

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи



Романова Алиса Сергеевна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ**

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов
и функционального и специализированного назначения и общественного питания

Научный консультант
доктор технических наук, доцент
Тихонова Наталья Валерьевна

Екатеринбург – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Роль рыбы в питании человека.....	10
1.2 Химический состав рыбы.....	12
1.3 Применение физических и химических факторов для увеличения срока хранения рыбы и других пищевых продуктов	14
1.3.1 Способы увеличения срока хранения рыбы.....	14
1.3.2 Применение высокого давления.....	16
1.3.3 Холодильная обработка рыбы	22
1.3.4 Использование пищевых добавок	25
1.3.5 Применение ионизирующих излучений	30
Заключение по литературному обзору	34
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1 Организация эксперимента	37
2.2 Объекты и методы исследования	38
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	46
3.1 Исследование влияния чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы.....	46
3.1.1 Обоснование использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды как охлаждающей среды при хранении охлажденного карпа	46
3.1.2 Исследование влияния чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы.....	50
3.2 Оценка качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением.....	58
3.2.1 Разработка конструкции технологического оборудования для обработки пищевой продукции высоким давлением в условиях всестороннего сжатия	71
3.3 Научное обоснование эффективности использования ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбы и разработка методики количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения.....	74
3.3.1 Определение рациональной дозы ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения ее срока годности	86

3.4 Оценка эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением и установление срока годности и режима хранения рыбы охлажденной при применении разработанных методов.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	101
Приложение А – Акт внедрения	127
Приложение Б – Патент.....	128
Приложение В – Технические условия. Охлажденная рыба, обработанная высоким давлением	130
Приложение Г – Технические условия. Охлажденная рыба, обработанная ионизирующим излучением.....	131
Приложение Д – Технические условия. Устройство для обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия.....	132
Приложение Е – Справка МТК-534	133
Приложение Ж – Акт внедрения	134

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537, является обеспечение населения доступными и качественными пищевыми продуктами, в частности рыбой и рыбной продукцией. Рыба охлажденная пользуется большим потребительским спросом и обладает преимуществом по содержанию незаменимых макро- и микронутриентов в сравнении с замороженным полуфабрикатом. Согласно ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия» срок хранения крупной рыбы охлажденной при температуре хранения 0...–2 °С в зависимости от квартала составляет от 10 до 12 сут, что не позволяет полностью обеспечить ею население всех регионов России – среднедушевое потребление рыбы ниже рекомендуемой нормы. В связи с этим совершенствование традиционных и разработка новых технологий хранения охлажденной рыбы является актуальным направлением научных исследований и приобретает особое значение после введения Россией продовольственного эмбарго на пищевые продукты.

Для увеличения срока годности охлажденной рыбы используют различные охлаждающие среды, постоянно их совершенствуя. Одним из перспективных физических методов обеспечения качества рыбы охлажденной в процессе хранения является обработка ее высоким давлением, при этом следует отметить, что в нашей стране барообработка рыбы и рыбной продукции не проводится. К важным направлениям развития пищевой и перерабатывающей промышленности в области увеличения срока хранения пищевых продуктов, одобренным ФАО/ВОЗ, относится использование такого физического метода, как экспозиция ионизирующим излучением. В соответствии с решением президиума Совета при Президенте России по модернизации экономики и инновационному развитию от 11 декабря 2014 г. Россия с 2017 г. интегрируется в общемировую практику воздействия ионизирующего излучения на пищевые продукты и продовольственное сырье

с целью продления срока хранения. Вместе с тем в этой области остается много нерешенных вопросов, в частности, не установлены рекомендуемые дозы облучения и способы контроля качества облученной пищевой продукции, в том числе охлажденной рыбы, хотя на отечественном потребительском рынке присутствуют пищевые продукты импортного происхождения, прошедшие обработку ионизирующим излучением.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в решение проблемы обеспечения качества охлажденной рыбы и совершенствования охлаждающих сред внесли отечественные и зарубежные ученые: М. П. Андреев, К. П. Вегнер, А. А. Гнедов, И. А. Громов, Н. А. Головкин, В. П. Зайцев, Г. В. Маслова, С. А. Мижужева, Т. Ф. Пименова, Е. М. Родин, Б. Н. Семенов, А. Д. Тезиков, Е. Н. Харенко, W. Dyer, S. Roach и др. Вопросам обработки пищевых продуктов высоким давлением и ионизирующим излучением посвящены работы С. Н. Туменова, I. Arvanitoyannis, S. Chauhan, C. Ferstl, R. Kumar, K. Raghavarao, N. Rastogi и др.

Цель и задачи работы. Цель работы – исследовать влияние физических методов предварительной обработки охлажденной рыбы на примере чешуйчатого льда из электроактивированной воды, высокого давления, ионизирующего излучения на срок ее годности.

В соответствии целью поставлены следующие **задачи**:

- 1) исследовать влияние чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы;
- 2) дать оценку качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением;
- 3) научно обосновать эффективность использования ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбы и разработать методику количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения;
- 4) определить рациональную дозу ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения срока ее годности при сохранении показателей качества и безопасности;

5) дать оценку эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением и установить сроки годности и режимы хранения рыбы охлажденной при использовании разработанных методов.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны, соответствующие п. 4, 5 и 9 Паспорта специальности 05.18.15.

Получены новые данные о возможности использования чешуйчатого льда в качестве охлаждающей среды для хранения на примере карпа обыкновенного (после 20 дней хранения количество белка в мышечной ткани рыбы выше на 27,8 %, амино-аммиачного азота (ААА) ниже на 78,1 %, кислотное и перекисное числа жира ниже на 85,7 и 85,2 % в сравнении с контрольными образцами рыбы, микробиологические показатели соответствуют допустимому уровню), рыба по результатам органолептической оценки относится к свежей (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15).

Впервые разработана технология предварительной обработки охлажденной рыбы в вакуум-упаковке высоким давлением путем всестороннего сжатия в гидростатической установке (при технологических параметрах 600 МПа в течение 300 с), позволяющая увеличить срок годности рыбы охлажденной с 20 до 30 сут (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15).

Впервые разработана методика количественного определения дозы ионизирующего облучения для охлажденной рыбы, сущность которой заключается в определении зависимости параметров – амплитуда, ширина, площадь ЭПР спектра образцов костной ткани рыбы от дозы облучения (п. 9 Паспорта специальности 05.18.15).

Определена рациональная доза ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке – 1 кГр, позволяющая увеличить ее срок годности на 50 % с 20 до 30 сут (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15).

Впервые дана оценка эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением рыбы охлажденной. Определено, что по совокупности показателей

наиболее эффективным является метод обработки ионизирующим излучением (уровни качества при хранении рыбы в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, обработки высоким давлением и ионизирующим излучением составляют 0,67; 0,69 и 0,7 соответственно) (п. 4 и 5 Паспорта специальности 05.18.15).

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретически обосновано использование чешуйчатого льда из электроактивированной воды в качестве охлаждающей среды, высокого давления, ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбной продукции.

Полученные теоретические результаты могут быть использованы специалистами рыбной отрасли и торговли для дальнейших исследований в области обеспечения стабильности качества охлажденной рыбы при хранении.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре пищевой инженерии ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» для бакалавров по направлению подготовки «Товароведение».

Получен патент на изобретение «Способ хранения рыбы» (заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет, заявка № 2014146345 от 18.11.2014; опубл. 27.12.2015, бюл. № 36).

Разработана нормативная и технологическая документация: ТУ 03.22.20-003-02069214-2016 «Рыба охлажденная, обработанная высоким давлением», ТИ 03.22.20-003-02069214-2016 «Обработка охлажденной рыбы высоким давлением», ТУ 03.22.20-004-02069214-2016 «Рыба охлажденная, обработанная ионизирующим излучением», ТИ 03.22.20-004-02069214-2016 «Обработка охлажденной рыбы ионизирующим излучением», ТУ 28.93.17-005-02069214-2016 «Устройство для обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия». Результаты исследований внедрены на предприятии И. П. Царьков А. Н. (Челябинск).

Совместно с Межгосударственным техническим комитетом (МТК-534) разработан проект ГОСТ «Рыба. Метод электронного парамагнитного резонанса для

выявления радиационно-обработанной рыбы, содержащей костную ткань. Определение дозы облучения» (справка МТК-534).

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертационной работы послужили труды отечественных и зарубежных ученых в области совершенствования охлаждающих сред, обработки пищевых продуктов высоким давлением и ионизирующим излучением.

При проведении исследований использованы общепринятые и специальные методы, в том числе органолептические, физико-химические, инструментальные и статистические.

Положения, выносимые на защиту:

– теоретическое и практическое обоснование возможности использования физических методов для увеличения срока годности охлажденной рыбы;

– методика количественного определения поглощенной дозы ионизирующего излучения охлажденной рыбы;

– результаты оценки качества рыбы охлажденной при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, обработанной высоким давлением и ионизирующим излучением.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждены и одобрены на конференциях международного и всероссийского уровней: Международная научно-практическая конференция «Инновационные подходы к решению современных проблем ветеринарной медицины (Екатеринбург, 2015 г.); XII Международная научно-практическая конференция «Пища, экология, качество» (Москва, 2015 г.); Международная научно-практическая конференция «Продовольственный рынок: состояние, перспективы, угрозы» (Екатеринбург, 2015 г.); 19-я Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова «Практические и теоретические аспекты комплексной переработки продовольственного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания – основа обеспечения импортозамещения и продовольственной безопасности России (Москва, 2016 г.); II Международная научно-практическая конференция «Потребительский рынок XXI века: стратегии, технологии, инновации» (Хабаровск,

2016 г.), II Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию со дня рождения профессора Г. М. Зайко «Инновации в индустрии питания и сервисе» (Краснодар, 2016 г.); IX Международная научно-практическая конференция «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг» (Орел, 2017 г.) и др.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 7 в журналах, входящих в перечень Министерства образования и науки Российской Федерации, а также зарегистрирован патент на изобретение.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы и приложений. Основное содержание диссертации изложено на 126 страницах машинописного текста, включает 25 рисунков и 18 таблиц, 226 источников литературы, из них 99 на иностранном языке.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Роль рыбы в питании человека

Рыба является одним из важнейших элементов рациона современного человека вследствие содержания в ее составе полноценного, легкоусвояемого сбалансированного по аминокислотному составу белка (15–20 %), ненасыщенных жирных кислот, жиро- и водорастворимых витаминов (А, D, С, РР, группы В и др.) и минеральных веществ (магний, калий, кальций, железо, фосфор, йод и др.). Благодаря химическому составу рыба и рыбопродукты применяются при производстве лечебных, диетических и лечебно-профилактических продуктов питания [1; 18; 99; 105].

Помимо мышечной ткани большую ценность представляет рыбий жир, используемый в целях укрепления и поддержания эластичности кровеносных сосудов, снижения уровня содержания липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и, как следствие, предупреждения возникновения атеросклероза, ишемической болезни сердца и других заболеваний [118].

Липиды рыбьего жира представлены полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) – омега-3 и омега-6, которые являются субстратом для выработки трех основополагающих ферментных систем организма человека: липооксигеназы, монооксигеназы и циклооксигеназы [2; 18].

Омега-3 ПНЖК снимают воспалительные реакции организма, оказывают защитное, иммуномодулирующее, противоязвенное и антиоксидантное действие [140; 167].

Потребление жирных сортов рыбы, содержащих омега-3 жирные кислоты (докозагексаеновая (ДГК), эйкозапентаеновая (ЭПК)), позволяет снизить риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [178; 214].

Профилактическая роль омега-3 жирных кислот наблюдается при сахарном диабете [192] и хронических воспалительных заболеваниях, включая хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ), ревматоидный артрит и воспалительные заболевания кишечника [144; 156; 175; 224].

Регулярное потребление рыбы обеспечивает снижение риска возникновения астмы в детском возрасте до 24 %, что не наблюдается у взрослых [223].

Рыба является источником витамина D и омега-3 жирных кислот. Потребление жирной рыбы способствует улучшению биологических механизмов, участвующих в саморегуляции, таких как вариабельность сердечного ритма (ВСР). Кроме того, потребление жирных сортов рыбы способствует улучшению сна и восстановлению организма в целом [10; 17].

А. L. Hansen и соавторами оценено влияние жирной рыбы на качество сна, вариабельность ритма сердца и сывороточные уровни ДГК и ЭПК, а также содержание в сыворотке крови 25-гидроксивитамина D (25(OH)D). В результате проведенного эксперимента отмечено увеличение средней латентности сна у контрольной группы (95 мужчин среднего возраста) после включения в рацион блюд из атлантического лосося (три раза в неделю). Потребление рыбы оказало положительное воздействие на сон, а также на активность в течение дня, имело позитивное влияние на вариабельность сердечного ритма, что прежде всего связано с повышенным содержанием в организме витамина D. Сывороточные концентрации ДГК и ЭПК оказались значительно выше в группе, употребляющей жирные сорта рыбы [165; 166].

I. S. Arvanitoyannis с соавторами, изучая влияние витамина D на основные области головного мозга, регулирующие систему «сон – бодрствование» (целевые нейроны в промежуточном мозге и ядра ствола головного мозга), выдвинули гипотезу о том, что длительность и качество сна имеет прямую зависимость от содержания витамина D в рационе человека [133].

В исследованиях, проведенных Т. А. Саяпиной и соавторами [98], показано, что регулярное потребление рыбы снижает риск возникновения возрастной маку-

лярной дегенерации, вследствие чего потребление рыбы рассматривается авторами как средство первичной профилактики данного заболевания [135; 172].

Еженедельное употребление запеченной или жареной рыбы имеет прямое влияние на объем серого вещества в гиппокампе, предклинье, задней части поясной извилины и области орбитальной лобной коры [206].

1.2 Химический состав рыбы

Одним из важнейших компонентов рыбы является рыбий жир, в состав которого входят витамины (токоферолы, ретинолы) и омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты. Известно, что в организме человека не может происходить биоконверсия ω -6 и ω -3 кислот друг в друга [77; 126]. Часть ПНЖК имеют экзогенный характер, т. е. не вырабатываются в организме человека, а поступают с пищей, в частности с рыбой жирных сортов. Среди всех ПНЖК наибольшую ценность представляют длинноцепочечные ω -6 и ω -3 кислоты (линолевая, альфа-линоленовая, докозагексаеновая). Длинноцепочечные ПНЖК выступают в роли предшественников эйкозаноидов – гормоноподобных веществ, регулирующих работу гормональной и иммунной систем [57; 58; 203].

Высшие жирные кислоты (ВЖК) как основной компонент липидов классифицируются в основном по наличию двойных связей. Насыщенные жирные кислоты не имеют в своей структуре двойных связей, мононенасыщенные (МНЖК) имеют одну двойную связь, полиненасыщенные – от 2 до 6 двойных связей. В зависимости от расположения первой двойной связи от метильного хвоста ПНЖК подразделяют на два семейства: ω -3 и ω -6. Кроме того, двойные связи ПНЖК могут иметь цис- и транс-конфигурацию. Двойные связи жирных кислот в организме человека имеют исключительно цис-конфигурацию. В большей степени ПНЖК не могут синтезироваться в организме человека. Основным их источник – жир в составе рыбы и других гидробионтов [10; 16; 44; 45; 203].

Мышечная ткань рыбы состоит из воды, белков и других азотистых соединений, липидов, углеводов, витаминов и минералов. Содержание белка в рыбе колеблется от 15 до 27 % в зависимости от вида. Существуют также различия в содержании жира среди разных семейств и видов рыб. Так, в рыбе семейства тресковых содержание жира ниже 2 %, умеренное содержание в диапазоне 2–10 % – в лососе, форели и карпе, свыше 10 % – в скумбрии и сельди [117; 132].

Химический состав мышечной ткани зависит прежде всего от семейства и вида рыбы, условий среды обитания, характера питания, особенностей полового цикла, сезона и прочих факторов [194; 209].

Белки тканей сиговых имеют полный набор заменимых и незаменимых аминокислот, с преимущественно высоким содержанием лизина, лейцина, фенилаланина, тирозина, относящихся к классу незаменимых, а также двух заменимых аминокислот – аспаргиновой и глутаминовой. В химическом составе сиговых рыб установлено наличие 30 жирных кислот, с наибольшим содержанием мононенасыщенных – 47 % от общего числа [212].

Т. А. Саяпиной и др. проанализирован химический состав мышечной ткани шести видов мезопелагических рыб, обитающих в северо-западной части Тихого океана. Процентное содержание липидов от массы мышечной ткани изменялось в пределах от 0,8 до 34,0 %. Отмечено, что содержание жира в тканях мезопелагической рыбы зависит от сезона и района вылова. Содержание белка в мышечной ткани на уровне 11,7–18,7 % от массы сырой ткани; влаги в мышечной ткани – от 54,1 до 84,2 % от массы сырой ткани [98; 142].

Проведены комплексные исследования по изучению химического состава рыбы-сабля (*Aphonurus carbo*). Изучаемый вид рыбы отнесен к классу полужирных сортов, содержание белка оказалось на уровне 15–17,5 % с большим содержанием глутаминовой, аспарагиновой кислот и лизина. Среди жирных кислот доминировали мононенасыщенные (66 %), далее следовали насыщенные (19 %) и полиненасыщенные (10 %). Среди минеральных соединений в наибольшем количестве присутствовали калий, фосфор и натрий [85; 137].

Лосось отличается высоким содержанием фолиевой кислоты, ретинола, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в сравнении с форелью атлантической [39].

Исследованиями [194; 209] установлено, что при хранении гидробионтов изменяется ее химический состав, в частности, отмечается тенденция к уменьшению белка, витаминов и других макро- и микронутриентов.

Во время холодильного хранения триметиламин N-оксид (ТМАО) разлагается в рыбе, в результате чего образуются триметиламин и диметиламин, способствующие возникновению посторонних привкусов, и формальдегид, реагирующий с белками и уменьшающий их растворимость в солевых и буферных растворах [84; 164].

S. T. Arannilewa и соавторы отмечают снижение содержания белков и жиров при хранении рыбы на 27,9 и 25,92 % соответственно [132].

1.3 Применение физических и химических факторов

для увеличения срока хранения рыбы и других пищевых продуктов

1.3.1 Способы увеличения срока хранения рыбы

В связи с непрерывным приростом населения в мире и вызванной этим острой необходимостью хранения и транспортировки продовольствия из одной точки в другую консервация становится необходимой мерой, к которой прибегают в целях увеличения сроков хранения пищи [14; 19; 52; 78; 93]. Способы сохранения пищевых продуктов должны предотвращать их микробиологическую порчу без ущерба для качества и пищевой ценности. Порча пищевых продуктов может быть обусловлена химической, ферментативной или микробиологической активностью. Микробиологическая и химическая порча приносит потери 25 % общего

объема основных видов сельскохозяйственной и рыбной продукции ежегодно. Только за счет микробиологической порчи теряются четверть мировых поставок продуктов питания и 30 % добытой рыбы. Около 4–5 млн т рыбы и креветок теряется каждый год из-за ферментативной и микробной активности вследствие использования неправильных режимов хранения [70; 83; 131].

Порча свежей рыбы после ее добычи может происходить стремительно. Процесс порчи (окоченение) начинается через 12 ч после улова при высоких температурах окружающей среды [138]. Трупное окоченение – это процесс, в ходе которого рыба теряет свою гибкость из-за приобретаемой жесткости тканей [129]. Ткани большинства видов рыб деградируют в результате деятельности пищеварительных ферментов и лигаз, а также вследствие микробной и окислительной порчи. Во время порчи в рыбе разрушаются различные компоненты и формируются новые соединения, способствующие изменению запаха, вкуса и консистенции мяса рыбы. Кроме того, наблюдается изменение химического состава рыбы в результате окисления липидов и деградации белков, а также потеря других ценных пищевых веществ [11; 91; 109].

