На правах рукописи

КОНОПЛЕВА ЕКАТЕРИНА ПЕТРОВНА

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МАЛОСОЛЕНОГО ФИЛЕ СЕЛЬДИ ТИХООКЕАНСКОЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Специальность 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)

Научный руководитель: **Абрамова Любовь Сергеевна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Иванова Елена Евгеньевна**
доктор технических наук, ФГБНУ «Кубанский государственный технологический университет», кафедра Технологии продуктов питания животного происхождения, профессор

Дыдыкин Андрей Сергеевич
кандидат технических наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Отдел функционального и специализированного питания, заведующий отделом

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»

Защита диссертации состоится «14» декабря 2021 г. в 13.00 часов на заседании ученого совета Д 006.021.02 в ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН по адресу: г. Москва, ул. Талалихина, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и на сайте https://www.vniimp.ru

Автореферат разослан « » 2021 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук, с.н.с. А.Н. Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для сохранения здоровья и повышения качества жизни населения наряду с решением задач в области ранней диагностики, профилактики, реабилитации и лечения наиболее распространенных социально значимых неинфекционных заболеваний, планируется создание и внедрение новых видов пищевых продуктов со сниженным содержанием насыщенных жиров, сахара и соли, специализированных продуктов, в том числе обогащенных макро- и микронутриентами, предназначенных для различных возрастных и профессиональных групп. В соответствии с Федеральным законом от 01.03.2020 № 47-ФЗ производство (изготовление) пищевых продуктов для питания детей должно соответствовать требованиям, предъявляемым к производству специализированной пищевой продукции для питания детей, удовлетворять физиологические потребности детского организма, быть качественными и безопасными для здоровья детей.

В настоящее время в рекомендуемый ассортимент пищевых продуктов для питания детей в дошкольных и школьных организациях включена сельдь малосоленая, так как она является источником полноценного легкоусвояемого белка, полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 (ПНЖК омега-3), витаминов A, D и B_{12}, макро- и микроэлементов. К такой продукции предъявляются особые требования: она должна быть высокого качества, безопасной, доступной с позиции сырьевой базы и стоимости. Использование отечественного филе тихоокеанской сельди, требует новых технологических решений для изготовления малосоленой продукции, предназначенной для питания детей, что обусловлено особенностями сырья и ограниченным применением добавок для посола филе сельди.

В связи с этим, создание качественной и безопасной пищевой продукции на основе филе сельди тихоокеанской, являющейся источником полиненасыщенных жирных кислот, макро- и микроэлементов, предназначенной для питания детей дошкольного и школьного возраста, является весьма актуальной проблемой, требующей решения.

Степень разработанности темы исследований. Разработкой и совершенствованием технологии посола и созревания сельди занимались Черногорцев А.П., Шендерюк В.И., Богданов В.Д., Салтанова Н.С., Слуцкая Т.Н., Верба Е.Н., Константинова Л.Л., Титова И.М., Нехамкин Б.Л., Толкачева О.В., Mansir M.A., Olsen S., созданием продукции с задаваемыми свойствами Липатов Н.Н., Лисицын А.Б., Устинова А.В., Дыдыкин А.С., Серпунина Л.Т. и другие отечественные и зарубежные исследователи. В настоящее время в промышленности при изготовлении филе, кусочков, ломтиков, разнообразных малосоленых кулинарных изделий для посола, как правило, используют филе сельди мороженое. Однако недостатком филе в отличие от целой рыбы является плохое просаливание и медленное созревание в случае посола без специальных добавок. В связи с этим были разработаны технологии посола филе сельди с применением функционально-технологических добавок (ФТД), ускоряющих и облегчающих ведение технологического процесса, влияющих на степень созревания. Так как до 2014 г производители в основном работали на филе сельди атлантической, то для решения вопроса импортозамещения возникла необходимость использовать в качестве сырья филе сельди тихоокеанской, которое значительно отличается от филе сельди атлантической цветом и консистенцией мышечной ткани, низкой стойкостью липидов к окислению и специфичностью действия ферментных систем. Поэтому посол филе сельди тихоокеанской требует новых технологических решений.

Цель работы - научное обоснование и разработка технологии малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста в качестве источника полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3, калия и магния.

Основные задачи исследования:

1. Научно обосновать рекомендации к показателям качества, безопасности, особенностям технологии малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста.

2. Провести исследования пищевой ценности, нутриентной адекватности, показателей безопасности филе сельди тихоокеанской различных дат вылова, рекомендуемого для производства продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста.

3. Разработать технологию посола филе сельди тихоокеанской с заданными показателями качества и безопасности.

4. Провести исследование пищевой ценности и нутриентной адекватности малосоленого филе сельди тихоокеанской.

5. Разработать техническую документацию на малосоленое филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста.

6. Разработать систему обеспечения качества, безопасности и оценить экономическую эффективность производства малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей на АО «Русское море».

Научная новизна. Научно обоснованы рекомендации к показателям безопасности, пищевой ценности и нутриентной адекватности филе сельди тихоокеанской, особенностям технологии посола для получения качественной и безопасной продукции с пониженным содержанием соли для питания детей дошкольного и школьного возраста в качестве источника полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3, калия и магния.

На основе анализа содержания жира и полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 в филе сельди тихоокеанской показано, что малосоленая продукция, изготовленная из филе сельди тихоокеанской с содержанием жира более 12%, будет являться источником полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 в рационе питания детей дошкольного и школьного возраста.

Установлено, что активность протеолитических ферментов катепсина D и катепсина B в филе сельди тихоокеанской не зависит от времени вылова, сроков хранения мороженого сырья и обеспечивает биохимические процессы созревания при посоле посолочной смесью, содержащей оптимальное количество лимонной кислоты.

На основании зависимости органолептических показателей малосоленого филе сельди тихоокеанской от степени созревания установлено, что показателем качества продукции является содержание концевых аминогрупп (ФТА) в количестве 110-130 мг/100 г продукта и значения буферности - в пределах 40-45 градусов.

Практическая значимость работы.

Разработана и утверждена техническая документация: ТУ 10.20.23-040-00472124-17 «Соленая пищевая рыбная продукция. Сельди мало- и слабосоленые» и технологическая инструкция. Новизна технического решения подтверждена патентом на изобретение № 2601064 «Способ получения соленого закусочного продукта из сельди для питания детей дошкольного и школьного возраста».

Анализ пищевой ценности и нутриентной адекватности малосоленого филе сельди тихоокеанской показал, что продукция может быть рекомендована для питания детей дошкольного и школьного возраста в качестве источника полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3, калия и магния.

Обоснована система обеспечения качества и безопасности изготовления малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей в условиях АО «Русское море», основанная на принципах ХАССП. Разработана «Программа производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

Научные положения, выносимые на защиту:

- научно обоснованные рекомендации к показателям безопасности, пищевой ценности и нутриентной адекватности малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста в качестве источника полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3, калия и магния.

