установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода

01 сентября 2021 г.

г. Кемерово

**Приемочная комиссия в составе:**

**Председателя:** главного инженера ООО «Инноватор» Гарусова В.В.

**Членов комиссии:** н.с. отдела автоматизации ООО «Инноватор» Николаева К.Б., зав. кафедрой «Теплохладотехника» КемГУ, д.т.н., профессора Короткого И.А., д.т.н. профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., м.н.с. НОЦ ХКТиТ Коротких П.С.

Провела приемочные испытания опытно-промышленного образца установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода в условиях предприятия ООО «Инноватор» ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство» и техническим заданием на проектирование и изготовление опытного образца установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода.

Установка для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода спроектирована и изготовлена в КемГУ и подготовлена к испытаниям специалистами ООО «Инноватор» и КемГУ.

В результате приемочных испытаний комиссия установила следующее:

1. Установка для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода соответствует рабочей документации и отвечает технической характеристике, указанной в чертежах.
2. Установка для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода позволяет хранить рыбу указанной категории и

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В





поддерживать температуру в диапазоне  $0\pm 4^{\circ}\text{C}$ , а также установленную концентрацию  $\text{CO}_2$ .

3. Ширина камеры значительно превышает ширину ящика, и следует отметить, что вертикальное расстояние стоек таково, что верхние и нижние ящики в соседних рядах разделены, так что воздух может циркулировать свободно вокруг решетчатого ящика.
4. Для интенсификации процесса охлаждения продуктов в установке предусмотрены отверстия во внутреннем теплоизолированном контуре.

Председатель комиссии:

 Гарусов В.В.

Члены комиссии:

 Николаев К.Б.  
 Короткий И.А.  
 Неверов Е.Н.  
 Коротких П.С.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Иноватор»

А. А. Кожася



## АКТ

испытаний установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода

**Приемочная комиссия в составе:**

**Председателя:** главного инженера ООО «Иноватор» Гарусова В.В.

**Членов комиссии:** н.с. отдела автоматизации ООО «Иноватор» Николаева К.Б., зав. кафедрой «Теплохладотехника» КемГУ, д.т.н., профессора Короткого И.А., д.т.н., профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., м.н.с. НОЦ ХКТиТ Коротких П.С.

провела производственные испытания установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода 02.08.21 – 31.08.2021 г.

**Целью испытаний являлось следующее:**

- способность установки обеспечивать заданный температурно-влажностный режим во время хранения;
- контроль нормируемой температуры сушено-вяленой и копченой рыбы во время хранения;
- определение оптимального расхода диоксида углерода, подаваемого в установку, необходимого для достижения нормируемой температуры и концентрации  $\text{CO}_2$  в грузовом отсеке установки при различных параметрах наружного воздуха.

**При апробации работы аппарата установлено:**

- установка обеспечивают нормируемый температурно-влажностный режим в диапазоне  $(0+4^\circ\text{C})$  во время хранения рыбы, а сублимируемый диоксид углерода обеспечивает допустимую концентрацию  $\text{CO}_2$  в грузовом отсеке;

## ПРДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

- получены оптимальные расходы диоксида углерода, подаваемого в установку, необходимого для достижения температуры от 0 до 4°C и определенной концентрации CO<sub>2</sub> при различных температурах наружного воздуха;
- необходимо установить в механизм подачи таблетированного CO<sub>2</sub> пружину, обеспечивающую плотное закрытие подающей заслонки;
- для хранения различных видов рыбы предусмотреть деление решетчатого ящика на секции.




**Выводы и предложения.**

Установка для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода прошла, производственные испытания и показала высокие технико-экономические результаты. Комиссия рекомендует организацию серийного выпуска установки для хранения сушено-вяленой и копченой рыбы в среде диоксида углерода.

Председатель комиссии:

 Тарусов В.В.

Члены комиссии:

 Николаев К.Б.  
 Короткий И.А.  
 Неверов Е.Н.  
 Коротких П.С.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д



УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Алинкино»,  
Ильиных А.А.

## АКТ

приемки опытной партии сушено-вяленой рыбы хранимой в среде диоксида углерода

29 сентября 2021 г.

г. Кемерово

**Дегустационная комиссия в составе:**

Председателя: директора ООО «Алинкино» Ильиных А.А.

Членов комиссии: главный технолог Танцерева К.Н., Короткого И.А., заведующего кафедрой теплохладотехники КемГУ, Неверова Е.Н., профессора кафедры теплохладотехники КемГУ, Коротких П.С., м.н.с. НОЦ ХКТиТ.