Вследствие малых сроков годности охлажденного рыбного сырья и возникающих ввиду этого различного рода ограничений по транспортировке готовой продукции на дальние расстояния в настоящее время прибегают к разного рода методам продления сохраняемости. Регулировать срок годности охлажденной рыбы возможно благодаря применению консервирующих агентов различной природы. Воздействие консервирующих факторов (синтетические и биологические консерванты, антибиотики, модифицированные газовые среды, ионизирующее и УФ-излучение, высокое гидростатическое давление и др.) на микроорганизмы, инициирующие порчу рыбы, имеет ингибирующий характер при температурах близких к криоскопической [110; 184].

1.3.2 Применение высокого давления

В настоящее время на территории Российской Федерации баротехнология мало изучена и не внедрена в промышленное производство продуктов питания. Однако в последнее время представители отечественных научно-исследовательских организаций в области пищевых технологий называют барообработку одним из перспективных научных направлений, что, безусловно, способствует его стремительному развитию. Основная область применения метода высоких давлений в мире сегодня – это атермическая консервация («холодная пастеризация», паскализация) продуктов питания, нацеленная на инактивацию микроорганизмов и ферментов обрабатываемой среды. Еще в 1990-х годах в Японии началась первая волна популярности джемов из клубники, киви и яблок, полученных с применением высокого гидростатического давления. В 1997 г. данную технологию применила компания Fresherized Foods – нынешний мировой лидер по производству гуакамоле (традиционной мексиканской закуски из мякоти авокадо), впервые запустив производство своей продукции в Северной Америке. К 2007 г. порядка 120 бароустановок были введены в эксплуатацию по всему миру для производства «новых» продуктов в промышленных масштабах [171]. Более 80 % функционирующего на сегодняшний день оборудования собрано и выпущено после 2000 г., что свидетельствует о том, что это направление имеет тенденцию к ускоренному развитию и расширению области применения [172]. В настоящее время лидирующие позиции в этом направлении производства занимают:

- Северная Америка (США, Канада, Мексика);
- Европа (Испания, Италия, Португалия, Франция, Великобритания, Германия);
- Азия (Япония, Китай, Северная Корея);
- Австралия.

Общее количество продуктов, обработанных высоким давлением, на мировом рынке неуклонно растет [142]. Только за 2008 г. произведено и поставлено на

рынок около 200 тыс. т такого рода продукции (около 450 млн фунтов в год) [16; 171; 182].

Как было отмечено ранее, методом холодной консервации возможно предотвратить микробиологическую порчу. В ходе многократных исследований доказано, что воздействие давлением в 600 МПа при 20 °С в течение 180 с на мясо и мясопродукты способно ликвидировать возбудителей листериоза (*Listeria monocytogenes*), а также инактивировать другие опасные для жизни человека микроорганизмы – кишечную палочку (*E. coli*), сальмонеллы (*Salmonella*), холерный вибрион (*Vibrio*), большинство видов плесневых грибов и патогенных бактерий [130; 168; 189; 187].

Для дезактивации дрожжей необходимо приложить к продукту давление 300–400 МПа при 25 °С в течение нескольких минут, однако для уничтожения дрожжевых аскоспор требуется более высокое давление и более длительное воздействие [130; 201].

Однако эффективность воздействия давлением зависит в большей степени от вида и сложности организации микроорганизмов, химического состава и рН обрабатываемой среды, а также активности воды. Грамотрицательные бактерии более чувствительны к высокому давлению, нежели грамположительные. Баровоздействие вызывает деструкцию клеточных мембран и внутриклеточных протеинов, выполняющих важную роль в жизнедеятельности микроорганизмов, что ведет к деградации клеточных структур и разрушению клетки в целом. Смещение рН в кислую сторону и повышение давления оказывают синергический эффект [151; 170; 186; 211].

Стоимость современного оборудования для обработки составляет от 0,5 до 2,5 млн дол. в зависимости от мощности, степени автоматизации и внутреннего объема сосуда (от 30 до 600 л) [151].

На сегодняшний день технология высокого гидростатического давления включает в себя два основных метода – пакетный и полунепрерывный. На практике применима преимущественно пакетная технология, при которой упакованную партию помещают в камеру, которую герметизируют и затем полностью заполня-

ют передаточной средой (водой или другими низкомолекулярными жидкостями). Сообщенное среде целевое давление передается эластичным стенкам упаковки, вследствие чего происходит компрессия продукта [207]. Полунепрерывные методы на сегодняшний день несовершенны как в энергетических, так и в экономических аспектах. Они были созданы для прямой компрессии жидких пищевых продуктов [154].

На рисунке 1 отражено процентное соотношение различных пищевых продуктов, к которым на сегодняшний день применима технология высоких давлений.

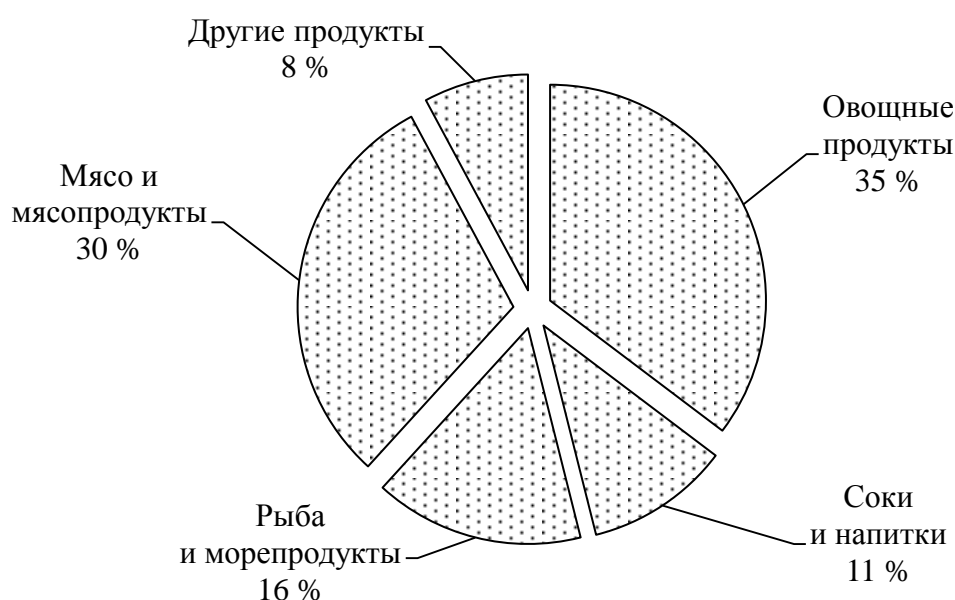


Рисунок 1 – Пищевые продукты, обрабатываемые высоким давлением, % [89]

Целесообразно рассмотреть и обобщить результаты основных исследований по барообработке пищевых продуктов за последние 15 лет.

Приложение высокого давления к молочным продуктам стало следствием поиска методов, альтернативных пастеризации и стерилизации. Возможность уничтожать основные патогенные микроорганизмы, присутствующие в молоке или попадающие в него из внешней среды (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* и *Listeria innocua*), избегать деструкции натуральных ароматических веществ,

сохранять на высоком уровне витаминно-минеральный состав представляет значительный интерес для молокоперерабатывающей промышленности. Воздействие давлением в диапазоне от 250 до 450 МПа в течение промежутка времени от 0 до 80 мин при температуре от 3 до 21 °С способно запускать механизмы инактивации бактерии *Escherichia coli* и местной микрофлоры сырого молока [199].

Р. Е. Black и соавторы утверждают, что обработка давлением в течение 3 мин при 400 МПа способствует продлению срока хранения пищевых продуктов без значительных изменений в содержании витаминов В₁ и В₆. Воздействие давлением в диапазоне от 200 до 500 МПа в течение 60 мин при 20 °С эффективно для уничтожения патогенов, таких как *L. monocytogenes*, *E. coli* и *S. enteritidis*. Выявлено, что *E. coli* наиболее чувствительна к баровоздействию, чем микроорганизмы местной микрофлоры молока [139]. Пятиминутное воздействие давлением (от 250 до 500 МПа) при 20 °С в комплексе с низином влечет за собой инактивацию грамположительных бактерий. Кроме того, воздействие высоким гидростатическим давлением позволяет модифицировать молекулярную структуру белков и в результате добиться возникновения новых свойств, получить которые традиционными методами обработки маловероятно [180]. С точки зрения термодинамики, модификации, происходящие с белками под давлением, обусловлены сжатием молекул и изменением их объема [176; 183].

В результате применения давления (100–200 МПа) молекула β-лактоглобулина претерпевает ряд структурных изменений, однако дальнейшее повышение давления не вызывает последующих серьезных деструктивных изменений: третичная структура разрушается лишь на 10 %, вторичная остается структурно целой [141].

При сравнении структурных изменений, происходящих под действием давления в α-лактоглобулине и β-лактоглобулине, отмечена наибольшая стабильность первого. Для него процесс идет обратимо при давлении свыше 200 МПа, необратимая потеря нативной (природной) белковой структуры начинается при 400 МПа, при этом у β-лактоглобулина обратимая деструкция наблюдается уже при сообщении давления в 500 МПа, а необратимая – при 4 000 МПа. Это связано прежде всего

с различиями в строении вторичной структуры, а именно с наличием у α - и β -лактоглобулинов разного числа дисульфидных связей [173]. E. C. Needs и соавторы высказали мнение, что применение барообработки способно регулировать сычужную коагуляцию белков, которая является неотъемлемой стадией технологического процесса производства сыра и творога. Ими было доказано, что давление на уровне 200–400 МПа уменьшает время свертывания молока под действием сычужного фермента [193; 226].

Помимо этого, давление способно влиять на созревание, целевой выход, микроструктурные и реологические характеристики сыра. С. Е. O'Reilly и соавторы установили, что сыр «Чеддер», произведенный из молока, обрабатываемого в течение 3 сут давлением 50 МПа при температуре 25 °С, созревает быстрее, чем образец, не подвергавшийся обработке. Данный результат был объяснен деградацией и накоплением в сыре продуктов распада белка α -S1-казеина [195; 218].

Отечественные ученые также ведут исследования в этом направлении. Так, О. В. Пасько, применив высокое гидростатическое давление в диапазоне от 0 до 600 МПа с шагом 200 МПа к молочным средам в течение 15 мин, выявила увеличение прочности молочного сгустка, вязкости и влагоудерживающей способности. Таким образом, посредством применения давления удалось улучшить органолептические показатели молокосодержащего продукта [78].

На сегодняшний день давлением достаточно часто обрабатывают овощи, фрукты и продукты их переработки. Обработывая апельсиновый сок (600 МПа в течение 1 мин при температуре 5 °С), можно увеличить его срок годности на 20 недель без изменения физико-химических и органолептических характеристик [142].

S. R. Dalai и J. K. Sahu установили, что обработка клубничного варенья давлением 400 МПа при комнатной температуре в течение 5 мин позволяет производить высококачественный целевой продукт с высокой пищевой ценностью и органолептическими показателями. Консистенция обработанного варенья практически аналогична термически обработанному. Так, появляется возможность хранить го-

товый полноценный с точки зрения биологической ценности продукт в течение 3 мес. в условиях холодильной камеры [218].

P. Butz и соавторами установлено, что высокое давление в диапазоне от 500 до 800 МПа (при температуре 25–75 °С) не разрушает α - и β -хлорофилл в брокколи, ликопин и β -каротин в томатах, а также обеспечивает высокую антиоксидантную активность томатных и морковных гомогенатов [143].

В мясоперерабатывающей и рыбной отрасли также используется технология обработки продовольственного сырья и пищевых продуктов высоким давлением. S. Jung и соавторы сообщают, что в мышечной ткани рыбы, обработанной давлением 130–520 МПа в течение 4,3 мин, наблюдается задержка роста микроорганизмов на неделю [177].

В результате исследований J. M. Nan и D. A. Ledward установили, что жесткость мышечной ткани говядины увеличивается с увеличением давления от 200 до 800 МПа (при постоянной температуре от 20 до 40 °С), но значительно снижается при применении давления 200 МПа (при температуре 60 и 70 °С) [163]. Y. Bai и соавторы отметили, что после воздействия высоким давлением (300–700 МПа) в течение 20 мин наблюдаются значительные изменения органолептических свойств мяса. Кроме того, зафиксированы модификации в микроскопическом строении миофибрилл мышечной ткани крупного рогатого скота и баранины [136; 168].

H. Qin и др. установили, что активность калпаинов в процессе барообработки сокращается, но активность кислой и щелочной фосфатаз существенно не отличается от значений контрольных образцов. Давление около 100–200 МПа способно инактивировать калпастатин (ингибитор активности калпаина) быстрее, чем сам калпаин [15; 204].

Что касается рыбы и морепродуктов, то известны результаты исследований, в ходе которых установлено, что обработка рыбы и морепродуктов при давлении 200 и 400 МПа способна продлить сроки годности по сравнению с традиционным сроком годности 7–12 сут. Необходимым условием является дальнейшая вакуумная упаковка обработанного продукта [51; 108; 123; 150; 200].

Применение высокого гидростатического давления в пищевой промышленности с каждым годом становится все более востребованным. Интерес к применению именно этой технологии заключается в том, что она способна инактивировать действие микроорганизмов и ферментных комплексов без снижения биологической ценности. Из вышеизложенного следует, что технология барометрической обработки универсальна и может быть применена к продуктам различного происхождения, химического состава и структуры.

1.3.3 Холодильная обработка рыбы

Среди способов обработки и хранения рыбной продукции лидирующие позиции занимает консервирование холодом, которое позволяет эффективно и безопасно замедлить на время процессы порчи, обусловленные рядом микробиологических, ферментативных и биохимических факторов. В последние годы около 70 % промышленных агрегатов, вырабатывающих холод, установлено на базе рыбопромысловых судов [58; 79].

Е. Н. Харенко и соавторы [101] условно выделяют несколько видов анабиоза в отношении консервации рыбной продукции – психроанабиоз (охлаждение) и криоанабиоз (замораживание). Психроанабиоз применим в технологии производства охлажденной рыбы и в целях сохранения качественных характеристик рыбного сырья и полуфабрикатов перед дальнейшей обработкой. Диапазон применяемых в данном случае температур не опускается ниже криоскопической (начало замерзания тканевой жидкости рыбы). Понижение температуры влияет на вязкость тканевых и клеточных жидкостей, замедляя деятельность собственных и микробных ферментов. Криоанабиоз используют в технологии замороженной рыбной продукции. При замораживании используемые температуры лежат в области ниже криоскопической [208].

Влияние замораживания на состояние мышечных белков в основном касается изменений в растворимости белковых фракций, их влагоудерживающей способности, а также активности протеолитических ферментов [141].

При гистологическом анализе в замороженной и размороженной рыбе отмечается наличие разрушенных и обезвоженных клеток [191].

В настоящее время существуют различные способы охлаждения, которые подразделяют в зависимости от агрегатного состояния используемой охлаждающей среды:

- газовая среда (в том числе воздух);
- твердая среда (лед, сплавы металлов, в частности Al);
- жидкая среда (растворы хлоридов, морская вода, суспендированные смеси льда и воды) [81; 119].

Заморозка рыбы осуществляется с помощью различных методов. Основные принципы, на которых базируются все методы, включают подведение к рыбе охлажденного воздуха, приведение ее в контакт с охлажденными металлическими пластинами и погружение в низкотемпературные жидкости [106]. Преимущества и недостатки различных методов заморозки представлены в таблице 1.

Необходимость в охлаждении рыбной продукции посредством воздуха среднего температурного диапазона $-2...-3$ °C с каждым годом становится все меньше вследствие несовершенства данной технологии. Медленное охлаждение не позволяет рыбе сохранять должный уровень качества и товарный вид.

В качестве газовых сред, помимо охлажденного воздуха, применяют газообразный азот, угольную кислоту, инертные газы, при этом продукция упаковывается в газонепроницаемые пакеты, изготовленные из полиэтилена [46].

В настоящее время известен способ охлаждения рыбы посредством использования жидкого азота в качестве [46].

Среди твердых охлаждающих сред на территории РФ наиболее эксплуатируется охлаждение посредством льда. По мере развития технологий, используемых в пищевой промышленности для сохранения производимой продукции, появилась тенденция к предпочтительному использованию искусственного льда. Данное

предпочтение обусловлено возможностью получать твердую охлаждающую среду с заданными характеристиками (степень микробиологической чистоты, форма, размер кристаллов, химический состав). Лед может производиться в различных формах – блоки, гранулы, чешуйки, снежинки и др. [99; 119; 120].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика общепринятых методов заморозки рыбы [106]

Метод	Характеристика	Достоинства	Недостатки
Заморозка холодным воздушным потоком (конвейерный туннельный морозильный аппарат)	Охлаждение происходит постепенно по всему объему обрабатываемого материала во время его медленного передвижения по конвейеру	Применяется для широкого диапазона форм и размеров замораживаемых объектов	Низкая эффективность (высокие потери в массе за счет усушки), высокие эксплуатационные расходы
Заморозка при помощи плиточной морозильной установки	Рыба охлаждается, будучи помещенной между двух холодильных плит (пластин)	Потребляет меньше энергии и занимает меньше места, чем конвейерный туннельный морозильный аппарат	Плохой контакт между замораживаемыми материалами и пластинами, действует только для плоской тары
Замораживание путем погружения	Прямое погружение продукта в холодную жидкую среду	Очень эффективен	Трудности в подборе подходящей жидкости, которая обладает низкой температурой замерзания и не загрязняет пищу
Замораживание жидким азотом	Жидкий азот при температуре 196 °С, распыляемая, наносит на рыбу	Короткое время заморозки, компактное оборудование и низкие потери в массе	Высокая стоимость жидкого азота и потенциальная опасность его использования

Охлаждение при помощи льда имеет ряд преимуществ:

- степень гидратации белковых молекул в рыбе незначительна, вследствие чего они не набухают;
- наблюдаются минимальные потери в экстрактивных азотистых соединениях;
- исключена усушка в процессе хранения.

Одной из современных и наиболее эффективных технологий является использование пузырькового льда – взвеси, насыщенной O₃ [16].

Р. В. Артемовым, М. А. Кулагиной и другими авторами доказана эффективность применения гелеобразного и чешуйчатого льда на примере охлаждения европейского хека. Результаты исследования показали, что сроки годности рыбы при использовании льда в форме геля возросли с 5 до 20 сут по сравнению с использованием чешуйчатого льда [6; 63; 94; 170; 213].

В практике консервирования положительно себя зарекомендовал «жидкий лед», представляющий собой ледовую однородную суспензию (кристаллы льда сферической формы в пресной воде или рассоле) [147].

В последние годы проводится все больше работ по совершенствованию традиционных методов сохранения рыбного сырья. Наряду с применением жидкого азота в качестве хладагента используют хлорный и биомициновый лед [46].

Доказана эффективность применения в качестве хладагента хитозан-альгинатного льда с точки зрения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей. Так, микробиологическая активность льда, изготовленного из раствора комплекса полимеров, в 2,3 раза выше, чем у водного льда, и в 1,8 раз выше, чем у льда, изготовленного из раствора одного хитозана [53; 64; 79].

С целью предотвращения ряда отрицательных эффектов, возникающих при заморозке (окислительных распад липидов, усушка), мороженую рыбу подвергают процедуре глазирования. Как правило, масса наносимой глазури должна составлять не более 2–4 % от массы рыбы в замороженном состоянии, что связано прежде всего с транспортными затратами [178].

1.3.4 Использование пищевых добавок

На сегодняшний день в целях продления срока годности рыбы и морепродуктов используют различного рода пищевые добавки натурального и синтетического происхождения.

В технологическом процессе переработки рыбы и морепродуктов среди пищевых добавок наиболее часто применяются antimicrobные препараты [64].