- рациональные параметры технологии посола филе сельди тихоокеанской;

- показатели пищевой ценности и нутриентной адекватности малосоленого филе сельди тихоокеанской по разработанной технологии.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности. Диссертационное исследование соответствует п. 1,2,4,5 паспорта специальности 05.18.04 – «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств».

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается аналитическим обзором литературных источников по теме диссертации, постановкой экспериментов, применением современных инструментальных методов анализа, математической обработкой результатов экспериментов, публикацией основных положений диссертации.

Основные положения диссертационной работы обсуждались на IX Международной научно-практической конференции «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество» (Светлогорск 2013), Международном Конгрессе «Питание и здоровье» (Москва 2013), 4-я международной научно-практической конференции «Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов» (Истра 2014), XVI Всероссийском конгрессе нутрициологов и диетологов (Москва 2016), Балтийском форуме (Калининград 2017).

Личное участие соискателя. Диссертационная работа выполнена соискателем лично и включает анализ научно-технической литературы, патентный поиск, выбор и обоснование экспериментальных методов исследований, выполнение эксперимента, обобщение полученных результатов, выводы по работе, апробацию технологии. Соавторство по отдельным этапам работы отражено в списке публикаций.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 13 научных работ, в том числе 4 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов, списка литературных источников и приложений. Работа изложена на 126 стр. основного текста,

содержит 32 табл., 18 рис., 8 приложений и включает 166 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, научная новизна, практическая значимость работы, сформулирована цель и определены основные задачи настоящего исследования.

В первой главе «Обзор литературы» освещена проблема обеспечения детей дошкольного и школьного возраста здоровым питанием, дана характеристика сельди в качестве сырья для производства продукции, предназначенной для питания детей, рассмотрены особенности технологии посола сельди и подходы к оценке качества и безопасности филе сельди. На основании проведенного анализа литературных данных определены основные направления исследований для решения поставленных задач и достижения цели.

Во второй главе «Объекты и методы исследований» обоснован выбор объектов и методов исследований, представлена программно-целевая модель исследований (рисунок 1).

Объектами исследований являлось филе сельди тихоокеанской мороженое, разных районов и дат вылова, охватывающих практически весь годовой цикл добычи и одной размерной группы L (6-7) и продукция, изготовленная по разработанной технологии. В объектах исследования определяли содержание белка на автоанализаторе «Kjeltec» Foss-2300 (Швеция) по методу Кьельдаля (1), массовую долю влаги - по ГОСТ 7636 (2), содержание жира – по методу Фолча [Руководство по методам…, 1998] (3). Состав жирных кислот – методом газовой капиллярной хроматографии по ГОСТ 31665, ГОСТ 31663 (4). Групповой состав липидов определяли методом тонкослойной хроматографии [Кейтс, 1975] (5). Кислотное число жира по ГОСТ 7636 (6), альдегидное число жира – по ГОСТ 31482 (7). Аминокислотный состав белка (8) определяли в ИЦ ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН согласно МВИ 02-200.

Органолептические показатели (9) оценивали профильным методом [Сафронова Т.М., 1998] с использованием балльных шкал.

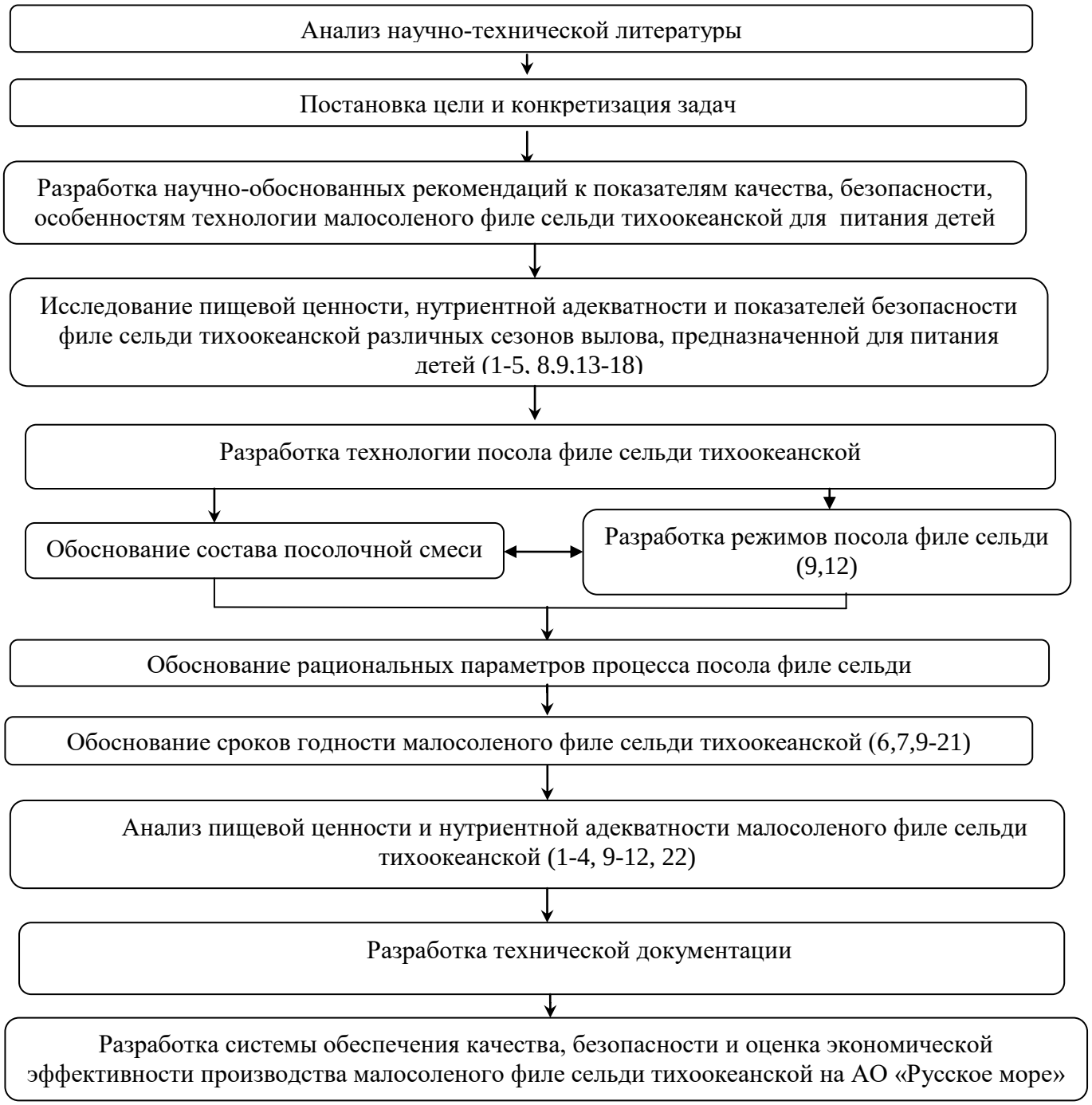


Рисунок 1 – Программно-целевая модель исследований

Содержание соли определяли по ГОСТ 7636 (10), буферность – по ГОСТ 19182 (11). Показатель pH определяли по ГОСТ 28972 на pH-метре Мультитест ИПЛ-101-1 (12). Микробиологические исследования проводили в лаборатории «ВНИРО-ТЕСТ», в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), «Технического регламента Евразийского экономического союза «О

безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016). Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов определяли по ГОСТ 10444.15 (13), бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 31747 (14), бактерий рода Salmonella – по ГОСТ 31659 (15), Staphylococcus aureus по ГОСТ 31746 (16), сульфитредуцирующие бактерии, растущие в анаэробных условиях – по ГОСТ 29185 (17), Listeria monocytogenes – по ГОСТ 32031 (18), Proteus – по ГОСТ 28560 (19), дрожжи и плесневые грибы – по ГОСТ 10444.12 (20). Содержание гистамина определяли в лаборатории «ВНИРО-ТЕСТ» – по ГОСТ 31789 (21). Содержание натрия, калия, магния в готовой продукции (22) определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии в ИЦ ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН согласно ГОСТ EN 15505. Содержание концевых аминогрупп (ФТА, мг/100 г продукта) - методом формольного титрования в собственной модификации. Сроки годности устанавливали в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов».

Активность кальций-зависимых протеиназ семейства кальпаинов, а также активность лизосомальных ферментов в мышцах тихоокеанской сельди определяли на базе центра коллективного пользования научным оборудованием ФГБУН Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск).

Статистическую обработку экспериментальных данных и построение графических зависимостей проводили с использованием стандартных программ – Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 6.0 при доверительной вероятности ≥ 95%.

В третьей главе «Разработка технологии малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста» приведены научно обоснованные рекомендации к созданию малосоленого филе сельди тихоокеанской, результаты оценки сырья по показателям безопасности, пищевой ценности и нутриентной адекватности, описание разработки способа и

режимов посола филе сельди, обоснование сроков годности малосоленого филе сельди тихоокеанской.

С целью уменьшения избыточного потребления натрия и обогащения готовой продукции калием и магнием для посола рекомендовано использовать «Соль пищевую «Валетек» с пониженным содержанием натрия плюс калий, магний» (далее соль «Валетек»), в которой хлорид натрия заменен на соли калия, магния, при этом содержание в соли массовой доли натрий-йона составляло 27,0%, калий-йона 14 %, магний-йона 0,5 %.

Для обоснования необходимого содержания калия, магния, ПНЖК омега-3 в готовой продукции за основу взяты нормы потребления продукции, суточная потребность в калии и магнии для детей трех возрастных групп (3-7 лет, 7-11 лет и свыше 12 лет), приведенные в СанПиН 2.3/2.4.1.3590; требования по содержанию ПНЖК омега-3 согласно МР 2.3.1.2432; рекомендации для обогащенной пищевой продукции по содержанию нутриента не менее 15% суточной потребности при употреблении продукции, а также показатель солености не более 4% для малосоленой продукции (таблица 1).

Таблица 1 - Рекомендации по содержанию пищевых компонентов в малосоленом филе сельди тихоокеанской для питания детей разных возрастных групп

Наименование показателя	Характеристика показателя и его значение					
	3-7 лет		7-11 лет		12 лет и старше	
	Норма	Рекомен-дуемое	Норма	Рекомен-дуемое	Норма	Рекомен-дуемое
Порция филе малосоленого, г	37	37	58	58	77	77
Массовая доля поваренной соли, %, не более	6	4	6	4	6	4
Содержание калия мг, не менее (суточная потребность)	600	300 (50%*)	1100	550 (50%)	1200	600 (50%)
Содержание магния, мг, не менее (суточная потребность)	200	50 (25%)	250	62,5 (25%)	300	75 (25%)
Содержание ПНЖК омега-3, г, не менее (суточная потребность)	2	1 (50%)	2,6	1,3 (50%)	3	1, 5 (50%)

Примечание: * от суточной потребности

Характеристика сырья. В качестве сырья использовали филе сельди тихоокеанской мороженое, разных дат вылова, охватывающих практически весь годовой цикл добычи и одной размерной группы L (6-10).

Определены показатели безопасности, изучен химический состав, аминокислотный состав белка, жирнокислотный и фракционный состав жира образцов филе сельди тихоокеанской. Из данных таблицы 2 видно, что количество белка в филе сельди тихоокеанской изменяется в пределах 15,26-17,26%, что позволяет отнести сырье к высокобелковому, а продукцию на его основе использовать в качестве источника полноценного животного белка.

Таблица 2 – Содержание белка, жира, влаги и ПНЖК омега-3 в мышечной ткани филе сельди тихоокеанской различных дат производства (вылова)

Номер образца	Дата производства (вылова)	Содержание,%			Содержание ПНЖК омега- 3, г/100 г филе
		влаги	белка	жира	
1	27.04.2016	66,28±0,20	16,46±0,15	11,70±0,26	1,20
2	06.04.2016	66,42±0,25	15,28±0,10	15,30±0,20	2,33
3	29.07.2016	66,88±0,15	15,60±0,18	14,29±0,27	2,50
4	15.12.2015	63,34±0,15	16,29±0,13	19,50±0,35	2,18
5	20.08.2015	63,89±0,20	15,56±0,15	18,71±0,20	3,45
6	19.06.2016	75,21±0,10	17,26±0,20	9,82±0,25	1,62

Содержание жира в исследованных образцах филе сельди колеблется в пределах от 9,82-19,50 % и определяется сезоном вылова, а сумма ПНЖК омега-3 составляет 1,20 – 3,45 г/100 г филе. Проведенные исследования химического состава, аминокислотного состава белков, жирнокислотного и фракционного состава жира позволяют сделать вывод о высокой пищевой ценности и нутриентной адекватности филе сельди и рекомендовать для изготовления малосоленой продукции сырье, содержащее более 12% жира, т.к. такая продукция будет являться источником ПНЖК омега-3.

Разработка технологии посола филе сельди с заданными свойствами

Для получения филе сельди с консистенцией, свойственной созревшей рыбе, с соленостью не более 4%, были обоснованы рецептуры посолочной смеси, состоящей из соли «Валетек» в количестве 4-6 % от массы филе, сахара - 3-5 % от массы филе. Сахар добавляли в посолочную смесь для обеспечения процесса созревания, т.к. известно, что он является субстратом для

молочнокислых бактерий, которые образуют органические кислоты, способствующие улучшению вкуса продукта и возникновению в нем аромата созревшей рыбы.

При посоле рыбного филе требуется специальный подход, базирующийся на определении активности и последующей активации ферментов мышечной ткани для получения готовой соленой продукции со вкусом и запахом, свойственными созревшей рыбе. Проведены исследования по изучению активности ферментных систем образцов мышечной ткани филе сельди тихоокеанской (таблица 3, 4). Из полученных данных следует, что значения активности кальпаинов не зависит от сроков хранения сырья, так как образец 4, имеющий близкие значения активности с образцом 3, хранился на 7 месяцев больше. Значения активности как катепсина D, так и катепсина B, колеблется в определенных пределах и также не зависит от времени вылова и сроков хранения сырья.