Произвели оценку образцов опытной партии сушено-вяленой рыбы хранимой в среде диоксида углерода после 5 суток хранения.

**Представленные образцы имели следующие органолептические показатели:****Визуальная оценка** – налета и пожелтения поверхности нет, присутствует характерный блеск. При осмотре кусочков на срезе в проходящем свете мышечная ткань полупрозрачная.**Консистенция** - плотная, без выраженной слоистости, рыба разжевывается с небольшим усилием.**Вкус запах** - вкус умеренно выраженный, свойственный сушено-вяленой рыбе, без каких-либо посторонних привкусов и запахов.**Результаты исследований сушено-вяленой рыбы по основным показателям**

№ п/п	Показатель	Нормативный документ, нормативная документация на метод испытаний, способ исследования	Полученное значение
1	2	3	4
1	Массовая доля влаги, %, не более	ГОСТ 33803-2016. Рыба пресноводная сушено-вяленая. ГОСТ 34191-2017. Рыба мелкая вяленая. Технические условия	25
	Массовая доля	ГОСТ 33803-2016. Рыба	2



## ПРДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Д

	жира, %	пресноводная сушено-вяленая. ГОСТ 34191-2017. Рыба мелкая вяленая. Технические условия	
2	Массовая доля белка, %	ГОСТ 33803-2016. Рыба пресноводная сушено-вяленая. ГОСТ 34191-2017. Рыба мелкая вяленая. Технические условия	20
3	Массовая доля NaCl, %	ГОСТ 33803-2016. Рыба пресноводная сушено-вяленая. ГОСТ 34191-2017. Рыба мелкая вяленая. Технические условия	10

Дегустационная комиссия, рассмотрев представленные образцы, пришла к заключению, что опытная партия сушено-вяленой рыбы хранимой в среде диоксида углерода по органолептическим показателям соответствует требованиям, предъявляемым к данной группе продукции, ГОСТ 33803-2016. (Рыба пресноводная сушено-вяленая).

Председатель комиссии:



Ильиных А.А.

Члены комиссии:



Танцерева К.Н.



Короткий И.А.



Неверов Е.Н.



Коротких П.С.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е



## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж





## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет  
(ФГБОУ ВО «КемГУ»)

ОКПД 2: 10.20.91.000

ОКС: 67.040

УТВЕРЖДАЮ

Ректор КемГУ

А.Ю. Просеков

«30» 10 2021 г.

(вводится впервые)

Технические условия

ТУ 10.20.23-280-02068309-2021

РЫБА СУШЕНО-ВЯЛЕНАЯ, ХРАНИМАЯ В СРЕДЕ  
ДИОКСИДА УГЛЕРОДАДата введения в действие – 30.10.21 г.

РАЗРАБОТАНО

д.т.н., профессор кафедры  
«Теплохладотехника»

Е.Н. Неверов

м.н.с. НОЦ ХКТиТ

Коротких П.С.

Кемерово  
2021

## ПРИЛОЖЕНИЕ И

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет  
(ФГБОУ ВО «КемГУ»)

ОКПД 2: 10.20.91.000

ОКС: 67.040

УТВЕРЖДАЮ

Ректор КемГУ

А.Ю. Просеков

«30» 10 2021 г.



(вводится впервые)

**Технологическая инструкция****ТИ К ТУ 10.20.23-280-02068309-2021  
РЫБА СУШЕНО-ВЯЛЕНАЯ, ХРАНИМАЯ В СРЕДЕ  
ДИОКСИДА УГЛЕРОДА**Дата введения в действие – 30.10.21 г.

РАЗРАБОТАНО

д.т.н., профессор кафедры  
«Теплохладотехника»

Е.Н. Неверов

м.н.с. НОЦ ХКТИТ

Коротких П.С.

Кемерово  
2021

## ПРИЛОЖЕНИЕ К



**X ЕЭФМ**  
РОССИЯ–АЗИЯ–АФРИКА–ЛАТИНСКАЯ АМЕРИКА:  
ЭКОНОМИКА ВЗАИМНОГО ДОВЕРИЯ

# СЕРТИФИКАТ

**Коротких Павел Сергеевич**

финалист

Международного конкурса научно-исследовательских  
проектов молодежи «Продовольственная безопасность»

X ЕЭФМ «Россия, Азия, Африка, Латинская Америка:  
экономика взаимного доверия»

Председатель оргкомитета  
Евразийского экономического  
форума молодежи,  
ректор УрГЭУ,  
доктор экономических наук



Я.П. Силин

Екатеринбург  
16-18 апреля 2019 г.