Бензойная кислота и бензоат натрия используются как консерванты для продуктов, которые обладают низким рН. J. R. Chipley утверждает, что бензойная кислота и ее соли, как правило, используются, чтобы подавлять жизнедеятельность дрожжей и грибков, а не бактерий [146]. При производстве пресервов (соленая, пряная или маринованная рыба) наиболее часто применимы соли бензойной кислоты, в частности бензоат натрия (C_6H_5COONa (E211)). Его консервирующее действие реализуется за счет снижения активности окислительно-восстановительных ферментов и ферментов, катализирующих реакции распада липидных и сложнуглеводных молекул в клетках микроорганизмов [42; 63].

Бензойная кислота в клетках в условиях низкого рН остается в виде незаряженных молекул, легко пересекающих клеточные мембраны. В то же время в цитозоле она будет диссоциировать ввиду фактически нейтральных значений рН среды. Анионы и катионы, высвобождаемые из исходных молекул, не диффундируют через мембрану и, следовательно, накапливаются в цитозоле. В результате подкисление среды цитозоля, а также разрушение молекул АТФ как главного источника энергии будут вызывать физиологические дисфункции и, наконец, ингибировать рост микроорганизмов [103; 169].

Аскорбиновая кислота (витамин С), аскорбат натрия и D-изоаскорбат (эриторбат) повышают antimicrobную активности сульфитов и нитритов. Повышение активности обусловлено как свойствами самого антиоксиданта, так и процессами секвестрования железа [222].

Молочная кислота и лактаты имеют некоторые antimicrobные свойства. Ингибиторный потенциал обусловлен снижением рН до уровня, при котором бактерии не могут расти и размножаться [188; 210].

Е. Tome и соавторам удалось контролировать рост патогенных листерий (*Listeria monocytogenes*) через введение молочнокислых бактерий в лосось холодного копчения. Молочнокислые бактерии штамма *Enterococcus faecium* ET05 показали лучшие результаты контроллинга в исследовании [221].

Использование **сульфитов и сульфидов** для контроля нежелательного роста и активности микроорганизмов является одним из старейших методов консервации. Микробная активность снижается вследствие выработки недиссоциированной сернистой кислоты, которая проникает в клетку и взаимодействует с тиоловыми группами белков, ферментов и кофакторов [177]. F. S. Omojowo и соавторы сравнили влияние солей метабисульфита и сорбата с концентрациями 1–3 %, на безопасность и сроки годности копченого сома [196; 213].

Нитриты обычно добавляют в виде солей (нитрит натрия или калия) наряду с NaCl, аскорбиновой кислотой и эриторбатом в мясо, птицу и рыбопродукты в качестве противомикробного средства против токсинов, производимых *Clostridium botulinum*, и для усиления цвета. Помимо их исключительного антибактериального эффекта в борьбе с анаэробными формами бактерий *C. botulinum*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocoliti*, соли азотистой кислоты очень эффективны для контроля за цветом, запахом и окислением липидов [35; 200].

В некоторых странах использование нитритов в качестве консервирующих пищевых добавок ограничено, а для некоторых категорий продукции и вовсе запрещено. В Канаде доза нитритов ограничена до 200 мг в мясе теплокровных и мясе морских млекопитающих и запрещена как добавка для рыбы [155; 216].

Этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) известна как хелатообразующий пассиватор металла и комплексообразователь. ЭДТА относится к группе полиаминокарбоновых кислот, которые могут быть добавлены к рыбе для удаления тяжелых металлов путем комплексообразования, а также могут действовать как прооксиданты. ЭДТА можно назвать ингибитором окисления липидов. Кроме того, она демонстрирует антимикробные свойства за счет связывания двухвалентных катионов в клеточной стенке бактерий [12; 215].

Хлорид натрия обладает антимикробным действием благодаря способности инактивировать автолитические ферменты в морских видах рыб. Раствор NaCl является инактиватором катепсинов, инициирующих порчу. Siringan и соавторы утверждают, что снижение активности автолитических эндогенных протеиназ в индийском анчоусе возможно при воздействии на него 25 % NaCl [217].

Обеспечение свежести рыбной продукции на протяжении длительного времени можно обеспечить путем нанесения пленкообразующих консервирующих составов, включающих химические реагенты или их комбинации (защитного слоя) [43].

В настоящее время все большее внимание уделяется созданию новых эффективных, экологичных и безопасных покрытий, в состав которых входят биополимеры, предохраняющие пищевую продукцию от сапрофитной и патогенной микрофлоры, окислительного действия кислорода воздуха и нежелательного сокращения массы в процессе усушки [104; 121].

Разработан метод формирования защитного консервирующего покрытия на поверхности мороженой рыбы (предварительно обработанной пектиновым раствором) путем нанесения состава из комбинации двух полимеров – хитозана и винилпирролидона – и кротовой кислоты [105].

Н. А. Бирюковым предложен метод сохранения рыбной продукции путем нанесения (погружение, распыление) на замороженный продукт раствора, изготавливаемого из воды питьевой и пектино-лецитинового геля [102].

Производные фенола, такие как бутилированный гидроксианизол, бутилированный гидрокситолуол и третичный бутилгидрохинон, отнесены к классу фенольных антиоксидантов, обладающих антимикробными свойствами в отношении бактерий, преимущественно грамотрицательных, грибов, вирусов и простейших. Известно, что антимикробная активность объясняется негативным влиянием на клеточные мембраны и ферментные системы [158; 210].

Высокие антиоксидантные свойства полифенольных производных могут играть большую роль в процессе сохранения пищи, в том числе рыбы. Эффективность полифенолов при ингибировании окислительных процессов может быть частично обусловлена наличием свободных гидроксильных групп, доступных для свободных радикалов [205; 213].

В настоящее время в целях продления срока годности достаточно перспективно применение консервирующей добавки нового поколения «Варэкс».

«Варэкс-7» используется для увеличения срока годности охлажденной рыбы до 40 сут при температуре хранения от -2 до -4 °C [41].

Обработка колбасных полуфабрикатов, биологически активным полимером хитозаном в концентрации 1,5 % привела к резкому снижению общей микробной нагрузки и сохранению высоких органолептических показателей в течение 28 сут (при условии хранения в холодильных установках при $+4$ °C). Таким образом, аминоксахар, получаемый экстракцией из мицелия грибов *Aspergillus brasiliensis*, показал высокий консервирующий эффект [22; 220].

Gomez и соавторы на 18 видах патогенных и вызывающих порчу бактерий испытали консервирующее действие эфирных масел гвоздичного дерева (*Syzygium aromaticum* L.), фенхеля (*Foeniculum vulgare*), кипариса (*Cupressus sempervirens*), лаванды (*Lavandula angustifolia*), тимьяна (*Thymus vulgaris* L.), сосны (*Pinus sylvestris*) и розмарина (*Rosmarinus officinalis* L.), включенных в состав пищевых оболочек, изготовленных на базе желатина и хитозана [160; 174].

S. M. Gharibzahedi и соавторы исследовали эффективность применения нового пищевого покрытия (4, 8 и 12 %), в основе которого наноэмульсия, содержащая 2; 3,5 и 5 % эфирного масла крапивы, в целях увеличения срока годности рыбы [159].

Установлено, что снижение активности воды уменьшает количество гнилостных микроорганизмов и улучшает сохраняемость рыбы [56; 128; 148]. Контроль активности воды в рыбе достигается путем сушки, добавления химических веществ или сочетания обоих методов. Сахара и хлорид натрия связывают свободные молекулы воды и создают осмотический дисбаланс, позволяющий ингибировать рост микробных клеток [20; 38; 208].

1.3.5 Применение ионизирующих излучений

В настоящее время одним из перспективных способов сохранения продовольственного сырья и продуктов питания, в том числе рыбы и рыбопродуктов, является применение ионизирующих излучения. Известно, что, в более чем 60 странах мира используют радиационные технологии для консервации пищевой продукции [145]. Среди преимуществ этой относительно новой технологии можно выделить возможность снижения микробиологической нагрузки в обрабатываемом продукте при незначительном воздействии на его качественные характеристики [133]. Основной характеристикой рассматриваемого метода является энергия ионизирующего излучения. Согласно имеющейся нормативной документации, в пищевой промышленности разрешены следующие виды излучений: излучение ускоренных электронов (энергия не более 10 МэВ), рентгеновское излучение (энергия не более 5 МэВ), γ -излучение (в качестве источников выступают радионуклиды ^{60}Co и ^{137}Cs) [57].

Принято классифицировать методы облучения пищевой продукции в зависимости от дозы и целевого назначения применения ионизирующих излучений (таблица 2):

- радиуризация – малые дозы;
- радисидация – средние дозы;
- радаппертизация – высокие дозы [5].

Угнетая процессы жизнедеятельности микроорганизмов и ингибируя естественные деструктивные процессы, протекающие в клетках обрабатываемой среды, различные виды излучений способны наиболее эффективно по сравнению с традиционными методами обработки продлевать сроки хранения пищевой продукции. Однако, как и любая технология, технология сохранения пищи посредством ионизирующих излучений имеет ряд недостатков, соразмерных вышеупомянутым преимуществам. Источники радиации, соприкасаясь с обрабатываемой материей, вступают во взаимодействие с H_2O и другими органическими и неорга-

ническими биомолекулами, содержащимися в ней, вследствие чего начинается радиолитический распад последних с образованием основных и побочных продуктов радиолиза.

Таблица 2 – Виды облучений, применяемые в пищевой промышленности

Вид облучения	Применяемая доза, кГр	Целевое назначение
Радуризация	До 1	Задержка процессов созревания и прорастания овощных, плодово-ягодных и злаковых культур; уничтожение амбарных вредителей
Радисидация	От 1 до 10	Увеличение сроков хранения скоропортящейся продукции вследствие снижения активности протеолитических ферментов, угнетения вегетативных форм патогенных и условно-патогенных микроорганизмов и улучшения функционально-технологических характеристик обрабатываемого пищевого продукта
Радаппертизация	От 10 до 50	Менее часто встречаемая в пищевой индустрии технология вследствие использования достаточно высоких доз излучения, является жестким средством инактивации как вегетативных, так и споровых форм микроорганизмов

К одним из наиболее опасных для живых организмов продуктов распада относят высокореактивные соединения, имеющие в составе один или несколько неспаренных электронов, – свободные радикалы, которые способны вызывать оксидативные повреждения клетки – инициировать окислительный стресс [13; 60; 62; 79].

Гибель клеток микроорганизмов под действием излучений обусловлена прежде всего повреждением генетического материала – нарушением структуры молекул ДНК, которое влечет за собой нарушение генеративных функций клеток.

Облучение, как и другие методы обработки, вызывает ряд физико-химических изменений в пище, степень и характер которых зависят от вида обрабатываемого продукта и используемой дозы.

Одним из перспективных направлений применения ионизирующих излучений за рубежом стала консервация скоропортящейся продукции животного происхождения, в частности рыбы, являющейся незаменимым источником животного белка и полиненасыщенных (ω -3 и ω -6) жирных кислот [55].

Доказано, что обработка рыбного филе ионизирующим гамма-излучением в дозах 1; 2; 3 и 4 кГр более эффективна по сравнению с традиционными методами консервации с точки зрения уничтожения патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Установлено, что дозы 3 кГр достаточно, чтобы устранить из исследуемых образцов *S. aureus* и *E. coli*, а при 4 кГр уничтожается *Listeria monocytogenes* без изменения химических свойств рыбы [191].

Использование гамма-излучения и рентгеновских лучей в целях уничтожения патогенных штаммов бактерий, в частности вибрионов, в рыбе становится популярной альтернативой термической обработке [185].

Известно, что разные страны мира предъявляют различные нормативы к максимально допустимым дозам облучения, используемым для обработки охлажденной рыбы. Так, для стран Америки (США, Канада, Бразилия) максимально допустимой дозой является 2,2 кГр, а для стран ЕС (Англия, Франция, Нидерланды) – 3,0 кГр [145].

На сегодняшний день имеются результаты экспериментальных исследований зарубежных авторов по влиянию ионизирующих излучений на срок годности разных видов рыбы (таблица 3).

Таблица 3 – Дозы излучений, применяемые для консервации разных видов охлажденной рыбы [150; 197; 198]

Вид рыбы	Латинское название	Применяемая доза, кГр	Результат облучения (достигнутое увеличение сроков хранения)
Сельдь атлантическая	<i>Clupea herengus</i>	1–2	10–14 сут (последующее хранение при +2 °С)
Морской окунь	<i>Sebastes alutus</i>	1–2	25–28 сут (последующее хранение при +0,6 °С)
		2,5–5	15–17 сут (последующее хранение при +4 °С)
Сардина	<i>Sardina piechardus</i>	2–3	21 сут (последующее хранение при +4 °С и вакуум)
Ставрида обыкновенная	<i>Trachurus trachurus</i>	1 и 3	23 сут (последующее хранение при (0 ± 1) °С)
Силлага корюшковая	<i>Sillago sihama</i>	2–3	19 сут (последующее хранение при +1...–2 °С)

Продолжение таблицы 3

Вид рыбы	Латинское название	Применяемая доза, кГр	Результат облучения (достигнутое увеличение сроков хранения)
Бомбейская утка	<i>Harodon nehereus</i>	1,5–2,5	15–20 сут (последующее хранение при +4 °С)
Сиг сельдевидный	<i>Coregonus clupeaformis</i>	0,82–1,22	17–21 сут (последующее хранение при +3 °С)
Скумбрия атлантическая	<i>Scomber scombrus</i>	2,5	30–35 сут (последующее хранение при +0,6 °С)
Муксун	<i>Coregonus muksun</i>	1,5–3	15–29 сут (последующее хранение при +4 °С)

По результатам экспериментов [150] можно выделить положительные и отрицательные эффекты, вызванные обработкой ионизирующим излучением охлажденной рыбы.

Среди положительных эффектов можно выделить снижение микробиологической нагрузки по основным регламентируемым показателям и сокращение уровня содержания азота летучих оснований.

К отрицательным эффектам можно отнести: закисление (смещение рН в кислую среду) обрабатываемых тканей рыбы; снижение концентрации жирных кислот; интенсификацию синтеза тиобарбитуровой кислоты и, как следствие, образование продуктов радиолиза; деструкцию тиамин (В₁) при одновременном сохранении рибофлавина (В₂) (при облучении дозами более 4,5 кГр) [134; 157; 150].

Европейским комитетом по стандартизации (ЕКС) разработано десять стандартов в отношении различных методов обнаружения облученных продуктов, десять из которых были обнародованы еще в 1996 г., а последующие пять – в 2004 г. [149].

Заключение по литературному обзору

Из анализа литературных источников следует, что рыба содержит в своем составе полноценный, легкоусвояемый, сбалансированный по аминокислотному составу белок, ненасыщенные жирные кислоты, жиро- и водорастворимые витамины, минеральные вещества и другие биологически активные компоненты. Особую ценность имеет рыбий жир, представленный полиненасыщенными жирными кислотами – омега-3 и омега-6, являющимися субстратом ферментных систем организма человека и гормоноподобных веществ. Учитывая, что некоторые ПНЖК не синтезируются в организме человека, потребление жирных сортов рыбы позволяет предупреждать заболевания сердечно-сосудистой системы, нарушение обмена и возникновение рецидивов некоторых хронических заболеваний. В состав мышечной ткани рыбы входят белки со сбалансированным аминокислотным составом в количестве от 15 до 27 %. При хранении рыбы ее пищевая ценность снижается, отмечается тенденция к уменьшению белка, содержанию витаминов и других макро- и микронутриентов. Третья часть добытой рыбы не сохраняется только за счет микробиологической порчи, при этом процесс порчи начинается уже через 12 ч после улова при условии высокой температуры окружающей среды. Увеличение срока хранения охлажденной рыбы возможно путем использования консервирующих агентов различной природы: синтетических и биологических консервантов, антибиотиков, модифицированных газовых сред, а также обработки ионизирующим и УФ-излучением, высоким гидростатическим давлением и др.

Одним из перспективных направлений исследования способов увеличения срока хранения охлажденной рыбы является ее обработка высоким давлением, при этом барообработка пищевой продукции в нашей стране не внедрена. В мире широко распространена барообработка пищевой продукции, или так называемая холодная пастеризация, позволяющая инкапсулировать микроорганизмы, возбудители различных заболеваний, в частности *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *S. aureus*, *E. coli* и др. При этом эффективность барообработки зависит от многих факторов: времени

обработки, давления, вида микроорганизмов, химического состава и pH обрабатываемой среды, активности воды. Механизм действия высоких и сверхвысоких давлений основан на деструкции клеточных мембран, приводящей к деградации клеточных структур и разрушению клетки в целом.

Вместе с тем основным способом хранения рыбы и рыбной продукции следует считать консервирование холодом, которое позволяет эффективно и безопасно замедлить на время процессы порчи, обусловленные рядом микробиологических, ферментативных и биохимических факторов. В технологии консервирования рыбной продукции холодом выделяют два основных процесса: психроанабиоз (охлаждение) и криоанабиоз (замораживание). В настоящее время существуют различные способы охлаждения, которые подразделяют в зависимости от агрегатного состояния используемой охлаждающей среды: газовая, твердая (лед, сплавы металлов, в частности Al), жидкая (растворы хлоридов, морская вода, суспендированные смеси льда и воды).

В целях продления срока годности рыбы и морепродуктов используют различного рода консервирующие пищевые добавки натурального и синтетического происхождения: бензойную кислоту и бензоат натрия, аскорбиновую кислоту (витамин С), аскорбат натрия и D-изоаскорбат (эриторбат), молочную кислоту и лактаты, нитриты, этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА), хлорид натрия и др.

Кроме того, увеличить срок годности рыбы и рыбной продукции можно путем нанесения пленкообразующих консервирующих составов на ее поверхность.

Одним из перспективных способов увеличения срока годности охлажденной рыбы является ее обработка ионизирующим излучением. Более чем 60 странах мира используют радиационные технологии для консервации пищевой продукции. Обработка рыбы ионизирующим приводит к гибели микроорганизмов, вызывающих порчу. Согласно имеющейся нормативной документации, в пищевой промышленности разрешены следующие виды излучений: излучение ускоренных электронов (энергия не более 10 МэВ), рентгеновское излучение (энергия не более 5 МэВ), γ -излучение (в качестве источников выступают радионуклиды ^{60}Co и ^{137}Cs). Дозы облучения принято классифицировать следующим образом:

радуризация – малые дозы; радисидация – средние дозы; радаппертизация – высокие дозы. Однако, как и любая технология, технология сохранения пищи посредством ионизирующих излучений имеет ряд недостатков. Источники радиации, соприкасаясь с обрабатываемой материей, вступают во взаимодействие с водой и содержащимися в ней органическими и неорганическими биомолекулами, вследствие чего начинается радиолитический распад последних с образованием основных и побочных продуктов радиолита. К одним из наиболее опасных для живых организмов продуктов распада относят высокореактивные соединения, имеющие в своем составе один или несколько неспаренных электронов, – свободные радикалы, которые способны вызывать оксидативные повреждения клетки (инициировать окислительный стресс).

В области совершенствования охлаждающих сред, применения высокого давления и ионизирующего излучения остается много нерешенных вопросов: в частности, не установлены рациональные технологические параметры обработки давлением и ионизирующим излучением охлажденной рыбы, позволяющие увеличить ее срок годности и обеспечить высокие качественные характеристики в течение всего периода хранения, поэтому целью диссертационной работы является исследование влияния физических методов предварительной обработки охлажденной рыбы на примере чешуйчатого льда из электроактивированной воды, высокого давления, ионизирующего излучения на срок ее годности.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Организация эксперимента

Экспериментальные исследования проведены с 2012–2017 гг. на кафедре пищевой инженерии ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

Общая схема исследований представлена на рисунке 2 и состоит из шести взаимосвязанных этапов.