Таблица 3 - Удельная активность кальций-зависимых протеиназ семейства кальпаинов в мышечной ткани филе сельди тихоокеанской различных дат производства (вылова)

Номер образца	Дата производства образца	Содержание жира в образцах	Удельная активность кальпаинов, ед. акт. / г белка
2	06.04.2016	15,30±0,20	7,09
3	29.07.2016	14,29±0,27	50,7
4	15.12.2015	19,50±0,35	54,3
5	20.08.2015	18,71±0,20	-

Таблица 4 – Активность катепсина D и катепсина B в мышечной ткани филе сельди тихоокеанской различных дат производства (вылова)

№ п/п	Дата производства (вылова)	Катепсин D, ед. акт (pH 3,6)	Катепсин B ед. акт (pH 5,0)	Содержание белка, мг/мл	Содержание жира
2	06.04.2016	0,29	0,46	2,8	15,30±0,20
3	29.07.2016	0,05	0,80	4,0	14,29±0,27
4	15.12.2015	0,02	0,51	6,1	19,50±0,35
5	20.08.2015	0,07	2,90	1,5	18,71±0,20

В связи с этим сделан вывод, что ферменты протеиназ и пептидгидролаз мышечной ткани проявляют активность, однако для интенсификации процесса созревания малосоленого филе необходимо регулировать pH посолочной среды в интервале значений для оптимального действия ферментных систем, составляющих 3,6-5,0.

Для регулирования процесса посола и дальнейшего созревания при различных значениях pH среды была выбрана лимонная кислота, так как ее использование разрешено при производстве продукции для питания детей. Необходимо было определить способ внесения лимонной кислоты: предварительной обработкой филе сельди тихоокеанской раствором лимонной кислоты; после посола на стадии созревания или вместе с посолочной смесью. Показано, что наиболее эффективным способом является внесение лимонной кислоты в посолочную смесь, что обеспечивает равномерность процесса посола и созревания. Установлены предельные интервалы содержания лимонной кислоты от 0,35 до 0,5 % (от массы филе), позволяющие изменить значения pH в интервале, необходимом для оптимального действия ферментных систем мышечной ткани филе сельди (таблица 5, рисунок 2). Образцы оценивали по содержанию концевых аминогрупп (ФТА, мг/100 г продукта), буферности и органолептическим показателям, уделяя большое внимание консистенции готовой продукции.

Таблица 5 – Значения pH и показателей созревания малосоленого филе сельди тихоокеанской в зависимости от содержания лимонной кислоты в посолочной смеси*

Количество лимонной кислоты в посолочной смеси,%	pH мышечной ткани малосоленого филе	Содержание ФТА, мг/100 г	Буферность, градусы
0,05	6,03	98	40
0,25	5,92	121	45
0,35	5,68	126	41
0,50	5,31	115	40
1,00	5,06	124	40

Примечание: *Процесс посола проводили сухим способом при температуре от 0 до + 5ºС в течение 3-х суток.

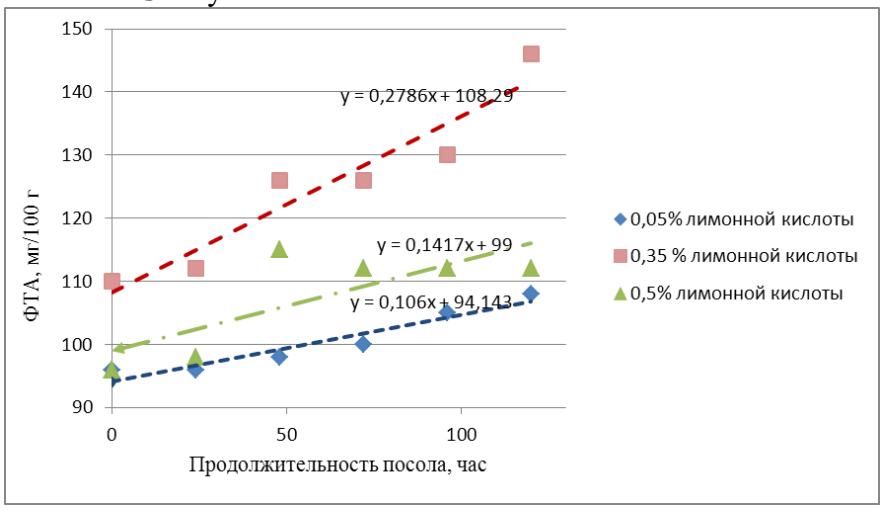


Рисунок 2 – Изменение показателя ФТА малосоленого филе сельди тихоокеанской в зависимости от продолжительности посола и содержания лимонной кислоты в посолочной смеси

Обоснование рациональных параметров процесса посола филе сельди тихоокеанской проводили с использованием математического моделирования в соответствии с параметрами, приведенными в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики технологических параметров изготовления малосоленого филе сельди для математического моделирования

Технологические параметры	Размерность параметров	Интервал варьирования	Уровень варьирования		
			Нижний (-1)	Средний (0)	Верхний (+1)
Продолжительность, τ	10^2*с	864-4320	864	2592	4320
Концентрация соли в посолочной смеси, с	%	4,0-6,0	4	5	6
Концентрация лимонной кислоты в посолочной смеси, С	%	0,05-0,5	0,05	0,275	0,5

В результате реализации плана двухфакторного эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных с помощью программы Статистика 6.0 [Боровиков В.П., 2003] получены уравнения регрессии 1-4:

- зависимость накопления формольно-титруемого азота и органолептических показателей от продолжительности процесса посола и концентрации лимонной кислоты в посолочной смеси (рисунки 3, 4):

N_1= A_1*(69,1477+ 0,0266*τ′ + 75,1675*C ′ - 3,618E - 6*τ′² - 0,0071′*C′ - 5,8626*τ′**τ′), мг/100 г; (1)

$Ф_1$ = B_1*(1,8371+0,000* τ +7,9827*C - 1,3077E-5*τ′²-7* C′*C′+0,0005*C′*τ′), балл; (2)

- зависимость органолептических показателей малосоленого филе сельди тихоокеанской и накопления формольно-титруемого азота от продолжительности процесса посола и концентрации соли в посолочной смеси (рисунки 5, 6):

$Ф_2$= B_2*(14,3033+ 0,0006*τ′ + 6,7*с′ - 1,9775E -7*τ′² + 0,0001-5*τ′*с′ - 0,65*с′²), балл; (3)

N_2=A_2*(-165,8667 + 0,021*τ′+ 92,5*с′ - 1,3715E - 6*τ′² *τ′), мг/100 г; (4)

где, N_1, N_2 – содержание формольно-титруемого азота, мг/100 г;

A_1 , A_2 - эмпирический коэффициент, имеющий размерность, мг/100 г, и равный 1,

$Ф_1$, $Ф_2$ – органолептический показатель, балл и равный 1;

B_1, B_2 - эмпирический коэффициент, имеющий размерность, балл, и равный 1;

τ' и c' – относительные величины; Е – экспонента. $\tau' = \tau'_{ист} / \tau$, $(\tau = 1)$ $c' = c'_{ист} / c$, $(c = 1)$.