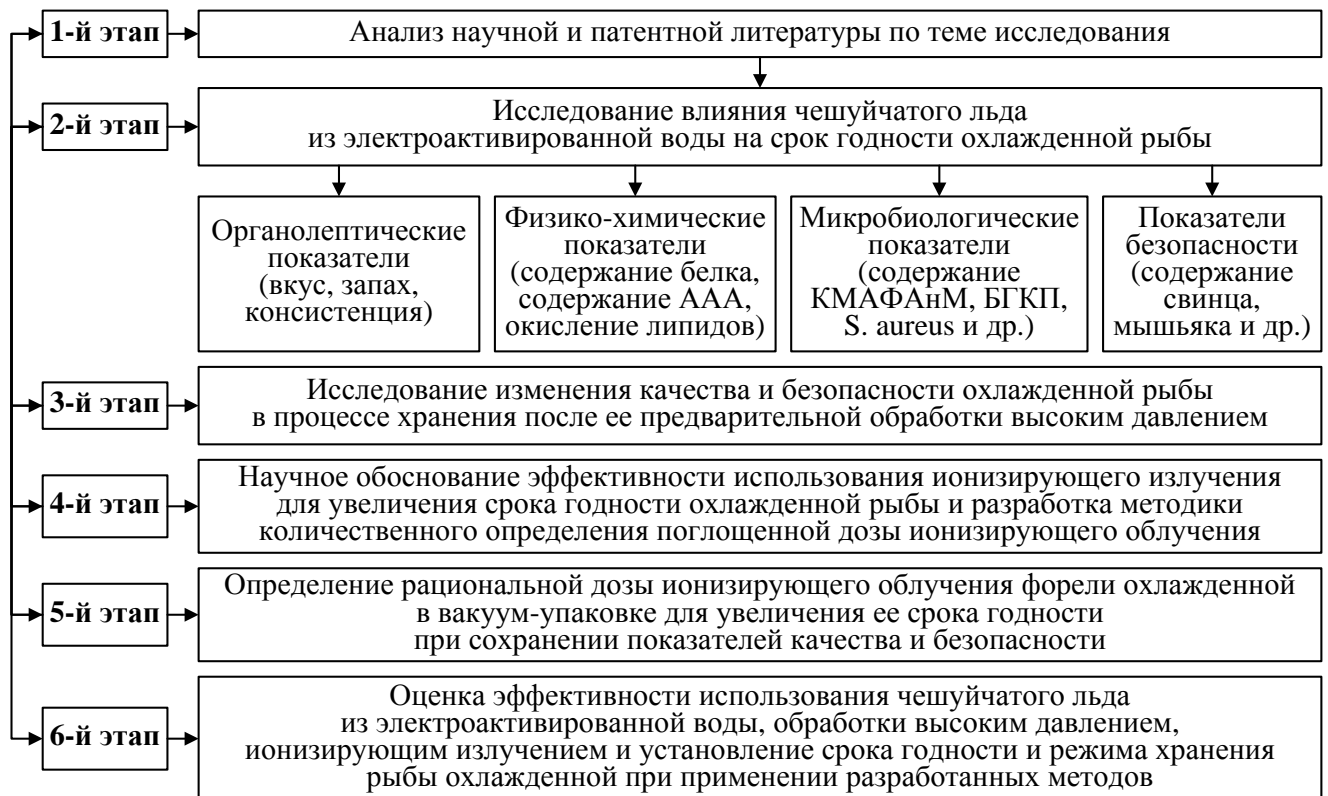


Рисунок 2 – Общая схема исследований

На первом этапе исследований проанализирована отечественная и зарубежная научно-техническая литература по тематике исследования.

На втором этапе исследовано влияние чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденного карпа обыкновенного. Проведены исследования органолептических, физико-химических, микробиологических показателей качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения в течение 20 сут.

Третий этап посвящен исследованию изменения качества и безопасности охлажденной рыбы в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением.

На четвертом этапе научно обоснована эффективность использования ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбы и разработана методика количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения.

Пятый этап посвящен определению рациональной дозы ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения ее срока годности.

На шестом этапе дана оценка уровня качества рыбы охлажденной при ее хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, при обработке высоким давлением и ионизирующим излучением и установлены сроки годности, режимы хранения рыбы охлажденной при применении разработанных методов.

2.2 Объекты и методы исследования

Объекты исследований:

– карп обыкновенный (*Cyprinus carpio*) охлажденный неразделанный IV квартала;

– форель радужная (*Salmo irideus*) охлажденная потрошенная с головой IV квартала;

- вода питьевая;
- вода электроактивированная.

Предмет исследований: условия хранения (физические факторы – охлаждающая среда (чешуйчатый лед из электроактивированной воды), обработка охлажденной рыбы высоким давлением и ионизирующим излучением);

Все исследуемые образцы охлажденной рыбы по паразитологическим показателям соответствовали требованиям технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016).

Выбор материалов для исследований основывается на том, что семейство карповых занимает ведущее место в разведении и производстве в отечественной аквакультуре. Только в Свердловской области пять рыбных хозяйств специализируются на разведении рыб семейства карповых [95], соответственно, указанная охлажденная рыба поступает в оптовую и розничную сеть магазинов, что и определяет совершенствование существующих и разработку новых технологий хранения.

Выбор форели радужной в качестве материала для исследований объясняется тем, что во многих странах мира ее производству уделяется большое внимание, в значительных объемах она импортируется в Россию в охлажденном виде [14]. Для ее сохранности за рубежом применяют различные технологии, в том числе обработку ионизирующим излучением. Сегодня в научном сообществе и среди производителей рыбы нет единого мнения о рациональных дозах ионизирующего излучения для рыбы разных семейств, в том числе для форели радужной. Кроме того, в России уделяется большое внимание развитию отечественной рыбной отрасли и импортозамещению рыбы, в частности форели радужной.

Выбор в качестве материалов исследований карпа обыкновенного и форели радужной также основан на том, что позволяет полно научно и экспериментально обосновать разработанные технологии увеличения срока годности рыбы разной жирности [70].

Отбор проб рыбы для исследования органолептических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из

них. Методы определения органолептических и физико-химических показателей»; отбор проб для исследования физико-химических показателей – в соответствии с ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб»; исследования микробиологических показателей – в соответствии с ГОСТ 26669-85 «Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов».

Исследования органолептических показателей проводили по ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физико-химических показателей».

Белок определяли по ГОСТ 31795-2012 «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области».

Амино-аммиачный азот (ААА) – по ГОСТ 55479-2013 «Мясо и мясопродукты. Методы определения амино-аммиачного азота».

Кислотное число жира определяли в соответствии с ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» титрометрическим методом, основанным на нейтрализации свободных жирных кислот гидроокисью калия.

Перекисное число жира – по ГОСТ Р 51487-99 «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа».

Микробиологические показатели определяли по: ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов»; ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)»; ГОСТ 31746-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*»; ГОСТ ISO/TS 21872-1-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод обнаружения потенциально энтеропатогенных *Vibrio* spp. Часть 1. Обнаружение бактерий *Vibrio parahaemolyticus* и *Vibrio cholera* (с поправкой)».

Комплексную оценку показателей уровней качества охлажденной рыбы проводили по методике И.Б. Береговой [8].

Электроактивированную воду с рН 3,2–3,5 получали электролизом питьевой воды в установке СТЭЛ-10Н-120-01. Лед из электроактивированной воды производили на льдогенераторе Л12 (компания «Технохолд ГЛЕН, ЛТД», Россия).

Содержание полифосфатов в электроактивированной воде определяли по ГОСТ 18309-2014 «Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ», нитраты – по ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ»; жесткость воды – по ГОСТ 31954-2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости»; содержание фторидов – по ГОСТ 4386-89 «Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов»; рН – с помощью рН-метра Аниона 4.100; содержание цинка, свинца – по ГОСТ 18293-72 «Вода питьевая. Методы определения содержания свинца, цинка, серебра»; общее микробное число – по ГОСТ 24849-2014 «Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий».

Образцы охлажденного карпа в вакуумной упаковке обрабатывали давлением с помощью экспериментального гидростата (рисунок 3) в Институте физики металлов им. М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН).

Установка высокого давления состоит из корпуса, выполненного из листовой стали и стального уголка, рабочей камеры высокого давления с герметично закрывающей крышкой, гидравлическим насосом, емкостью с рабочей жидкостью, манометром и панелью управления.

В корпусе с открывающимися передними дверцами и съемными боковыми стенками размещены гидравлический насос с электродвигателем, емкость с рабочей жидкостью, камера высокого давления, трубопроводы высокого и низкого давления. Корпус имеет четыре поворотных колеса для перемещения установки. На панели управления размещены: пульт для включения и выключения установки; рукоятки для установки режимов давления, создаваемого насосом; вентиль для сброса давления в гидравлической системе; манометр высокого давления; встро-

енные механические часы; две заглушки, одна из которых закрывает отверстия из емкости с рабочей жидкостью, другая заглушка имеет щуп для контроля уровня рабочей жидкости в емкости.



Рисунок 3 – Установка высокого давления (гидростат)

Рабочая жидкость заливается в емкость через горловину и фильтр, по трубке попадает в гидравлический насос, подающий рабочую жидкость к форсункам. Жидкость под высоким давлением поступает к манометру и вентилю сброса рабочей жидкости в емкость и вентилю, перекрывающему выход к камере высокого давления с предохранительным клапаном, через который рабочая жидкость перетекает в емкость. Камера высокого давления изготавливается из прочной стали и состоит из следующих элементов: собственно емкости, закрепляемой в корпусе установки; гидравлического затвора; штуцера с резиновой трубкой для слива избытка рабочей жидкости; штуцера, предназначенного для подвода в рабочий канал

рабочей жидкости под давлением от насоса. Порядок работы установки следующий: установку подключают к сети переменного тока 220 В, 50 Гц. Перед подготовкой установки к работе рабочую камеру заполняют одной из перечисленных жидкостей: масло трансформаторное, этиленгликоль, вода дистиллированная.

Рыбу охлажденную упаковывали в вакуумную упаковку с помощью упаковщика BOXER.

Выявление факта облучения и определение дозы облучения рыбы охлажденной проводили на портативном автоматизированном спектрометре ЭПР X-диапазона марки Labrador Expert (при частоте СВЧ 9 200 МГц в диапазоне магнитного поля от 3 000 до 3 500 Гс с центром в 3 280 Гс); с изменяющимся временем преобразования, амплитудой модуляции и коэффициентом усиления. Мощность СВЧ устанавливалась в диапазоне 4–8 дБм путем апробации для нормализации показателя «сигнал/шум».

Обработку ионизирующим излучением исследуемых образцов форели охлажденной потрошенной с головой проводили в Центре радиационной стерилизации (ЦРС) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Для облучения использовали линейный ускоритель электронов модели УЭЛР-10-10С2 с энергией до 10 МэВ, предназначенный для использования в качестве источника электронов для радиационной стерилизации медицинских изделий, облучения продуктов питания, заготовок термоусаживаемых изделий, других радиационно-технологических процессов.

Определение дозы, поглощенной образцами рыбы охлажденной, проводили путем измерения оптической плотности облученной полимерной пленки на спектрофотометре при длине волны 512 нм.

Образцами костной ткани (ОКТ) рыбы наполняли кварцевую ампулу высотой $(10,0 \pm 0,5)$ мм и помещали в рабочую область резонатора на установленную фиксированную глубину. Облучение ОКТ проводили при температуре воздуха 18–22 °С в закрытом помещении, атмосферном давлении 746–748 мм рт. ст. и влажности воздуха 45–59 %. Исследования выполняли в десятикратной повторности при частоте облучения 9 200 МГц, в диапазоне магнитного поля от 3 000 до 3 500 Гс

с подбором оптимальных значений времени преобразования, амплитуды модуляции, коэффициента усиления, соотношения показателя «сигнал/шум». Для сравнения сигналов использовался эталонный образец (высокостабильный эталон): количество парамагнитных центров (КПЦ) на основе оксида марганца (с количеством парамагнитных центров $5,9 \cdot 10^{-14}$).

Измерение и обработку спектров ЭПР осуществляли с использованием специализированной компьютерной программы к спектрометру ЭПР. Определяли следующие параметры радиационного сигнала: g-фактор – отношение магнитного момента электрона к его спиновому угловому моменту; амплитуду (интенсивность) – максимальное отклонение по высоте гребней волнообразной линии – сигнала ЭПР; ширину амплитуды – половинная ширина на уровне половинной амплитуды ее максимального значения; площадь сигнала – площадь, определяемая под линией ЭПР-сигнала.

В эксперименте за дозу облучения принимали величину, используемую для оценки степени воздействия ионизирующего излучения на исследуемые ОКТ; за поглощенную дозу – величины энергии ионизирующего излучения, поглощенного облучаемым ОКТ.

Для определения поглощенной дозы образцов костной ткани использовали формулу (1) (ГОСТ Р 52529-2006). В связи с тем, что обработка ЭПР-сигнала в проводимом эксперименте осуществлялась в автоматическом режиме с помощью компьютерной программы в отличие от ГОСТ Р 52529-2006, нами внесены изменения в единицы измерения параметров: единица измерения КПЦ соответствовала эталонному образцу, интенсивность сигнала рассчитывали в относительных единицах. Внесенные изменения позволили расчетным способом определить не только факт облучения (при значении $D > 1$), но и поглощенную дозу по каждому исследуемому образцу.

$$D = \left(\frac{\text{КПЦ} \times L_0}{M \times L_M M} \right) \times 10^{-15}, \quad (1)$$

где D – факт облучения, значение более > 1 ; КПЦ – число парамагнитных центров, соответствующее 3-й компоненте спектра ЭПР эталонного образца; L_0 – среднеарифметическое значение интенсивности сигнала ЭПР образца костной ткани, отн. ед.; M – масса образца костной ткани, г; L_m – интенсивность сигнала ЭПР 3-й компоненты эталонного образца, отн. ед.

Исследования проводили в 5–10-кратной повторности. Уровень доверительной вероятности – 0,95 ($p \leq 0,05$).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Исследование влияния чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы

3.1.1 Обоснование использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды как охлаждающей среды при хранении охлажденного карпа

Увеличение срока годности охлажденной рыбы связано с замедлением процессов микробиологической и окислительной порчи.

Порча охлажденной рыбы обусловлена в первую очередь жизнедеятельностью микроорганизмов и активностью нативных ферментов. В мышечной ткани рыб практически отсутствует гликоген и, соответственно, молочная кислота не образуется, рН не сдвигается в кислую сторону, а остается близким к нейтральному, что создает благоприятные условия для роста и развития микрофлоры. Одним из способов обеспечения охлажденной рыбы в процессе хранения является снижение рН мышечной ткани, что позволяет замедлить микробиологическую порчу продукта [66; 95; 123].

Еще одним фактором, обуславливающим сохранность охлажденной или свежей рыбы, является активность ферментов – протеаз рыбного мяса, в частности, катепсинов В и L, активных в слабокислой среде, и кальпаинов, активных при нейтральном значении рН. Указанные ферменты расщепляют миофибриллярные тканевые белки, что приводит к образованию олигопептидов и белковых фрагментов. Затем олигопептиды гидролизуются пептидазой мышечной ткани с образованием коротких пептидов и свободных аминокислот, используемых микроорганизмами в качестве субстрата для роста. Кроме того, в результате жизнедеятель-

ности микроорганизмов происходит распад аминокислот мышечной ткани рыбы с образованием продуктов распада – биогенных аминов или аммиака, придающих рыбе неприятный вкус и запах. Амины, которые в основном и определяют свежесть рыбы, образуются в результате декарбоксилирования аминокислот ($\text{RCOOH}\text{NH}_2 + \text{CO}_2$) [4].

Процесс распада мышечных белков называется протеолизом и протекает в несколько этапов. Сначала кальпины и катепсины воздействуют на миофибриллярные белки, в результате чего образуются фрагменты белков и полипептиды промежуточного размера. Затем эти фрагменты белков подвергаются гидролизу ди- и трипептидазами с образованием коротких пептидов. Ди-, amino- и карбокси-пептидазы вступают в реакцию с короткими пептидами, и образуются свободные аминокислоты. Количество диаминокислот $\text{RCOOH}(\text{NH}_2)_2$, распад которых ускоряют ферменты ди- и трипептидазы, в мясе рыбы составляет около 25 %, что значительно уменьшает срок годности охлажденной рыбы [67; 152; 225].

Известно, что pH мясного сока рыбы слабокислый (в пределах 6,3–6,6) и зависит от вида рыбы. Такая слабокислая среда способствует размножению микроорганизмов и, соответственно, микробиологической порче рыбы.

Скорость протеолиза зависит от внешних факторов: например, повышение температуры усиливает активность эндогенных протеолитических ферментов. Следует отметить, что под воздействием этих ферментов гидролизуются соединительно-тканые белки и коллагеновые волокна, что приводит к изменению консистенции мышечной ткани рыбы. Следовательно, для предупреждения активности протеаз необходимо значительно сдвинуть pH в кислую сторону и не допускать повышения температуры охлаждающей среды. Разработанная нами охлаждающая среда – чешуйчатый лед из электроактивированной воды с кислой pH 3,2 – позволяет обеспечить указанные условия хранения рыбы [7].

Одной из современных технологий хранения охлажденной рыбы является способ хранения в охлаждающей среде из мелкокристаллического чешуйчатого льда, что связано с технологичностью его применения и необходимыми теплофизическими характеристиками. Все известные технологии хранения охлажденной

рыбы направлены на предупреждение двух факторов, приводящих к порче рыбы, – развитие микрофлоры и окислительных процессов, путем создания в мышечной ткани рыбы температуры, близкой к криоскопической, и использования комплексных пищевых добавок, имеющих в своем составе органические кислоты, обладающие консервирующим действием. С учетом предупреждения указанных факторов, провоцирующих порчу охлажденной рыбы, проведены исследования по разработке технологии чешуйчатого льда (позволяет создать температуру в мышечной ткани рыбы, близкую к 0°) из электроактивированной воды с кислым рН (позволяет предупредить окислительные процессы путем ослабления активности ферментов).

Использование мелкого чешуйчатого льда при хранении рыбы охлажденной объясняется тем, что он позволяет увеличить площадь соприкосновения его части с телом рыбы, усилить теплообмен, следовательно, повысить скорость охлаждения рыбы. Кроме того, чешуйки льда достаточно тонкие и хрупкие, что обеспечивает сохранность рыбы от механических повреждений. Использование анолита с рН 3,2 при производстве чешуйчатого льда объясняется тем, что кислый рН обеспечивает замедление процессов микробиологической порчи и сохраняет высокие органолептические показатели продукта.

Технология получения чешуйчатого льда из электроактивированной воды следующая: электроактивирование воды происходит с помощью диафрагменного электролизера, через который пропускают питьевую воду. Электроактивированную воду с рН 3,2 получали электролизом водопроводной воды в установке СТЭЛ-10Н-120-01 следующим образом: надевали насадку с фильтром от установки СТЭЛ-10Н-120-01 на водопроводный кран, открывали водопроводный кран, включали установку в электрическую сеть с напряжением 220 В, ручкой регулирования устанавливали силу тока 3,5 А и нарабатывали кислый анолит с рН 3,2 в емкость, а шланг с католитом помещали в раковину слива. В таблице 4 представлены сравнительные показатели качества питьевой водопроводной, кислой и щелочной электроактивированной воды, полученной при электролизе.

Таблица 4 – Сравнительные показатели качества питьевой воды из централизованного источника водоснабжения, кислой и щелочной электроактивированной воды, полученной при электролизе

Показатель	Питьевая вода	Электроактивированная кислая вода	Электроактивированная щелочная вода	Норма по СанПиН 2.1.4.1074-01, не более
Нитраты (в пересчете на NO ₃), мг/л	4,52 ± 0,10	3,21 ± 0,09	–	45
Свинец, мг/л	0,002 ± 0,00008	–	–	0,03
Цинк, мг/л	0,015 ± 0,001	0,014 ± 0,001	0,015 ± 0,001	5,0
Фториды, мг/л	0,17 ± 0,005	–	0,09 ± 0,003	1,5
Полифосфаты, мг/л	0,006 ± 0,00008	–	–	3,5
Общее микробное число, КОЕ/мл	10,00 ± 0,10	–	–	50,0
pH, ед.	7,5–7,8	3,2–3,5	9,2–9,50	6,5–8,5
Примечание. * Разница между группами достоверна ($p < 0,05$).				

Электроактивирование питьевой воды позволяет исключить наличие в ней бактерий, что свидетельствует о бактерицидных свойствах кислой и щелочной фракций воды. Необходимо отметить, что это играет важную роль при использовании ее при выработке результате действия постоянного электрического тока, вода переходила в анолит и католит. Электроактивированная обладает ярко выраженными бактерицидными свойствами, что позволяет использовать чешуйчатый лед не только в качестве охлаждающей среды, но и как вещество, препятствующее окислительным процессам и развитию микроорганизмов.

Кроме того, чешуйчатый лед из электроактивированной воды имеет более низкую температуру таяния ($-3\text{ }^{\circ}\text{C}$), что позволяет не менять его на всем периоде хранения рыбы.

Из данных, представленных в таблице 4, видно, что электроактивирование воды положительно влияет на ее качественные характеристики. Так, в кислой воде количество нитратов снижается на 26,7 % в сравнении с исходной водопроводной питьевой водой, в щелочной нитраты не обнаружены. Содержание фторидов в щелочной электроактивированной воде ниже на 47,1 %, в кислой – не обнаружены. Общее микробное число исходной водопроводной воды составляет 10 КОЕ, в кис-

лой и щелочной воде мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы не обнаружены.

Полученные результаты позволяют рекомендовать использовать электроактивированную воду с рН 3,2–3,5 для производства чешуйчатого льда как охлаждающей среды при хранении охлажденной рыбы.

3.1.2 Исследование влияния чешуйчатого льда из электроактивированной воды на срок годности охлажденной рыбы

Для производства чешуйчатого льда использовали электроактивированную кислую воду с рН 3,2–3,5.

Технология производства льда из электроактивированной воды на льдогенераторе Л12 (компания «Технохолод ГЛЕН, ЛТД», Россия) следующая: от насосной станции шланг, подающий электроактивированную воду, подключают к льдогенератору Л12, водозаборный шланг от насосной станции помещают в емкость с кислым анолитом, включают насосную станцию и льдогенератор в электрическую сеть с напряжением 220 В. В качестве испарителя в льдогенераторе используется горизонтально расположенный барабан с внешней поверхностью, охлаждаемой хладагентом. Барабан частично погружен в теплоизолированную ванну с водой. Из ванны с помощью насоса вода поступает в коллектор, из которого разбрызгивается через форсунки на верхнюю часть барабана-испарителя вдоль оси вращения. Барабан вращается с регулируемой скоростью (2–3 об./мин), от которой зависит толщина чешуйчатого льда. Намерзший лед толщиной 0,6–0,8 мм срезается при помощи специальных ножей, расположенных с зазором 0,1 мм от барабана. Полученный лед выдается через специальное окно наружу в бункер-накопитель. Избыточная вода поступает в ванну на рециркуляцию. Полученный лед из бункера-накопителя помещают в холодильную витрину. Толщина кристаллов чешуйчатого льда составляет от 0,6 до 0,8 мм.

Исследования по влиянию охлаждающей среды – чешуйчатого льда из электроактивированной воды на показатели свежести охлажденной рыбы проводили на примере карпа обыкновенного. Это связано с тем, что в Свердловской области находятся пять рыбных хозяйств – Рефтинское, Верхне-Тагильское, Среднеуральское, Нижне-Туринское, Белоярское и Тавантуйский рыбозавод, эксплуатируется 32 тыс. м садковых площадей, два предприятия (комбинат рыбной гастрономии «Остров» и «Березовский рыбозавод»). Во всех указанных рыбных хозяйствах реализуется технология выведения и выращивания карпа обыкновенного, а магазинах города Екатеринбурга и Свердловской области реализуется живая рыба из местных водоемов это, в первую очередь – карп обыкновенный.

Отлов карпа проводили в IV квартале в Рефтинском рыбхозе. Транспортировку с момента вылова осуществляли в течение 3 часов в пенопластовых коробах с чешуйчатым льдом. В витрину с чешуйчатым льдом из электроактивированной воды с pH 3,2 помещали карпа и хранили при температуре от 0 до -2°C при соотношении массы рыбы и льда 2:1.

Проведена сравнительная оценка свежести в процессе хранения (20 сут) охлажденного карпа контрольной и опытной групп по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и безопасности через 0; 5; 10; 15 и 20 сут хранения согласно МУК 4.2.1847-04 «Методы контроля. Биологические микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания» [49; 71]. Результаты представлены в таблицах 5–6 и на рисунках 4–7.

Из данных таблицы 5 следует, что контрольные образцы охлажденного карпа через 5 и 10 сут хранения по органолептическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия». Через 15 сут хранения контрольные образцы рыбы имели тусклую поверхность, покрытую мутной слизью, что свидетельствует о порче рыбы. При исследовании органолептических показателей образцов охлажденной рыбы опытной группы установ-

лено, что через 20 сут хранения охлажденный карп соответствовал требованиям ГОСТ 814-96. Так, рыба имела чистую поверхность, естественную окраску, плотную консистенцию и свойственный запах.

Таблица 5 – Органолептические показатели качества охлажденного карпа в процессе хранения в чешуйчатом льду из питьевой из центрального источника водоснабжения и электроактивированной воды

Образец рыбы	Показатель			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Фон (0 сут хранения)				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 5 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 10 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Продолжение таблицы 5

Образец рыбы	Показатель			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Через 15 сут хранения				
Контроль	Поверхность тусклая, покрыта мутной слизью. Жабры темного цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Мягкая	Слабо выраженный, неприятный
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 20 сут хранения				
Контроль	Поверхность покрыта слизистой пленкой и плесенью	Рыба неразделанная	Дряблая, расслаивающаяся	Гнилостный, несвойственный данному виду рыбы
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Таблица 6 – Микробиологические показатели охлажденного карпа в процессе хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды

Группа	Показатель			
	КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта, г	<i>V. parahaemoliticus</i> , не более, КОЕ/г
	Допустимый уровень по ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»			
	$5 \cdot 10^4$	0,001	0,01	100
Фон (0 сут хранения)				
Контроль	$1 \cdot 10$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Опыт	$1 \cdot 10$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 5 сут хранения				
Контроль	$1 \cdot 10^2$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Опыт	$1 \cdot 10$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 10 сут хранения				
Контроль	$1 \cdot 10^3$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Опыт	$1 \cdot 10$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 15 сут хранения				
Контроль	$1,7 \cdot 10^5$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Опыт	$1,3 \cdot 10$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 20 сут хранения				
Контроль	$3,0 \cdot 10^5$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Опыт	$2,5 \cdot 10^2$	Не выделены	Не выделены	Не выделены

Таким образом, хранение рыбы в чешуйчатом льду из электроактивированной кислой воды способствует стабильности органолептических показателей.

Наряду с показателями безопасности одним из показателей свежести охлажденной рыбы является сохранность белка. Проведено исследование динамики содержания белка в процессе хранения контрольных и опытных образцов охлажденного карпа.

Из рисунка 4 видно, что количество белка в мышечной ткани контрольных образцов охлажденного карпа достоверно снижается в процессе хранения, что свидетельствует о распаде белка и снижении сохраняемости. Так, количество белка в контрольных образцах карпа после 20 сут хранения составляло 13,3 %, что ниже на 22,6 % ($p \leq 0,01$), чем после 10 сут хранения. В опытных образцах мышечной ткани карпа количество белка после 20 сут хранения на уровне 17,0 %, при этом достоверного его снижения в процессе хранения не отмечено.

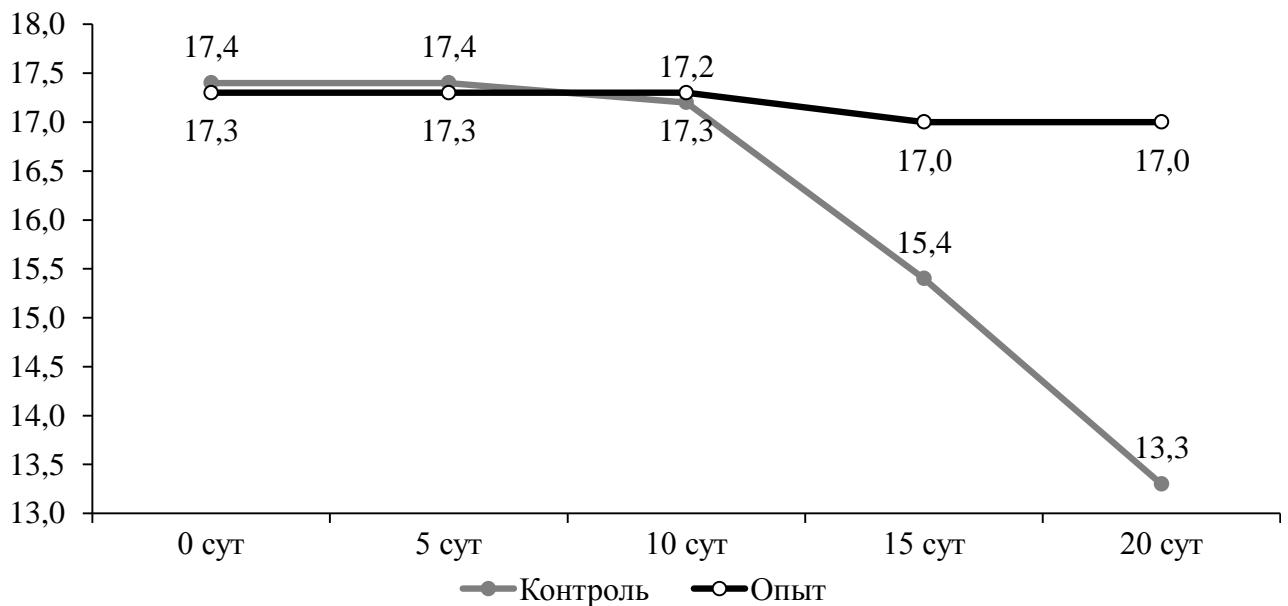


Рисунок 4 – Содержание белка в мышечной ткани охлажденного карпа в процессе хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды, %

Одним из продуктов распада белка является амино-аммиачный азот (ААА). Динамика его содержания в процессе хранения в контрольных и опытных образцах карпа представлена на рисунке 5.

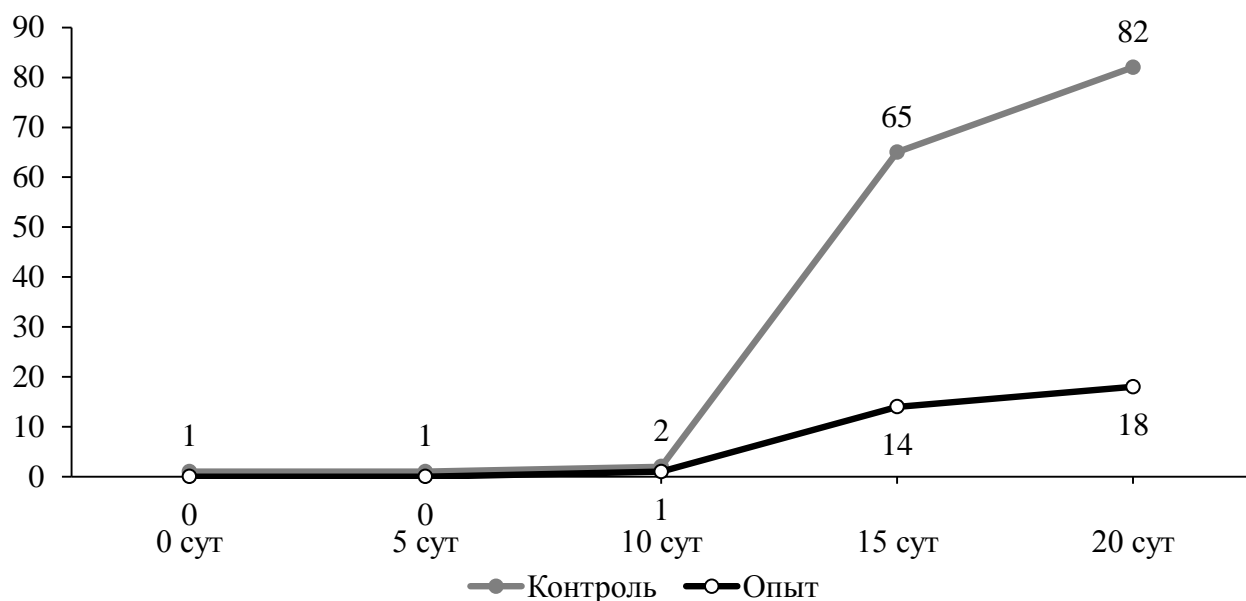


Рисунок 5 – Содержание ААА в мышечной ткани охлажденного карпа в процессе хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды, мг/100 г

Из рисунка 5 следует, что в процессе хранения в контрольных образцах карпа достоверно увеличивается содержание ААА. Так, количество ААА после 10; 15 и 20 сут хранения в контрольной группе составляет соответственно 28; 65 и 82 мг/100 г при норме для свежей рыбы не более 40 мг/100 г, в опытной – 8; 14 и 18 мг/100 г соответственно.

Таким образом, в результате исследования динамики содержания белка и продукта его распада (ААА) установлено, что распад белка происходит более интенсивно в контрольных образцах карпа, хранившихся в чешуйчатом льду из питьевой воды. Использование электроактивированной воды с рН 3,2 для производства чешуйчатого льда и хранение в нем охлажденной рыбы позволяет предупредить процессы гидролиза белка и, соответственно, увеличить срок годности охлажденного карпа, что согласуется с результатами органолептических исследований.

Исследовалось содержание продуктов перекисного окисления жира контрольных и опытных образцов охлажденного карпа в процессе хранения.

Из проведенных исследований следует, что кислотное число липидов повышается в процессе хранения как в контрольных, так и в опытных образцах карпа,

что свидетельствует об увеличении количества свободных жирных кислот, распаде белково-липидных комплексов и усилении окислительных процессов. Разрушение липидов происходит более интенсивно в контрольных образцах охлажденного карпа. Так, кислотное число жира в рыбе, хранившейся на чешуйчатом льду из питьевой воды, через 10; 15 и 20 сут хранения составляет 2,1; 2,5 и 2,8 мг КОН/г, что выше аналогичного показателя опытных образцов карпа в 21; 12,5 и 7 раз соответственно. Подобные изменения перекисного числа липидов происходят в процессе хранения всех исследуемых образцов рыбы. Перекисное число липидов контрольных образцов карпа через 10; 15 и 20 сут хранения на уровне 2,4; 3,2 и 5,4 ммоль активного кислорода/кг, что выше перекисного числа опытных образцов в 8,0; 6,4 и 6,8 раза, учитывая, что разница между группами достоверна ($p < 0,05$).

На рисунках 6 и 7 представлена динамика кислотного и перекисного чисел липидов контрольных и опытных образцов карпа в процессе хранения.

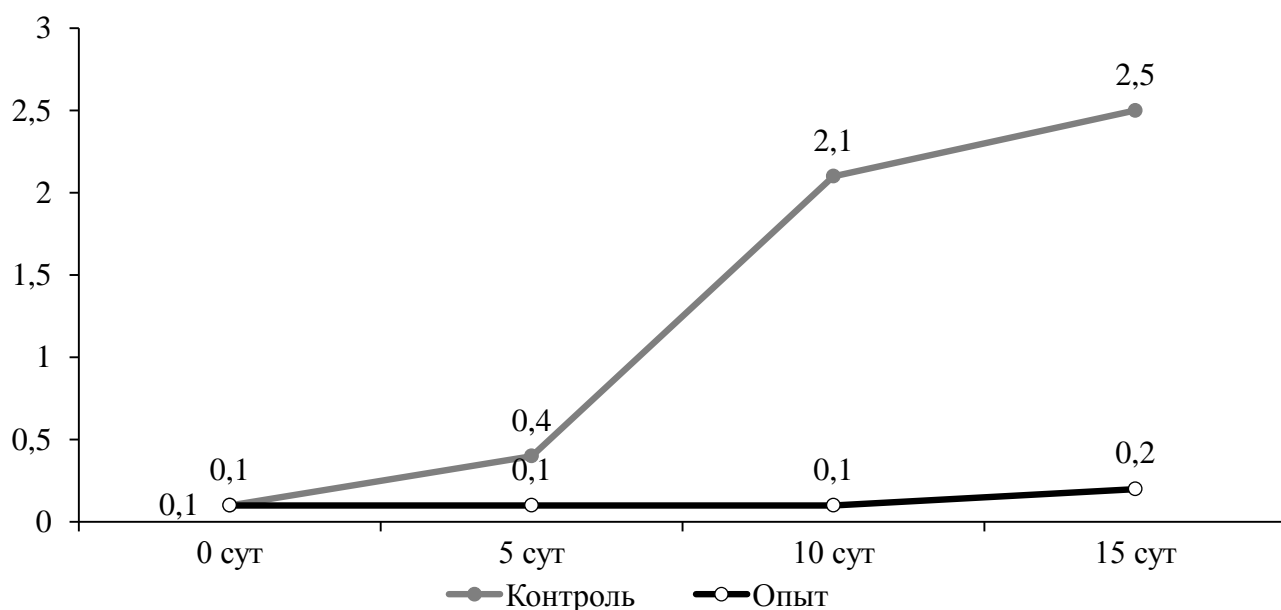


Рисунок 6 – Кислотное число липидов охлажденного карпа в процессе хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды, мг КОН/г

В процессе хранения контрольных и опытных образцах охлажденного карпа патогенные микроорганизмы, бактерии группы кишечной палочки и стафилококки не выделены (см. таблицу 6).

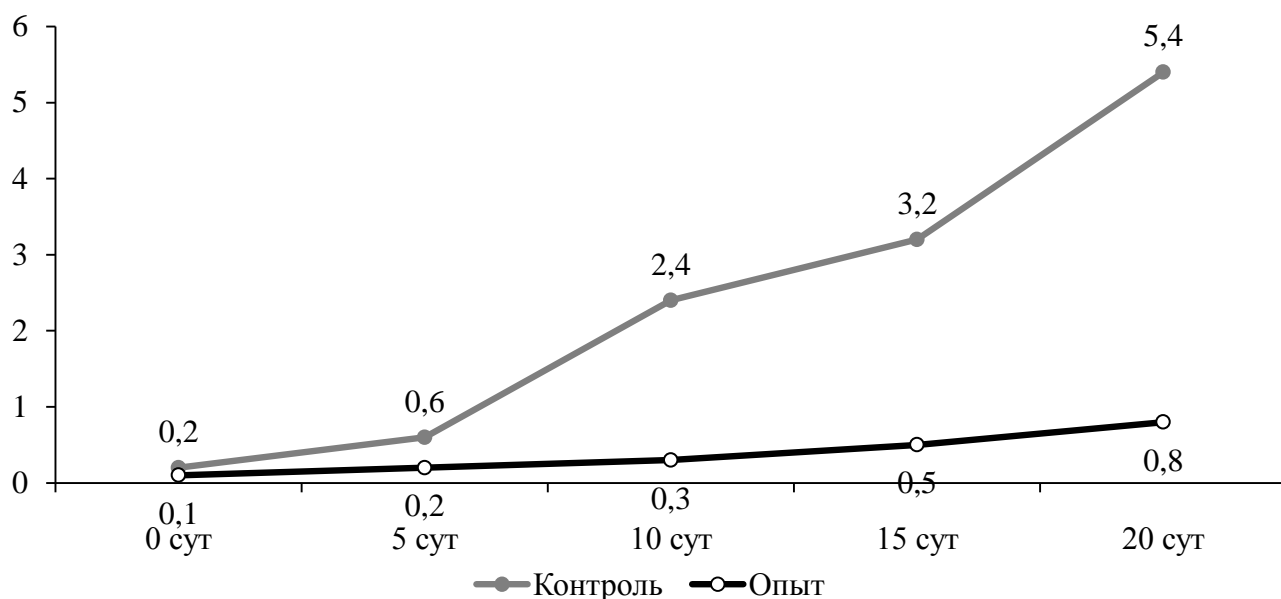


Рисунок 7 – Перекисное число липидов охлажденного карпа в процессе хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды, ммоль активного кислорода/кг

Через 15 сут хранения контрольных образцов охлажденного карпа общая обсемененность микроорганизмами составила $1,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г, что превышает норму, установленную ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». В то же время в опытных образцах количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов на уровне $1,3 \cdot 10$ КОЕ/г. После 20 сут хранения опытные образцы охлажденного карпа по микробиологическим показателям соответствовали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016.