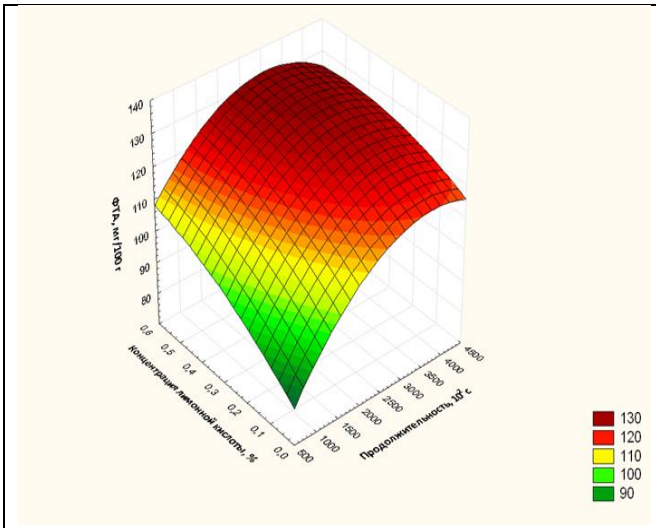


Рисунок 3 – Зависимость накопления формольно-титруемого азота от продолжительности процесса посола и концентрации лимонной кислоты в посолочной смеси

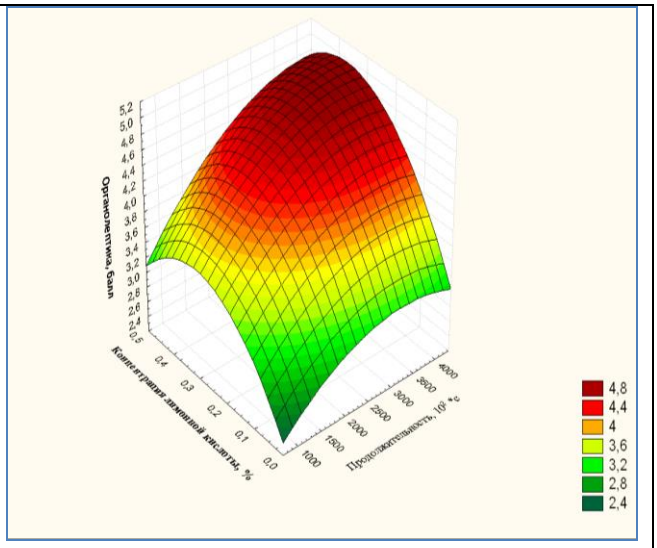


Рисунок 4 – Зависимость органолептических показателей от продолжительности процесса посола и концентрации лимонной кислоты в посолочной смеси

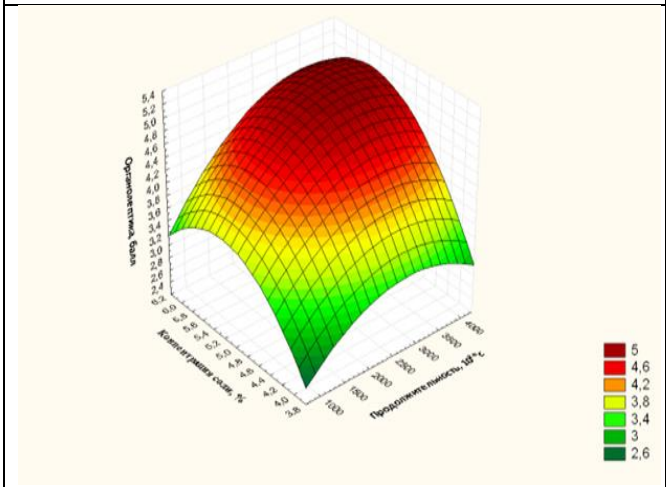


Рисунок 5 – Зависимость органолептических показателей малосоленого филе сельди тихоокеанской от продолжительности процесса посола и концентрации соли в посолочной смеси

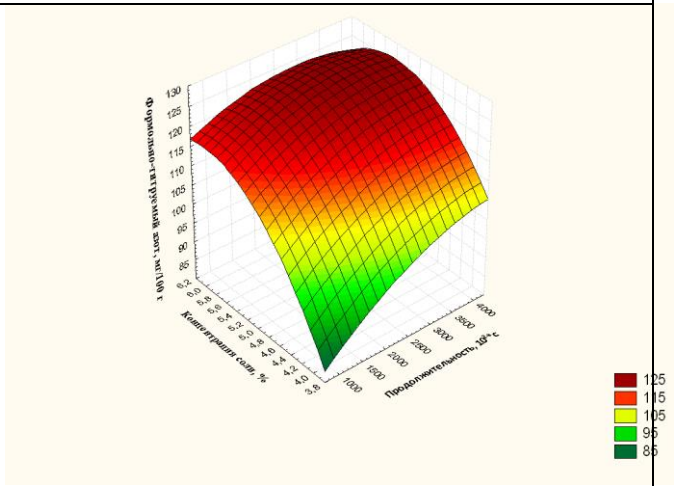


Рисунок 6 – Зависимость накопления формольно-титруемого азота от продолжительности процесса посола и концентрации соли в посолочной смеси

В результате математического моделирования процесса посола филе сельди тихоокеанской рекомендованы рациональные режимы: продолжительность процесса посола 2500-3300 (10^2*с) (около 3-х суток), концентрация лимонной кислоты 0,3-0,4% и концентрация соли в посолочной

смеси 5,0-5,5%. При дальнейшем увеличении продолжительности процесса посола и концентрации лимонной кислоты в посолочной смеси не происходит значительного накопления формольно-титруемого азота и не наблюдается улучшения органолептических характеристик продукции.

Описание технологического процесса изготовления малосоленого филе сельди тихоокеанской, схема которого приведена на рисунке 7.

Филе сельди тихоокеанской малосоленое - это продукт с содержанием соли не более 4%, имеющий высокие органолептические показатели, безопасный по показателям, предъявляемым к детскому питанию.