Таблица 7 – Содержание токсичных элементов в карпе охлажденном через 20 сут хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды

Группа	Токсичный элемент			
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, мг/кг, не более			
	1,0	1,0	0,2	0,3
Через 20 сут хранения				
Контроль	0,2	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена
Опыт	0,2	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена

Из данных таблицы 7 следует, что охлажденная рыба по содержанию токсичных элементов после 20 сут хранения в чешуйчатом льду из питьевой и электроактивированной воды соответствовала требованиям ТР ТС 021/2011.

Таким образом, на основании исследований в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 «Методы контроля. Биологические микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания» через 0; 5; 10; 15 и 20 сут хранения охлажденная рыба, хранившаяся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, по органолептическим и микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов соответствует требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 и ТР ТС 021/2011. Следовательно, использование электроактивированной воды с рН 3,2 для производства чешуйчатого льда и его дальнейшее применение в качестве охлаждающей среды при хранении охлажденного карпа позволяет увеличить срок годности рыбы на 25 % с 12 до 15 сут.

3.2 Оценка качества и безопасности охлажденной рыбы

в процессе хранения после ее предварительной обработки высоким давлением

Срок годности охлажденной рыбы согласно ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия» при хранении во льду составляет 7–12 сут и зависит от множества факторов, связанных с происхождением, местом и способом вылова, кварталом, видом транспортировки, последующей обработки и способами реализации. Снижение качества охлажденной рыбы в процессе хранения в первую очередь определяется жизнедеятельностью микроорганизмов, действием нативных ферментов и окислением жира [57; 69; 85; 100].

Целесообразно кратко рассмотреть процессы образования химических веществ, влияющих на срок ее годности в процессе хранения рыбы. В частности, действие бактериальной деаминазы на некоторые свободные аминокислоты при-

водит к образованию запаха аммиака; восстановление триметиламинооксида (ТМАО) ТМАО-деметилазой приводит к образованию триметиламина, обуславливающего характерный запах порчи; при воздействии бактериальных декарбоксилаз на лизин, тирозин, аргинин и фенилаланин образуются биогенные амины (кадаверин, тирамин, фенилэтиламин), приводящие к снижению качественных характеристик; продуктами жизнедеятельности микроорганизмов являются низкомолекулярные кислоты (муравьиная и уксусная), ухудшающие органолептические показатели рыбы.

Процесс порчи также могут ускорить другие факторы, в частности механические повреждения. Следует отметить, что в крупной рыбе порча наступает медленнее, чем в мелкой, так как более плотная кожа препятствует проникновению и размножению микроорганизмов. В то же время жирная рыба портится быстрее, так как на ее срок годности большое влияние оказывает липолиз, приводящий к образованию свободных жирных кислот, которые вместе с полиненасыщенными подвергаются дальнейшему окислению с образованием летучих веществ, обуславливающих запах прогорклости (например, гексаналя). Кроме того, свободные жирные кислоты, образующиеся при липолизе, также могут окисляться и придавать жирам желтоватый оттенок [50; 179].

За рубежом существуют различные методы определения качества рыбы, в частности, QIM, Quality Index Method и др., простые в применении, но весьма эффективные и объективные. Согласно этим методам определяют цвет и внешний вид рыбы, наличие слизи, запах и текстуру кожи; состояние зрачка и форму глаз; цвет и внешний вид слизи, запах жабр; запах и наличие крови в тушке. Каждому из этих показателей присваивают от 0 до 3 баллов.

Но главным показателем сохраняемости рыбы как в России, так и за рубежом является рост и размножение микроорганизмов, особенно грамотрицательных бактерий.

Для снижения микробиологической порчи пищевых продуктов и, соответственно, увеличения срока годности их обрабатывают высоким давлением.

Общее количество продуктов, обработанных давлением, на мировом рынке неуклонно растет. Распространение барообработки пищевой продукции связано с тем, что методом холодной консервации возможно предотвратить микробиологическую порчу [82; 86].

Для рыбы и рыбопродуктов в общем количестве обработанных давлением пищевых продуктов составляет только 16 %, что свидетельствует о целесообразности совершенствования технологии барообработки рыбы [116; 153].

Перед обработкой высоким давлением необходимо поместить охлажденную рыбу в герметичную, деформирующую упаковку, что позволит в процессе хранения предупредить контаминацию рыбы микроорганизмами, а при обработке давлением – не допустить контакта рыбы с жидкостью устройства, передающего давление на рыбу.

В пищевой промышленности используют различные виды упаковки: МГС-упаковку с повышенным содержанием кислорода, МГС-упаковку с пониженным содержанием кислорода, РГС-упаковку и вакуумную [54; 59; 202].

Охлажденную рыбу хранят в МГС-упаковке, содержащей 80 % кислорода и 20 % углекислого газа. Следует отметить, что использование этого вида упаковки имеет определенные негативные последствия для качества продукта: в частности, усиливаются процессы окисления липидов, обуславливающие развитие нежелательных привкусов. Окисление полиненасыщенных жирных кислот не только является причиной быстрого прогоркания рыбы, но и влияет на консистенцию рыбы [3; 90].

МГС-упаковка с пониженным содержанием кислорода, предполагающая наличие в газовой среде диоксида углерода и азота, позволяет увеличивать срок хранения охлажденной рыбы. CO_2 выполняет функцию антимикробного агента, а N_2 стабилизатора формы упаковки.

Отсутствие кислорода в РГС-упаковках существенно увеличивает срок хранения охлажденной рыбы, но вместе с тем вызывает появление нежелательных привкусов [65; 114; 177].

Сегодня для хранения охлажденной рыбы применяется вакуумная упаковка. Такая упаковка увеличивает срок хранения пищевого продукта за счет незначительного содержания в ней кислорода. В результате дыхания мышечной ткани рыбы остаточный кислород быстро поглощается и его место занимает углекислый газ, содержание которого внутри упаковки постепенно возрастает до 10–20 %.

Из вышеизложенного следует, что рассмотренные упаковки не могут полностью обеспечивать стабильность охлажденной рыбы в процессе хранения.

Выходом из этой ситуации может стать принципиально новый способ хранения охлажденной рыбы в вакуумно-пленочной упаковке – обработка высоким давлением. Указанный способ позволит упаковать рыбу в тесно прилегающую пленку и обеспечить гибель всех микроорганизмов как на поверхности, так и внутри мышечной ткани рыбы. Следует отметить, что использование высокого давления при обработке продовольственного сырья и пищевых продуктов наряду с бактерицидным действием имеет и другие положительные моменты, в частности, не снижает пищевую ценность [101; 161].

Для исследований влияния обработки высоким давлением на срок хранения охлажденной рыбы отобраны образцы охлажденного карпа. Выбор карпа в качестве материалов для исследований связан с его распространенностью и культивированием в Свердловской области. Для эксперимента сформировали три группы. Первая группа (контрольная) – образцы охлажденного карпа, упакованные в вакуумную упаковку, давлением не обрабатывали. Опытные образцы второй группы обрабатывали давлением 600 МПа в течение (300 ± 10) с, образцы третьей группы обрабатывали давлением 800 МПа в течение (300 ± 10) с с помощью экспериментальной установки – гидростата, имеющего следующие технические характеристики: рабочее давление – 800 МПа, максимальное давление – 1 000 МПа. Перед обработкой рыбу поместили в вакуумно-пленочную герметичную упаковку с помощью вакуумного упаковщика HENKELMAN серии BOXER. Используемый упаковочный материал обладает необходимой эластичностью, что позволяет передавать давление без структурных повреждений карпа. Кроме того, вакуумно-пленочная упаковка имеет обратимую деформацию и идеальна при использовании

высокого давления: такой упаковочный пакет можно подвергать сжатию без существенных структурных повреждений упакованного продукта, поскольку он способен вернуться к своей первоначальной форме после декомпрессии [68; 181].

Технология обработки охлажденной рыбы высоким давлением следующая: в камеру высокого давления помещают экспериментальные образцы охлажденного карпа в герметичной вакуумно-пленочной упаковке, камеру заполняют рабочей жидкостью до отказа и герметично закрывают, задают необходимое давление и обрабатывают в течение 300 с, затем рыбу охлажденную хранят при температуре 0...–2 °С.

Оценку показателей свежести охлажденной рыбы проводили с учетом требований ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия», согласно которому срок годности рыбы неразделанной IV квартала при температуре хранения 0...–2 °С составляет не более 12 сут. Вакуумная упаковка увеличивает сроки хранения продукта до 18–20 сут, поэтому оценку качества охлажденной рыбы в этом эксперименте проводили через 0; 10; 20; 30 и 39 сут хранения согласно МУК 4.2.1847-04 «Методы контроля. Биологические микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания».

В таблицах 8 и 9 представлены наиболее важные органолептические показатели карпа охлажденного неразделанного в процессе хранения в вакуумной упаковке и обработанного давлением (600 и 800 МПа).

В результате проведенных исследований установлено, что обработка карпа охлажденного давлением 600 и 800 МПа в течение 300 с обеспечивает сохранение свежести рыбы. Так, через 39 сут хранения опытные образцы карпа имели чистую естественной окраски поверхность, плотную консистенцию мышечной ткани и запах свежей рыбы. Увеличение давления с 600 до 800 МПа не оказало влияния на органолептические показатели охлажденной рыбы. Контрольные образцы охлажденного карпа через 30 сут хранения по органолептическим показателям не соответствовали требованиям ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия». Так, через 30 сут хранения контрольные образцы рыбы имели неприятный

запах, тусклую поверхность, покрытую мутной слизью, жабры отличались темным цветом.

Таблица 8 – Органолептические показатели обработанного давлением карпа охлажденного неразделанного в вакуумной упаковке в процессе хранения (600 МПа)

Образец рыбы	Показатель			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Фон (0 сут хранения)				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 10 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 20 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 30 сут хранения				
Контроль	Поверхность тусклая, покрыта мутной слизью. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Мягкая	Слабо выраженный, неприятный
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Продолжение таблицы 8

Образец рыбы	Показатель			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Через 39 сут хранения				
Контроль	Поверхность покрыта слизистой пленкой и плесенью	Рыба неразделанная	Дряблая, расслаивающаяся	Гнилостный, несвойственный данному виду рыбы
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Таблица 9 – Органолептические показатели обработанного давлением карпа охлажденного неразделанного в вакуумной упаковке в процессе хранения (800 МПа)

Образец рыбы	Наименование показателя			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Фон (0 сут)				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 10 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 20 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Продолжение таблицы 9

Образец рыбы	Наименование показателя			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Через 30 сут хранения				
Контроль	Поверхность тусклая, покрыта мутной слизью. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Мягкая	Слабо выраженный, неприятный
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 39 сут хранения				
Контроль	Поверхность покрыта слизистой пленкой и плесенью	Рыба неразделанная	Дряблая, расслаивающаяся	Гнилостный, несвойственный данному виду рыбы
Опыт	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Рыба без наружных повреждений	Рыба неразделанная	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Таким образом, обработка охлажденного карпа давлением 600 и 800 МПа в течение 300 с позволяет обеспечить высокие органолептические показатели рыбы в течение 39 сут холодильного хранения.

Известно, что пищевая ценность рыбы обусловлена наличием незаменимых аминокислот, вместе с этим белки актиномиозинового комплекса и коллагена определяют консистенцию мышечных волокон рыбы. В связи с этим определение количества белка и продуктов его распада в процессе хранения рыбы является важным показателем ее свежести [113; 162].

На рисунке 8 представлена динамика содержания белка в контрольных и опытных образцах мышечной ткани охлажденного карпа, обработанных высоким давлением.

Из рисунка 8 следует, что в процессе хранения контрольных образцов карпа отмечается достоверное снижение содержание белка после 39 сут холодильного хранения на 15,4 %, что свидетельствует о процессе распада белка и ухудшении качества пищевого продукта. Количество белка в контрольной группе охлажденного карпа через 10; 30 и 39 сут хранения составляет 16,8; 15,1 и 14,2 % соответ-

ственно, в то время как во второй опытной группе – 16,5; 16,4 и 16,4 %, в третьей группе – 16,7; 16,7 и 16,5 %.

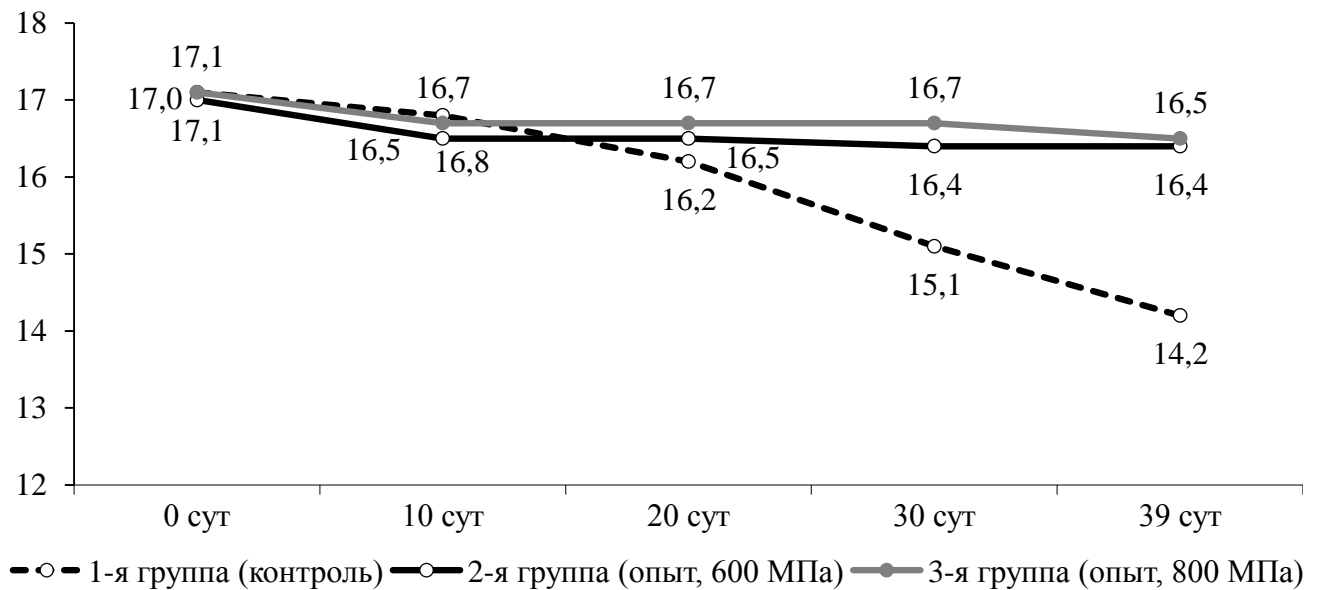


Рисунок 8 – Содержание белка в мышечной ткани карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного давлением, %

Содержание ААА в процессе холодильного хранения в контрольных и опытных образцах карпа охлажденного, обработанного высоким давлением, представлено на рисунке 9.

Одним из показателей свежести рыбы охлажденной является наличие продуктов распада белка, в частности ААА, образующегося в результате воздействия бактериальной деаминазы на некоторые свободные аминокислоты.

Количество ААА после 39 сут хранения образцов охлажденного карпа контрольной группы составляет 85 мг/100 г, в образцах карпа второй и третьей опытной группы – 24 и 26 мг/100 г, что ниже контроля на 71,8 и 69,4 % соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе хранения опытных образцов карпа разложение белка не происходит, следовательно, обработка охлажденной рыбы высоким давлением обеспечивает сохранность продукта, что согласуется с оценкой органолептических показателей.

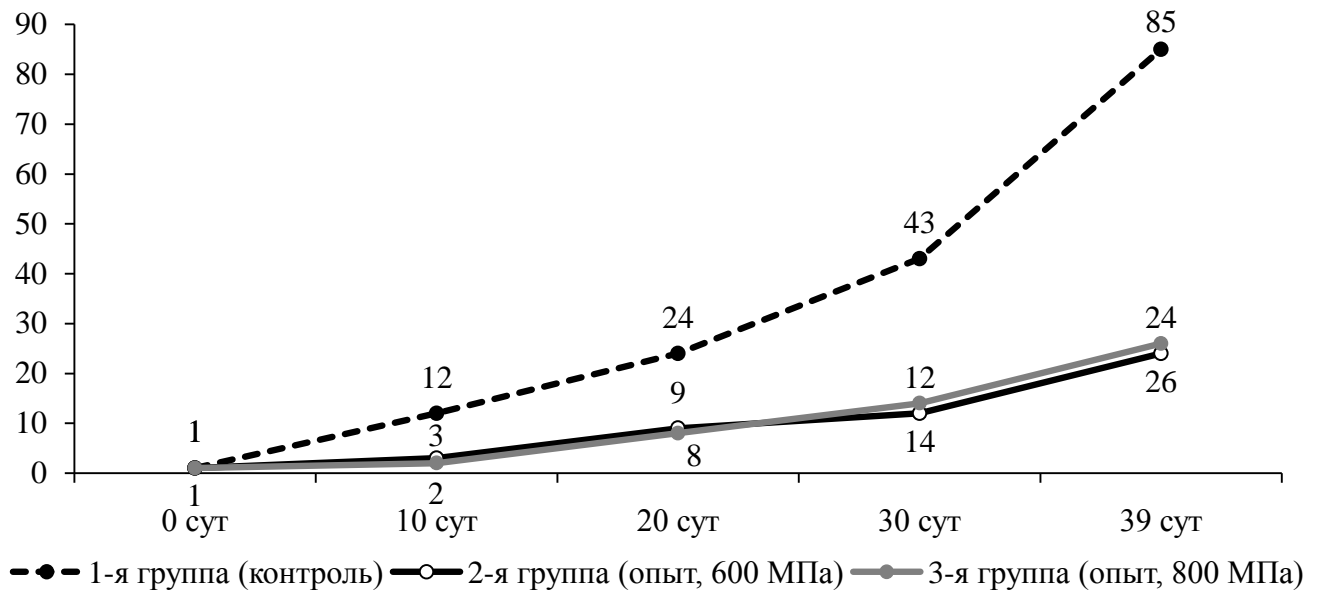


Рисунок 9 – Содержание ААА в мышечной ткани карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного давлением, мг/100 г

О качестве жира рыбы судят по таким показателям, как кислотное и перекисное числа.

На рисунках 10 и 11 представлена динамика кислотного и перекисного чисел липидов контрольных и опытных образцов охлажденного карпа в вакуумной упаковке, обработанных высоким давлением.

Из рисунков 10 и 11 следует, что кислотное и перекисное числа липидов образцов охлажденного карпа контрольной группы были значительно выше, чем в опытных группах, и составили после 20; 30 и 39 сут хранения 2,4; 4,1 и 8,9 мг КОН/г и 4,5; 6,8 и 9,5 ммоль активного кислорода/кг соответственно.