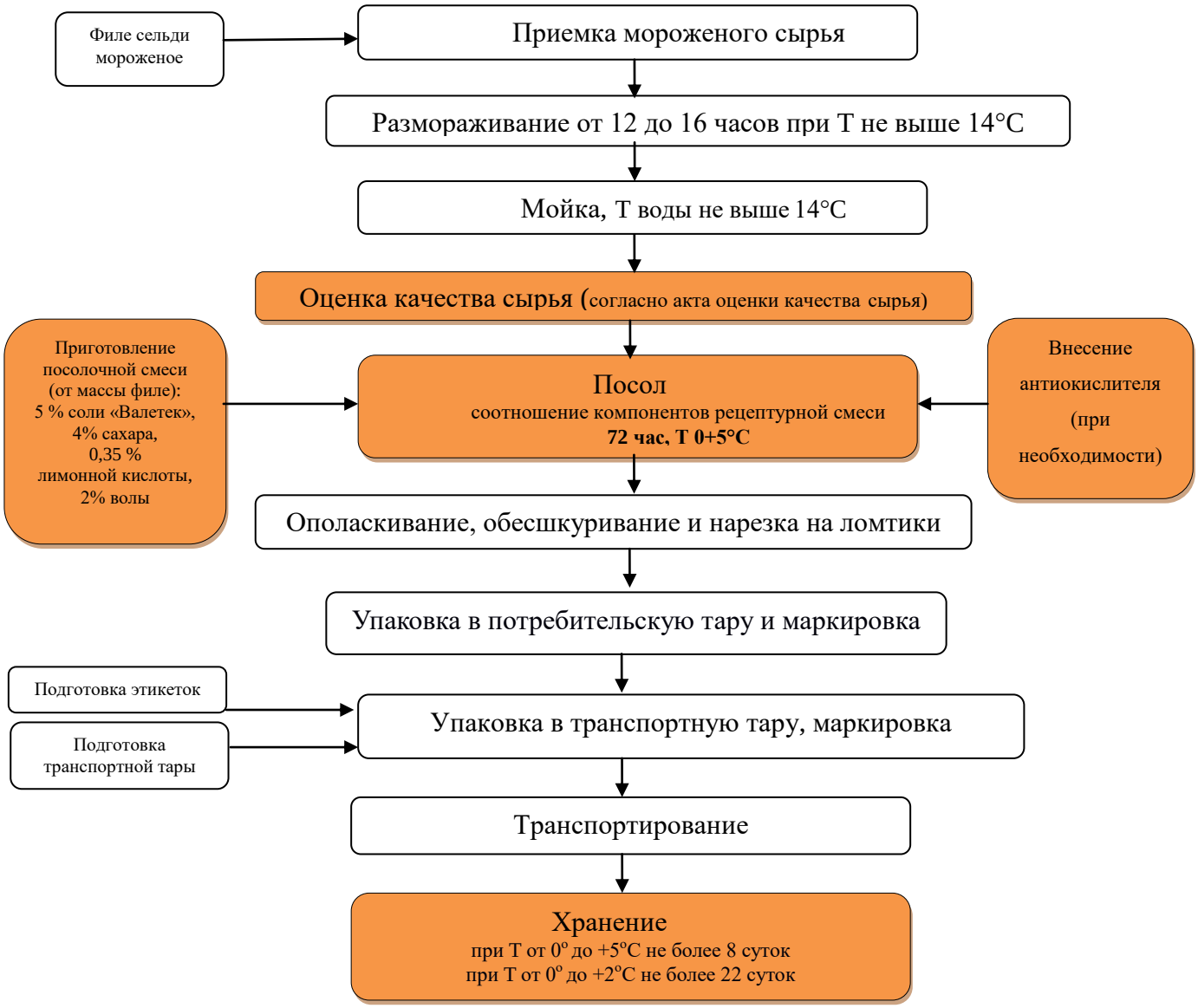
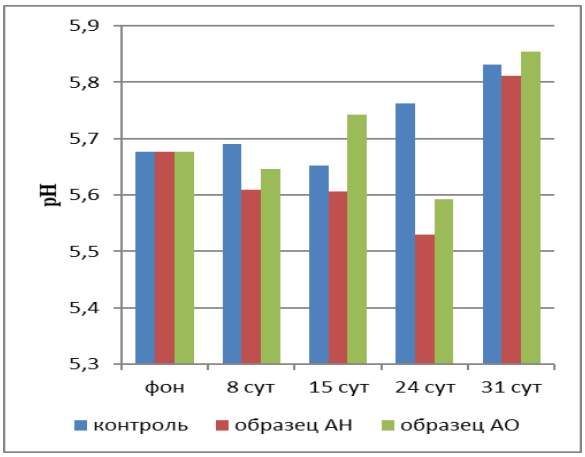


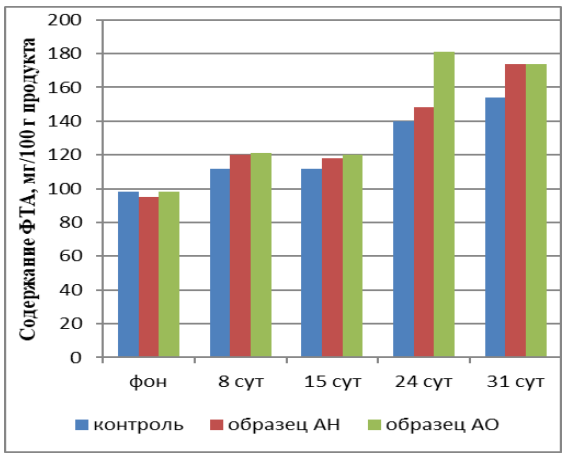
Рисунок 7 – Технологическая схема изготовления малосоленого филе сельди тихоокеанской

В соответствии с технологической схемой осуществляется приемка сырья, размораживание, мойка, оценка качества сырья, посол. Посолочная смесь наносится на филе в виде «пасты» (согласно рецептуре), для чего лимонная кислота растворяется в воде, затем добавляется соль «Валетек», сахар и полученная смесь перемешивается до получения однородной консистенции в виде «пасты». Свежеприготовленная «паста» равномерно распределяется по всей поверхности филе сельди, которое укладывается в посолочную емкость. После окончания посола филе сельди ополаскивается 4% солевым раствором, обесшкуривается, подмораживается до температуры от -1°С до -5°С в толще филе и филе сельди нарезается косым срезом толщиной ломтиков от 0,2 до 0,3 см с последующим упаковыванием под вакуумом.

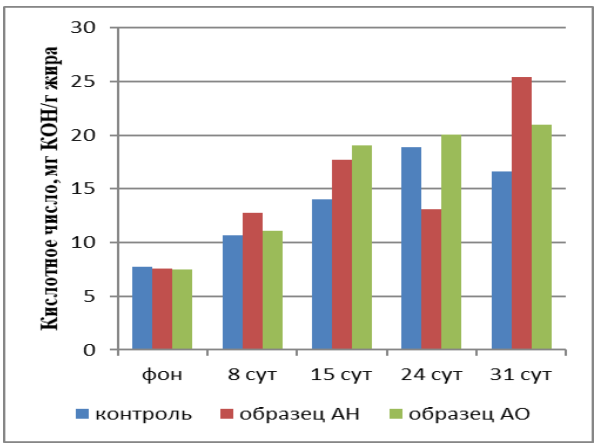
Для установления сроков годности продукции изготовлены 3 опытные партии малосоленого филе сельди тихоокеанской, где в качестве сырья использовали филе сельди тихоокеанской вылова 29.07.2016 г. (образец 3). Образцы продукции хранили в холодильнике при температуре +5°С. С целью снижения процесса окисления использовали два натуральных антиокислителя: Натуром (Naturom TopNAT) и натуральный антиокислитель группы Ориганокс. В процессе хранения продукции определяли показатели безопасности в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016, ТР ТС 021/2011 и МУК 4.2.1847 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения продуктов». В соответствии с данными, приведенными на рисунке 8, можно сделать заключение, что в течение 24 суток хранения такие показатели, как pH, альдегидные, перекисные числа, ФТА и гистамин изменяются незначительно, что свидетельствует о сохранении качества продукции, которое также подтверждено органолептическими показателями. Результаты микробиологических исследований с учетом расчета вероятности развития L. monocytogenes при различных температурах рекомендованы два режима хранения малосоленого филе сельди тихоокеанской при температуре не выше: +5°С не более 8 суток, +2°С не более 22 суток.



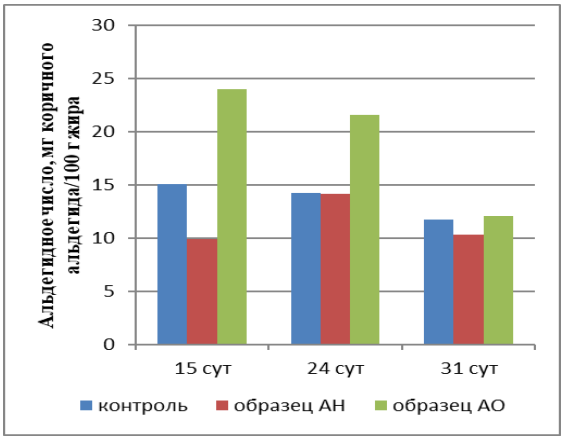
а



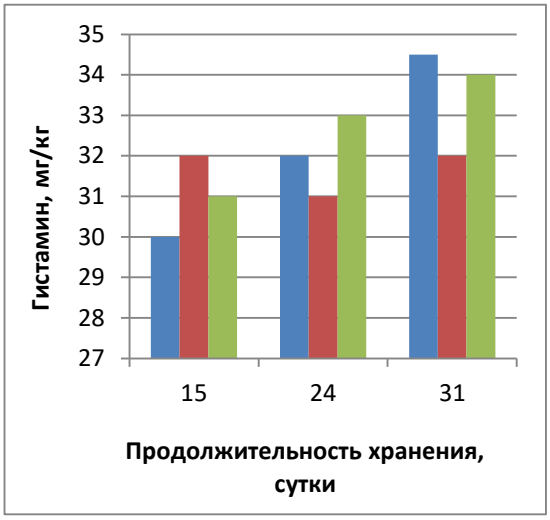
б



в



г



д

Рисунок 8 - Изменение значений pH (а), содержания формольно-титруемого азота (б), кислотного числа (в) и альдегидного числа (г), гистамина (д) малосоленого филе сельди тихоокеанской в процессе хранения при температуре +5°С:

- контроль;
- с антиокислителем Naturom TopNAT (образец АФ);
- с антиокислителем Ориганокс WS-LB (образец АО).

Оценка пищевой ценности и нутриентной адекватности малосоленого филе сельди тихоокеанской

По разработанной технологии изготовлены опытные образцы малосоленого филе сельди тихоокеанской из сырья различных дат вылова, содержащих жира от 9,82% до 19,50%. Как видно из данных, представленных в

таблице 7, с увеличением содержания жира в сырье процесс созревания проходит несколько интенсивнее.

Таблица 7 - Физико-химические показатели малосоленого филе сельди тихоокеанской

№ образца	Дата вылова	Содержание жира, %	Буферность, градусы	ФТА, мг/100 г продукта	Содержание соли, %
2	06.04.2016	15,30±0,20	40	109	3,68
3	29.07.2016	14,29±0,27	43	118	3,72
4	15.12.2015	19,50±0,35	45	126	3,99
5	20.08.2015	18,71±0,20	45	120	3,68

По органолептическим показателям образцы 3 - 5 отличались приятным вкусом и запахом созревшей рыбы, что можно объяснить действием липолитических ферментов, наряду с протеолитическими. Использование филе сельди с содержанием жира более 12 % позволяет получать качественную продукцию с выраженным вкусом соленой созревшей рыбы.

В результате экспериментальных исследований показано, что для малосоленого филе, изготовленного без применения созревателей, значения концевых аминогрупп (ФТА), характеризующее качественную созревшую продукцию должно составлять 110-130 мг/100 г продукта, тогда как значения буферности – в пределах 40-45 градусов.

На основании данных пищевой ценности опытного образца малосоленого филе сельди тихоокеанской (таблица 8) произведен расчет потенциального удовлетворения суточной потребности в калии, магнии и полиненасыщенных жирных кислотах семейства омега-3 при употреблении рекомендуемой порции малосоленого филе сельди определенной возрастной группой детей (таблица 9).

Таблица 8 - Пищевая ценность и нутриентная адекватность малосоленого филе сельди для питания детей

Наименование показателя	Значение показателя
Содержание белка, %	16,62±0,17
Содержание жира, %	14,30±0,30
Массовая доля поваренной соли,%	3,04±0,52
Содержание ПНЖК омега-3, г/100 г филе	2,70
Содержание калия, мг/100 г	1030±270
Содержание магния, мг/100 г	140,14±24,56
Энергетическая ценность, в 100 г, ккал/кДж	190/800

В соответствии с полученными результатами установлено, что при употреблении рекомендуемой порции филе сельди малосоленого для определенной возрастной группы детей будет удовлетворяться не менее 50% суточной потребности в ПНЖК омега-3 и калии, а также до 25% потребности в магнии. На основании полученных данных сделано заключение, что готовая продукция может быть отнесена к специализированной пищевой продукции и рекомендована в качестве источника ПНЖК омега-3, калия и магния.

Таблица 9 – Удовлетворение суточной потребности в калии, магнии и ПНЖК омега-3 при употреблении малосоленого филе сельди тихоокеанской различными возрастными группами детей

Наименование показателя	Характеристика показателя и его значение					
	3-7 лет		7-11 лет		12 лет и старше	
	Рекомен-дуемое	Факт	Рекомен - дуемое	Факт	Рекомен-дуемое	Факт
Порция филе малосоленого, г	37	37	58	58	77	77
Массовая доля поваренной соли, %	не более 4	3,04	не более 4	3,04	не более 4	3,04
Содержание калия мг, не менее (суточная потребность)	300 (50%*)	381,10	550 (50%)	597,40	600 (50%)	793,10
Содержание магния, мг, не менее (суточная потребность)	50 (25%)	51,85	62,5 (25%)	81,28	75 (25%)	107,90
Содержание ПНЖК омега-3, г, не менее (суточная потребность)	2 (50%)	1,0	2,6 (50%)	1,56	3 (50%)	2,08

Примечание: * от суточной потребности

Проведено проектирование системы управления качеством малосоленого филе сельди тихоокеанской на основе принципов ХАССП для предприятия АО «Русское море» и разработана «Программа производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». Рассчитана экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии.