В то же время в образцах карпа второй группы кислотное число через 20; 30 и 39 сут хранения на уровне 1,5; 2,8 и 3,6 мг КОН/г соответственно, что ниже контроля на 37,5; 31,7 и 59,5 %. Аналогичные результаты получены в образцах карпа третьей опытной группы. Так, кислотное число липидов после 20; 30 и 39 сут хранения на уровне 1,9; 3,2 и 4,1 мг КОН/г, что ниже контроля на 20,8; 22,0 и 53,9 %.

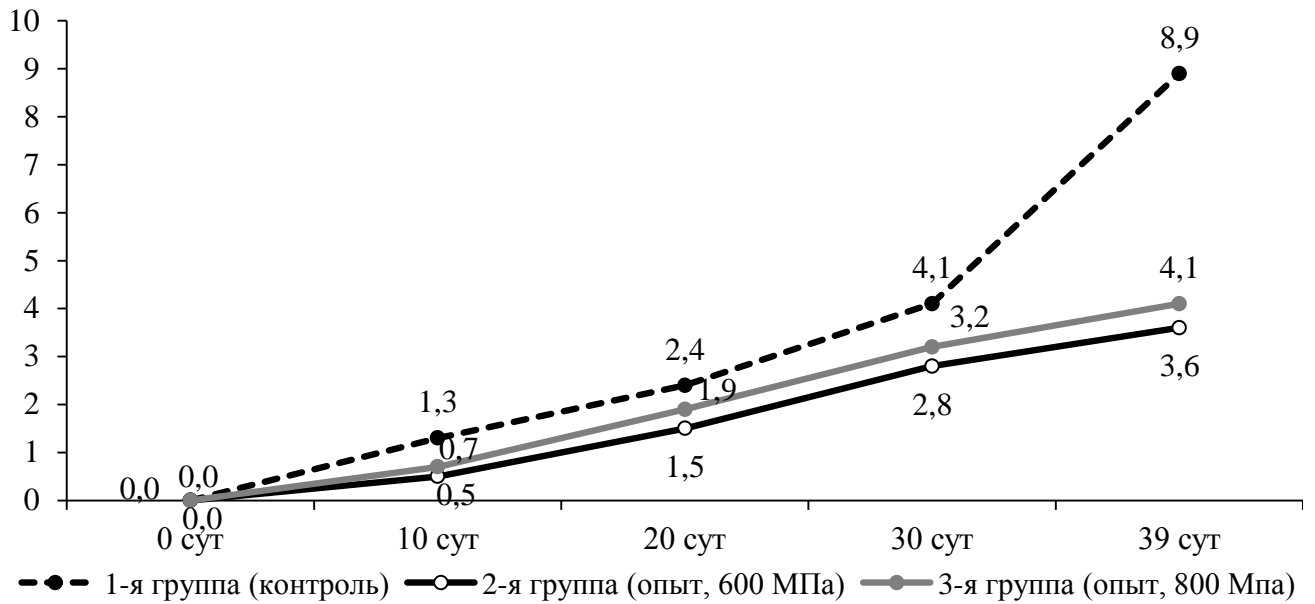


Рисунок 10 – Кислотное число липидов карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного давлением, мг KOH/г

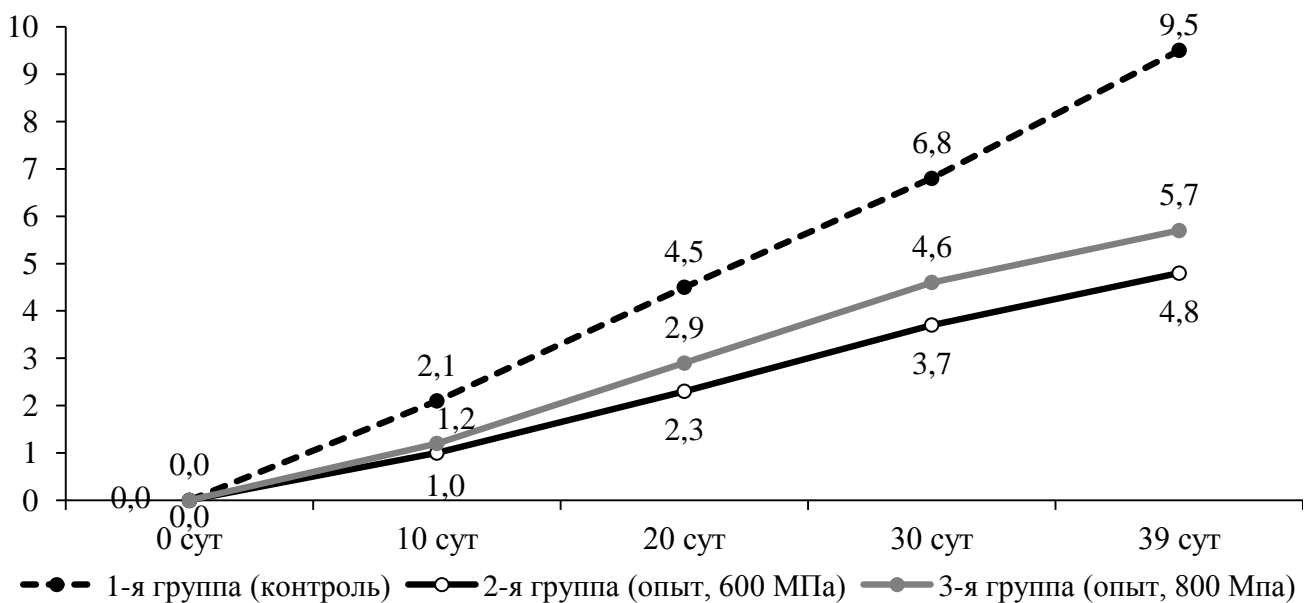


Рисунок 11 – Перекисное число липидов карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного давлением, ммоль активного кислорода/кг

Перекисное число липидов образцов карпа второй и третьей опытных групп ниже контроля на 49,5 и 40,0 %. Полученные данные свидетельствуют, что обработка высоким давлением охлажденной рыбы ослабляет процессы перекисного окисления липидов и, соответственно, позволяет увеличить ее срок годности.

Вместе с тем увеличение давления при обработке охлажденной рыбы с 600 до 800 МПа достоверно увеличивает кислотное и перекисное числа. Так, в третьей группе после 39 сут хранения рыбы кислотное и перекисное числа липидов выше на 13,8 и 18,6 % ($p \leq 0,05$), что позволяет считать рациональным для обработки рыбы давление 600 МПа.

Оценку микробиологической порчи рыбы проводили в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». В таблице 10 приведены результаты исследований микробиологических показателей карпа охлажденного.

Таблица 10 – Микробиологические показатели карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного давлением

Группа	Показатель			
	КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта, г	<i>V. parahaemoliticus</i> , не более, КОЕ/г кlostридии
		Допустимый уровень по ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»		
	$1 \cdot 10^4$	0,001	0,01	100
Фон (0 сут хранения)				
1-я группа (контроль)	$1 \cdot 10$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа (опыт, 600 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа (опыт, 800 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 10 сут хранения				
1-я группа (контроль)	$1 \cdot 10^2$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа (опыт, 600 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа (опыт, 800 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 20 сут хранения				
1-я группа (контроль)	$1 \cdot 10^3$	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа (опыт, 600 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа (опыт, 800 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены

Продолжение таблицы 10

Группа	Показатель			
	КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	S. aureus, не допускается в массе продукта, г	V. parahaemoliticus, не более, КОЕ/г кlostридии
		Допустимый уровень по ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»		
	1·10 ⁴	0,001	0,01	100
Через 30 сут хранения				
1-я группа (контроль)	1,3·10 ⁴	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа (опыт, 600 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа (опыт, 800 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 39 сут хранения				
1-я группа (контроль)	4,0·10 ⁵	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа (опыт, 600 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа (опыт, 800 МПа)	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены

Из данных таблицы 10 видно, что обработка охлажденной рыбы высоким давлением обеспечивает гибель микроорганизмов. Так, мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы в образцах карпа, обработанных высоким давлением, не выделены, в то время контрольные образцы уже после 30 сут хранения по микробиологическим показателям не соответствовали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 11 – Содержание токсичных элементов образцах карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного давлением

Группа	Токсичный элемент			
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, мг/кг, не более			
	1,0	1,0	0,2	0,3
Через 39 сут хранения				
1-я группа (контроль)	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена
2-я группа (опыт, 600 МПа)	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена
3-я группа (опыт, 800 МПа)	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена

В таблице 11 представлено содержание токсичных элементов в образцах карпа охлажденного в вакуумной упаковке, обработанного высоким давлением.

Из данных таблицы 11 следует, что содержание токсичных элементов в образцах карпа первой и второй группы через 39 сут хранения не превышало требований ТР ТС 021/2011.

Таким образом, по результатам исследований органолептических показателей, содержания белка в мышечной ткани, процессов окисления липидов и микробиологических показателей карпа охлажденного в вакуумной упаковке установлено, что его обработка высоким давлением 600 и 800 МПа в течение 300 с увеличивает срок годности продукта в 1,5 раза с 20 до 30 сут. Наиболее рациональна обработка давлением в 600 МПа.

3.2.1 Разработка конструкции технологического оборудования для обработки пищевой продукции высоким давлением в условиях всестороннего сжатия

Ввиду того, что зарубежное оборудование для обработки высоким давлением в условиях всестороннего сжатия является дорогостоящим (его стоимость составляет от 500 тыс. до 2,5 млн дол. в зависимости от мощности, степени автоматизации и внутреннего объема сосуда – от 30 до 600 л), целесообразно изготовить гидростат отечественного производства, не уступающий по технологическим характеристикам зарубежным аналогам.

Нами спроектирован гидростат высокого давления и представлен на рисунке 12.

Проведены прочностные расчеты гидроцилиндра сжатия гидростата высокого давления с учетом требований ГОСТ [34].

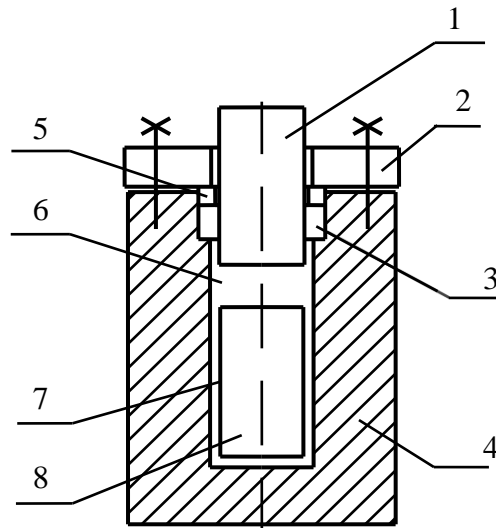


Рисунок 12 – Схематичное устройство гидростата высокого давления для обработки объектов жидкостью в условиях всестороннего сжатия:
 1 – пуансон; 2 – фланец; 3 – уплотнение; 4 – рабочая камера; 5 – шайба; 6 – рабочая жидкость;
 7 – оболочка; 8 – объект исследования (продукт)

Расчетное давление по условию прочности $P_{пр1}$, МПа [187]:

$$P_{пр1} = P_{1max} - P_{атм}, \quad (2)$$

где P_{1max} – максимальное избыточное давление внутри гидроцилиндра гидростата, МПа; $P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа.

К расчету принимаем $P_{1max} = 1200$ МПа; $P_{атм} = 0,1$ МПа.

Тогда расчетное давление по условию прочности составит:

$$P_{пр1} = 1\,200 - 0,1 = 1\,199,9 \approx 1\,200 \text{ МПа.}$$

Так как давлений меньше атмосферного в гидроцилиндре гидростата не предполагается, то расчет камеры проводится только по условиям прочности.

Рассчитаем толщину стенки гидроцилиндра по теории прочности. Цилиндр изготовлен из автофретированной высокопрочной стали марки О-АБ (рисунок 12).

Проектная толщина стенки гидроцилиндра камеры сжатия S_1 , мм [190]:

$$S_1 = S_{p1} - C_1, \quad (3)$$

где S_{p1} – расчетная толщина стенки гидроцилиндра, мм; C_1 – прибавка к расчетной толщине, учитывающая процесс коррозии материала, мм, которая рассчитывается по формуле [190]:

$$C_1 = A - t, \quad (4)$$

где A – расчетная скорость коррозии материала конструкции, мм/год; t – плановый срок службы гидростата, год.

К расчету принимаем $t = 10$ лет, $A = 0,005$ мм/год согласно стандарту на суды и аппараты под давлением.

$$C_1 = 0,005 - 10 = 0,05 \text{ мм/год.}$$

Расчетная толщина стенки гидроцилиндра камеры сжатия S_{p1} , мм [187]:

$$S_{p1} = \max \{S_{n1}; S_{y1}\}, \quad (5)$$

В качестве расчетной толщины стенки гидроцилиндра выбирается наибольшее из полученных значений по условиям прочности S_{n1} , мм, и устойчивости S_{y1} , мм.

Так как расчет по условиям устойчивости не проводится, то $S_{p1} = S_{n1}$.

Расчетный радиус гидроцилиндра камеры сжатия по условиям прочности R_k , см:

$$R_k = R_0 \sqrt{\frac{\sigma_p + 0,4P_y}{\sigma_p - 1,3P_y}}, \quad (6)$$

где R_0 – внутренний радиус корпуса гидроцилиндра, достаточный для размещения в нем образцов пищевых продуктов и полуфабрикатов, принимаем $R_0 = 100$ мм; σ_p – допустимое напряжение на растяжение материала корпуса, для автофретированной высокопрочной стали О-АБ $\sigma_p \geq 50$ МПа; P_y – расчетное давление рабочей жидкости ($P_y = 1,2P_{\max}$);

$$P_y = 1,2 \cdot 1\,200 = 1\,440 \text{ МПа.}$$

$$R_k = 10 \sqrt{\frac{5\,000 + 0,4 \cdot 1\,440}{5\,000 - 1,3 \cdot 1\,440}} = 13,35 = 14 \text{ см.}$$

Расчетная толщина стенки гидроцилиндра S_{n1} , см:

$$S_{n1} = R_k - R_0. \quad (7)$$

Проектная толщина стенки гидроцилиндра камеры сжатия S_1 , мм:

$$S_1 = 40 + 0,05 = 40,5 \text{ мм.})$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного $S_1 = 42 \text{ мм.}$

В результате проведенных расчетов спроектировано устройство для обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия со следующими техническими характеристиками: толщина стенки гидроцилиндра 40 мм, диаметр камеры гидроцилиндра 100 мм, максимальное давление 1 440 МПа, позволяющее увеличить однократный объем обрабатываемой пищевой продукции в два раза.

3.3 Научное обоснование эффективности использования ионизирующего излучения для увеличения срока годности охлажденной рыбы и разработка методики количественного определения поглощенной дозы ионизирующего облучения

Одним из перспективных методов сохранения качества и продления срока годности пищевой продукции является ее обработка ионизирующим излучением. Возможность снижения микробиологической нагрузки в пищевом продукте при

минимальном воздействии на органолептические показатели и пищевую ценность позволяет технологии облучения занимать лидирующее место среди всех существующих способов хранения пищевой продукции и продовольственного сырья. В пищевом производстве разрешены три основных типа излучений: излучение ускоренных электронов с энергией не более 10 МэВ; рентгеновское (тормозное) излучение с энергией не более 5 МэВ; γ -излучение (источники излучения – радионуклиды ^{60}Co и ^{137}Cs).

В настоящее время более 60 стран мира используют радиационные технологии для консервационной обработки более 100 видов продукции [124].

Обработка пищевых продуктов ионизирующим излучением приводит к гибели микроорганизмов, что особенно важно для увеличения срока годности охлажденной рыбы, так как мясо рыбы отличается высокой микробиологической обсемененностью. Обсемененность микроорганизмами может составлять до 10^2 – 10^4 бактерий на 1 см^2 поверхности. рН рыбы на уровне 6,3–6,6 и высокая активность воды мяса рыбы создает благоприятные условия для развития микрофлоры и усиливает действие ферментов. Кроме того, слизь (слен), покрывающая поверхность рыбы, жабры и кишечник (если рыба хранится в неразделанном виде), является питательной средой для микроорганизмов. Мясо рыбы более рыхлое, чем говядина и свинина, что также способствует более быстрому распространению микроорганизмов. В жире рыбы содержится много ненасыщенных жирных кислот, которые подвергаются окислительным процессам [78].

Угнетая процессы жизнедеятельности микроорганизмов и ингибируя естественные деструктивные процессы, протекающие в клетках обрабатываемой среды, различные виды излучений способны наиболее эффективно по сравнению с традиционными методами обработки продлевать срок годности пищевой продукции.

Комиссия ООН по разработке продовольственных стандартов особо подчеркивает роль и значение дозиметрии с точки зрения правильного (разумного) применения радиационной обработки. В нашей стране нормативно-правовая база в данной сфере находится в стадии активного формирования. ГОСТ Р ИСО/АСТМ

51431-2012 является руководством по дозиметрии при обработке пищевых продуктов электронными пучками и рентгеновским (тормозным) излучением [36].

На территории Российской Федерации на сегодняшний день не внедрена технология облучения пищевых продуктов с целью продления срока их хранения, вместе с тем на продовольственном рынке присутствуют облученные продукты питания, в том числе охлажденная рыба [81].

В связи с этим представляется целесообразным проведение научных исследований по выявлению факта облучения, а также разработке методики для определения поглощенной дозы и экспериментальному обоснованию рациональной дозы облучения охлажденной рыбы с целью увеличения ее срока годности.

Одним из перспективных методов определения факта облучения является метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), позволяющий выявить факт облучения пищевой продукции в течение двух лет после обработки ионизирующими лучами.

Исследования проведены совместно с кандидатом сельскохозяйственных наук Р. Т. Тимаковой на форели охлажденной импортного производства, так как в результате проведенного нами анализа отечественного потребительского рынка рыбы установлено, что основными импортерами рыбы и рыбной продукции являются Китай и Турция. 34 и 26 % зарубежной рыбы приходится на свежую и охлажденную форель и семгу, поэтому в качестве материала для исследований использовали охлажденную форель [14; 62; 92; 93].

Следует отметить, что срок годности импортной форели охлажденной в бумажной упаковке указанной маркировки составляет более 12 сут, что позволяет предположить ее возможную обработку различными физическими способами, в том числе ионизирующим излучением.

Проведены исследования ЭПР-спектра костной ткани необлученной форели отечественного производства (рисунок 13).

В ЭПР-спектре охлажденной форели отечественного производства в диапазоне магнитного поля от 3 250 до 3 300 Гс (время преобразования сигнала – 168 мс, количество накоплений – 3) отсутствуют какие-либо сигналы, что нагляд-

но видно по спектру костной ткани форели (рисунок 13). Аналогичные спектры получены для мяса и кожи охлажденной форели отечественного производства.