В разделе **«Приложения»** представлены протоколы испытаний, акт внедрения, копии технической документации и патента, расчет экономической эффективности и др.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработаны научно обоснованные рекомендации к созданию малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста, включающие требования к показателям безопасности сырья и готовой продукции, химическому составу, в том числе содержанию ПНЖК омега-3, калия и магния в рекомендуемой порции филе, органолептическим показателям готовой продукции и технологическим параметрам.

2. Установлено, что мороженое филе сельди тихоокеанской относится к высокобелковому сырью, при содержании жира более 12% будет удовлетворять свыше 50% суточной потребности в ПНЖК семейства омега-3 при введении в рационы питания детей рекомендуемой порции малосоленого филе сельди.

3. Научно обоснована технология посола филе сельди тихоокеанской, заключающаяся в установлении способа и параметров посола, использовании посолочной смеси, состоящей из 5% соли с пониженным содержанием натрия, 4% сахара, 0,35% лимонной кислоты в течение 72 ч, обеспечивающие микробиологическую безопасность и высокие органолептические показатели готовой продукции при содержании концевых аминогрупп (ФТА) в количестве 110-130 мг/100 г продукта и значении буферности - в пределах 40-45 градусов. Обоснованы сроки годности: малосоленого филе сельди при температуре не выше +5ºС не более 8 суток, а при температуре не выше +2ºС не более 22 суток.

4. Установлено, что введение в рационы питания детей рекомендуемой порции малосоленого филе сельди будет удовлетворять не менее 50% суточной потребности в ПНЖК омега-3, 50% - калия и 25% - магния.

5. Технология апробирована в производственных условиях на АО «Русское море». Опытные образцы малосоленого филе сельди тихоокеанской соответствовали разработанным требованиям к пищевой, биологической и

энергетической ценности, показателям безопасности и органолептическим свойствам.

6. Разработана «Программа производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» по обеспечению качества и безопасности малосоленого филе сельди тихоокеанской для питания детей дошкольного и школьного возраста применительно к производственным условиям АО «Русское море».

7. Разработана и утверждена техническая документация: ТУ 10.20.23-040-00472124-17 «Соленая пищевая рыбная продукция. Сельди мало- и слабосоленые». На разработанную технологию малосоленого филе сельди тихоокеанской получен патент на изобретение № 2601064 «Способ получения соленого закусочного продукта из сельди для питания детей дошкольного и школьного возраста».

8. Рассчитана экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии и показано, что при изготовлении 100 т малосоленого филе сельди тихоокеанской чистая прибыль составит 2,987 млн. руб. в год, срок окупаемости полгода, что является свидетельством перспективности использования технологии сельди в современных экономических условиях.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Коноплева, Е.П.** Разработка параметров посола филе сельди тихоокеанской для детского питании /Е.П. Коноплева, Л.С. Абрамова, В.В. Гершунская, М.В. Арнаутов // Рыбное хозяйство. - 2021. - № 1. - С. 103-108.

2. Абрамова, Л.С. Инновационная технология малосоленой продукции на основе филе сельди тихоокеанской/Л.С. Абрамова, В.В. Гершунская, **Е.П. Гофербер (Е.П. Коноплева)**, С.В. Добренкова, Л.Х. Вафина//Рыбное хозяйство. - 2017. - № 1. - С. 91 - 96.

3. **Гофербер, Е.П. (Коноплева Е.П.)** Определение опасных факторов и оценка рисков при производстве малосоленого филе сельди, предназначенного для детского питания / Е.П. Гофербер, Л.С. Абрамова // Труды ВНИРО. - 2017. - Т. 165. - С. 166-175.

4. Абрамова, Л.С. Объективный показатель биохимических процессов созревания филе сельди малосоленого / Л.С. Абрамова, **Е.П.Гофербер (Е.П. Коноплева)**// Известия КГТУ.- 2017. - № 47. - С. 73-79.

Работы, опубликованные в других изданиях

5. **Гофербер, Е.П. (Коноплева Е.П.)** Исследование показателей качества замороженного филе из атлантической сельди при изготовлении продукции с заданными потребительскими свойствами / Е.П. Гофербер, Л.С. Абрамова, В.В. Гершунская // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество». - г. Светлогорск. - 2013. - С. 73-77.Гофербер Е.П. (Коноплева Е.П.), Абрамова Л.С., Гершунская В.В. Сельдь соленая в рационе питания детей как источник полиненасыщенных жирных кислот омега-3 // Материалы Международного Конгресса «Питание и здоровье» 13-15 декабря 2013 г. / www.congress-pitanie.ru, с. 25.

6. Гершунская, В.В. Полиненасыщенные жирные кислоты морских гидробионтов в питании детей дошкольного и школьного возраста / В.В. Гершунская, Л.С. Абрамова, **Е.П. Гофербер (Е.П. Коноплева)** // Здоровье. Медицинская экология. Наука. - 2014. - Т. 57. - № 3. - С. 20-22.

7. Гершунская, В.В. Филе сельди мало- и слабосоленое для дошкольного и школьного питания / В.В. Гершунская, **Е.П. Гофербер (Е.П. Коноплева)**, Д.В. Плешкова // Материалы 4-й международной научно-практической конференции «Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания». - Истра: НИИДП, 2014. - С. 23-26.

8. Абрамова, Л.С. Современные методы оценки качества охлажденного рыбного сырья / Л.С. Абрамова, **Е.П.Гофербер (Е.П. Коноплева)** / Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности (Сборник научных трудов ученых и специалистов к 85-летию ВНИХИ). - М.: ФГБНУ ВНИХИ, 2015. - 228-233.

9. Гершунская, В.В. Сельдь в рационе питания детей дошкольного возраста / В.В. Гершунская, Л.С. Абрамова, **Е.П. Гофербер (Е.П. Коноплева)** // Медицинское обслуживание и организация питания в ДОУ. - 2015. - № 6. - С. 69-74.

10. Гершунская, В.В. Филе тихоокеанской сельди в рационе питания детей как источник эссенциальных пищевых веществ / В.В. Гершунская, Л.С. Абрамова, **Е.П. Гофербер (Е.П. Коноплева)**, М.А. Макаренко // Вопросы питания. Приложение. Материалы XVI Всероссийского конгресса нутрициологов и диетологов с международным участием, посвященного 100-летию со дня рождения основателя отечественной нутрициологии А.А. Покровского, «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Качество пищи». - 2016. - Том 85. - № 2. - С. 186.

11. **Гофербер, Е.П. (Коноплева Е.П.).** Технология специализированной пищевой продукции на основе филе сельди тихоокеанской / Е. П. Гофербер // Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. - 2016. - № 1. - С. 57-60.

12. Патент РФ № 2516459. Способ получения соленого закусочного продукта из сельди для питания детей дошкольного и школьного возраста. **Гофербер Е.П. (Коноплева Е.П.)**, Абрамова Л.С., Гершунская В.В. Заявл. 06.10.2015. опубл. 27.10.2016. Бюл. № 30.