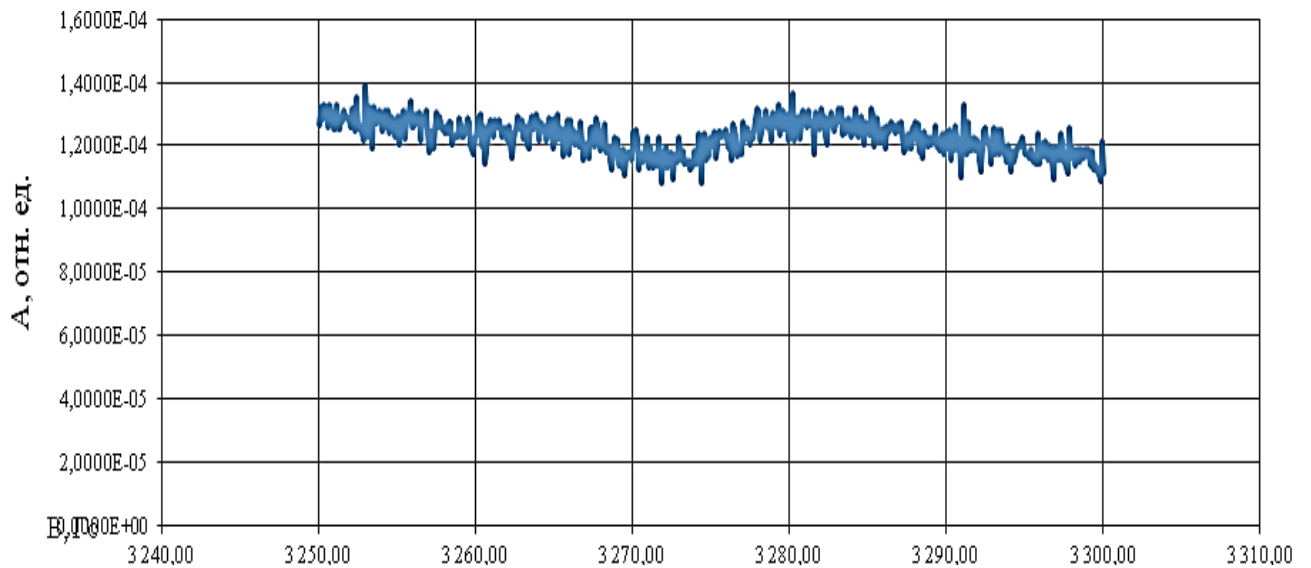


Рисунок 13 – ЭПР-спектр ОКТ необлученной форели радужной охлажденной отечественного производства

На рисунке 14 представлен спектр костной ткани охлажденной форели импортного производства.

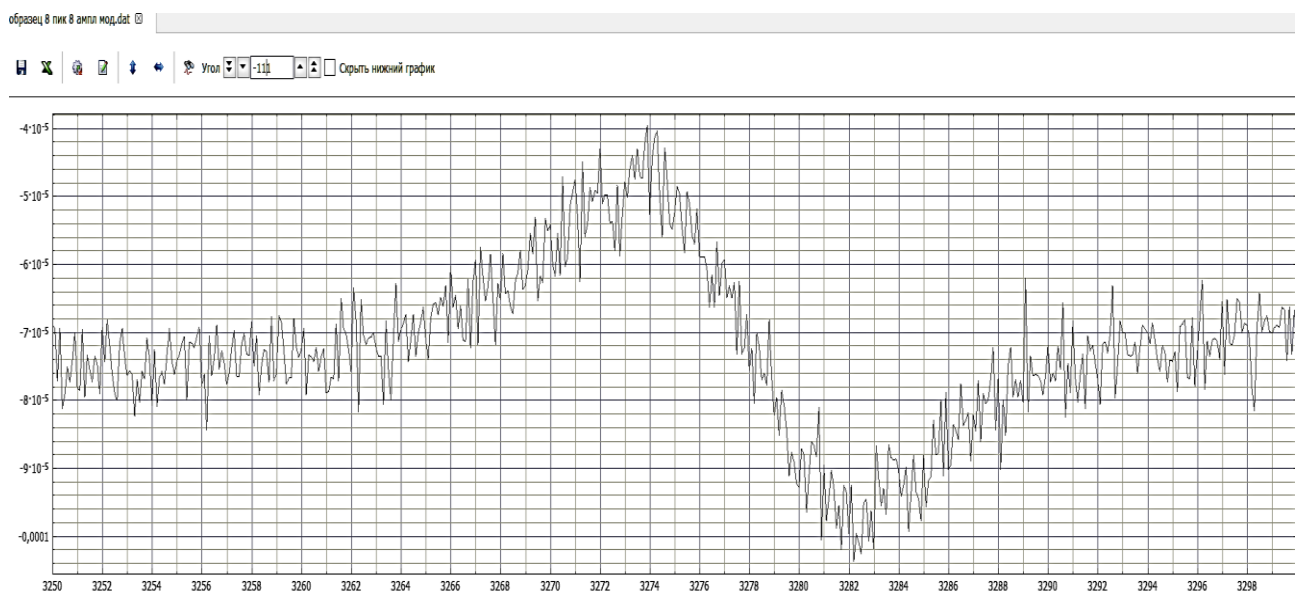


Рисунок 14 – ЭПР-спектр ОКТ охлажденной форели импортного производства

В результате проведенных исследований совместно с кандидатом сельскохозяйственных наук Р. Т. Тимаковой на спектрометре ЭПР костная ткань охлажденной форели импортного производства имеет спектр с ярко выраженными пиками в магнитном поле от 3 274 до 3 282 Гс с амплитудой $6,36 \cdot 10^{-5}$, свидетельствующий об облучении (g -фактор = 2,0052).

На рисунке 15 представлен спектр кожи охлажденной форели радужной импортного производства.

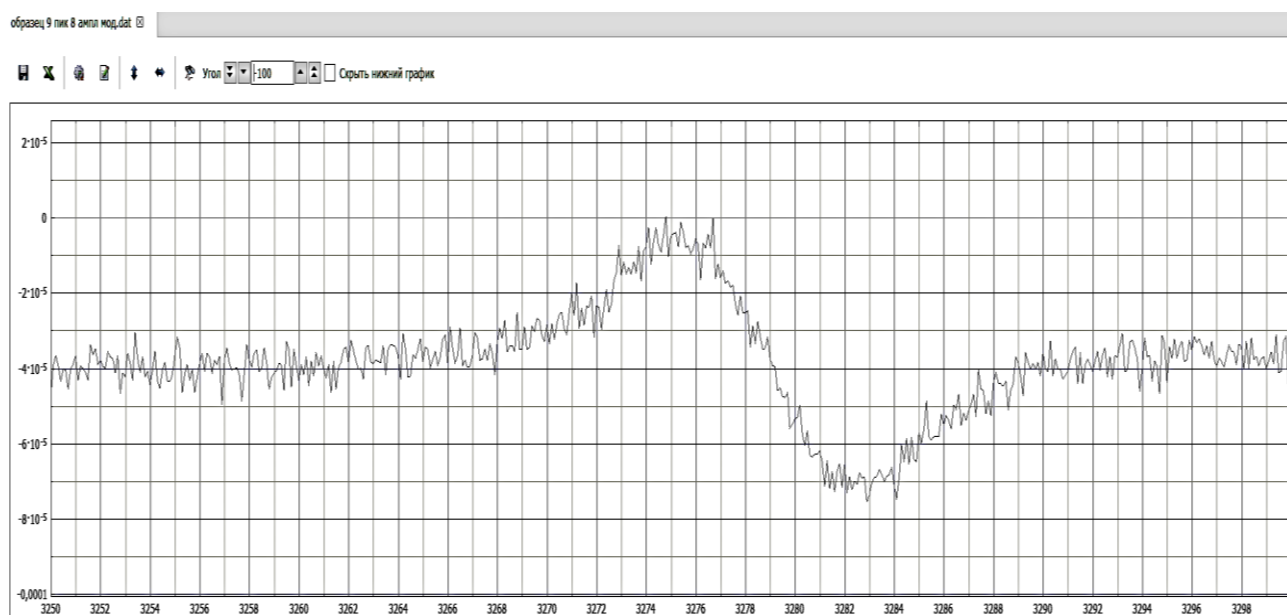


Рисунок 15 – ЭПР-спектр кожи охлажденной форели радужной импортного производства

Кожа охлажденной форели импортного производства имеет плавный спектр в магнитном поле от 3 275 до 3 281 Гс с амплитудой $6,86 \cdot 10^{-5}$, свидетельствующий об облучении исследуемого образца (g -фактор = 2,0046).

В результате проведенных исследований установлено, что охлажденная форель импортного производства обработана ионизирующим излучением, что подтверждено установлением ЭПР сигнала в костной ткани и кожи рыбы. Для определения доз облучения необходимо проводить дальнейшие исследования в этой области.

Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют, что импортная охлажденная рыба, поставляемая на потребительский рынок Свердловской области, обработана ионизирующим излучением. При этом информация, что пищевая продукция была подвергнута такому излучению, до потребителя не доводится.

Из анализа литературных данных следует, что низкие дозы (0,25–0,5 кГр) ионизирующего излучения подавляют рост мезофильных аэробных, факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, плесени и дрожжей; доза 3 кГр при обработке мяса и мясопродуктов продлевает их срок хранения на 14 дней при температуре хранения 0...–3° С; доза $\geq 4,5$ кГр снижает микробиологическую обсемененность, но приводит к образованию продуктов радиолиза, снижению содержания жирных кислот и тиамин (В₁), смещению рН в кислую среду и появлению неспецифических запахов [145].

Важнейшими преимуществами радиационной обработки пищевых продуктов перед традиционными способами является существенное увеличение их срока годности, а также низкие энергетические и финансовые затраты.

Вместе с тем среди ученых нет единого мнения о рекомендуемых дозах облучения рыбы и в целом оправданности широкомасштабного применения радиационной обработки пищевых продуктов и продовольственного сырья.

Несмотря на это с 1992 г. в 60 странах мира разрешена обработка ионизирующим излучением мяса и рыбы дозами не более 10 кГр – безопасная доза, определенная решением объединенного Комитета экспертов ФАО/МАГАТЭ/ВОЗ. Облученная пищевая продукция идентифицируется по маркировке знаком «радура». Следует отметить, что часть облученных пищевых продуктов зарубежного происхождения поставляется в Россию и реализуется на отечественном потребительском рынке, не имея соответствующей маркировки [88; 125; 177], хотя согласно требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (п. 73) при маркировке рыбной продукции в случае использования ионизирующего излучения следует указывать «информацию об использовании ионизирующего излучения».

С 1 января 2016 г. в нашей стране введен основополагающий межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых про-

дуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением», а также ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань».

В области обработки пищевой продукции действуют следующие стандарты:

– ГОСТ Р ИСО 13493-2005 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань»;

– ГОСТ Р 52829-2007 «Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих кристаллический сахар»;

– ГОСТ Р 53186-2008 «Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих целлюлозу»;

– EN 1786:1996 «Продукты питания Детектирование облученных продуктов питания, содержащих кости, методом ЭПР-спектроскопии»;

– EN 1787:2000 «Продукты питания Детектирование облученных продуктов питания, содержащих целлюлозу, методом ЭПР-спектроскопии»;

– EN 13708:2001 «Продукты питания Детектирование облученных продуктов питания, содержащих кристаллический сахар, методом ЭПР-спектроскопии».

Согласно ГОСТ Р 52529-2006 и другим нормативным документам можно установить только факт облучения/необлучения мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань, но не дозу облучения. В связи с этим разработка методики количественного определения поглощенной дозы охлажденной рыбы своевременна и актуальна.

Метод ЭПР является общепринятым для выявления факта облучения пищевых продуктов. Спектроскопия ЭПР заключается в следующем: под воздействием ионизирующего излучения происходит изменение спинов электронов (магнитный

момент электрона) и появляется аналитический сигнал – ЭПР-спектр, фиксируемый с помощью спектрометра.

Проведены исследования по разработке методики количественного определения дозы ионизирующего излучения методом ЭПР для охлажденной форели.

Для разработки методики охлажденную форель подвергали радиационной обработке дозами 3; 9; 10; 12 кГр.

За основу разработки методики взяты основные положения ГОСТ Р 52529-2006 «Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясopодуKтов, содержащих костную ткань».

Разработанная методика подготовки ОКТ для исследований отличается увеличением продолжительности сушки до 24 ч в отличие от требований ГОСТ Р 52529-2006, что позволяет получить устойчивые ЭПР-спектры и, соответственно, достоверные результаты.

Разработанная методика подготовки ОКТ следующая: предварительно позвоночник рыбы очищают от мышечной ткани, сушат в сушильном шкафу при температуре 39–40 °С в течение 24–30 ч до содержания остаточной влаги 3–4 %, охлаждают, выдерживают при комнатной температуре в течение 30–40 мин, измельчают до размера отдельных фрагментов не более 0,5×0,5×0,5 мм общей массой не менее 0,05 г.

Исследуемые образцы костной ткани взвешивают с точностью до третьего десятичного знака и помещают в промаркированные стеклянные пробирки.

На рисунке 16 представлен ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 3 кГр (g -фактор $2,0047 \pm 0,0001$).

После облучения образцов охлажденной рыбы дозой 3 кГр в диапазоне поля 3260-3290 Гс амплитуда пика составила $3,28 \pm 0,01 \text{ e-5}$, ширина сигнала ($10,81 \pm 0,02$) Гс и площадь пика $1,367 \pm 0,004 \text{ e-4}$ ($p \leq 0,05$).

На рисунке 17 представлен ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 9 кГр.



Рисунок 16 – ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 3 кГр (g-фактор $2,0047 \pm 0,0001$)

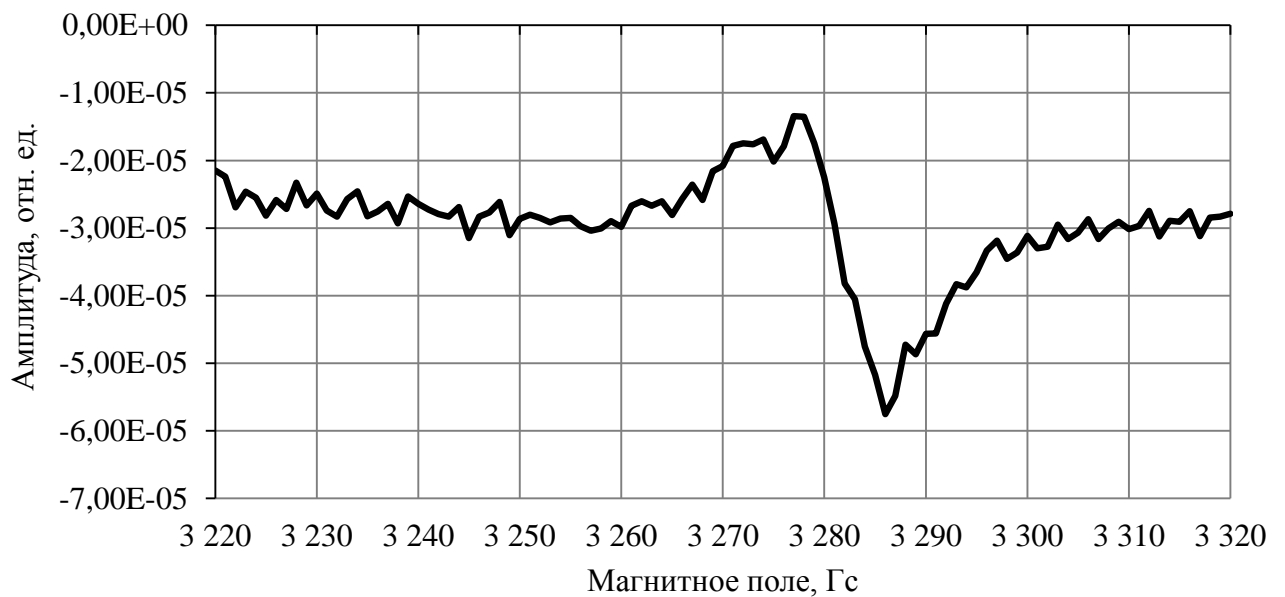


Рисунок 17 – ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 9 кГр (g-фактор $2,0032 \pm 0,0001$)

Облучение форели дозой 9 кГр (рисунок 17) приводит к изменению параметров ЭПР-спектра: отмечено повышение амплитуды пика на 30 % (до $4,29 \pm 0,01 \text{ e-5}$), уменьшение ширины на 20 % (до $8,65 \pm 0,01 \text{ Гс}$) и увеличение площади пика

на 2,3 % до $1,380 \pm 0,00083 \text{ e-4}$ ($p \leq 0,05$) по сравнению со спектром ОКТ рыбы, облученных дозой 3 кГр.

На рисунке 18 представлен ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 10 кГр.

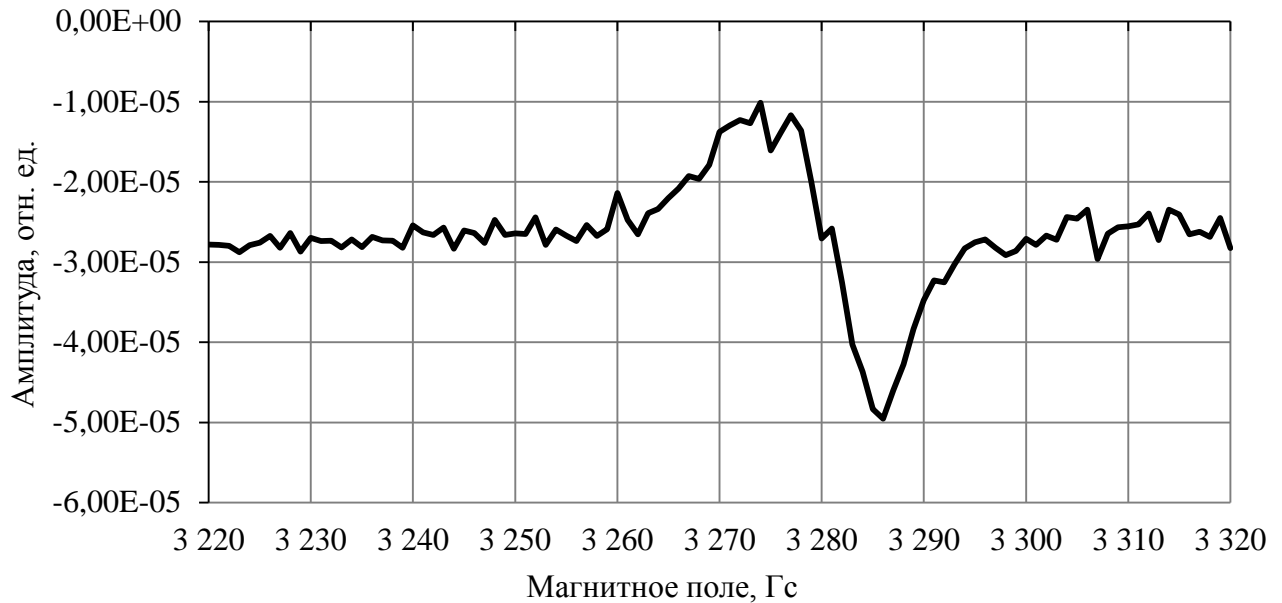


Рисунок 18 – ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 10 кГр (g-фактор $2,0047 \pm 0,0001$)

После облучения форели дозой 10 кГр отмечается снижение амплитуды пика ЭПР-спектра ОКТ на 9,6 % до $3,88 \pm 0,01 \text{ e-5}$, увеличение ширины сигнала на 36,2 % до $(11,78 \pm 0,01) \text{ Гс}$ и площади пика на 12,9 % до $1,558 \pm 0,00844 \text{ e-4}$ ($p \leq 0,05$) в сравнении с ЭПР-спектром ОКТ форели, облученной дозой 9 кГр.

На рисунке 19 показан ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 12 кГр.

Установлено уменьшение амплитуды пика ЭПР-спектра ОКТ форели, облученной дозой 12 кГр, на 11,3 % до значения $3,44 \pm 0,07 \text{ e-5}$ и увеличение сигнала на 8,1 % до $12,74 \pm 0,05 \text{ Гс}$, увеличение площади пика на 10,5 % до $1,722 \pm 0,00025 \text{ e-4}$ ($p \leq 0,05$) в сравнении с ЭПР-спектром ОКТ форели, облученной дозой 10 кГр.

Множественный коэффициент корреляции (поглощенная доза – доза облучения – площадь сигнала) охлажденной форели составляет 0,96. Зависимость из-

менения поглощенной дозы от дозы излучения и от площади сигнала для ОКТ форели приведена на рисунке 20.

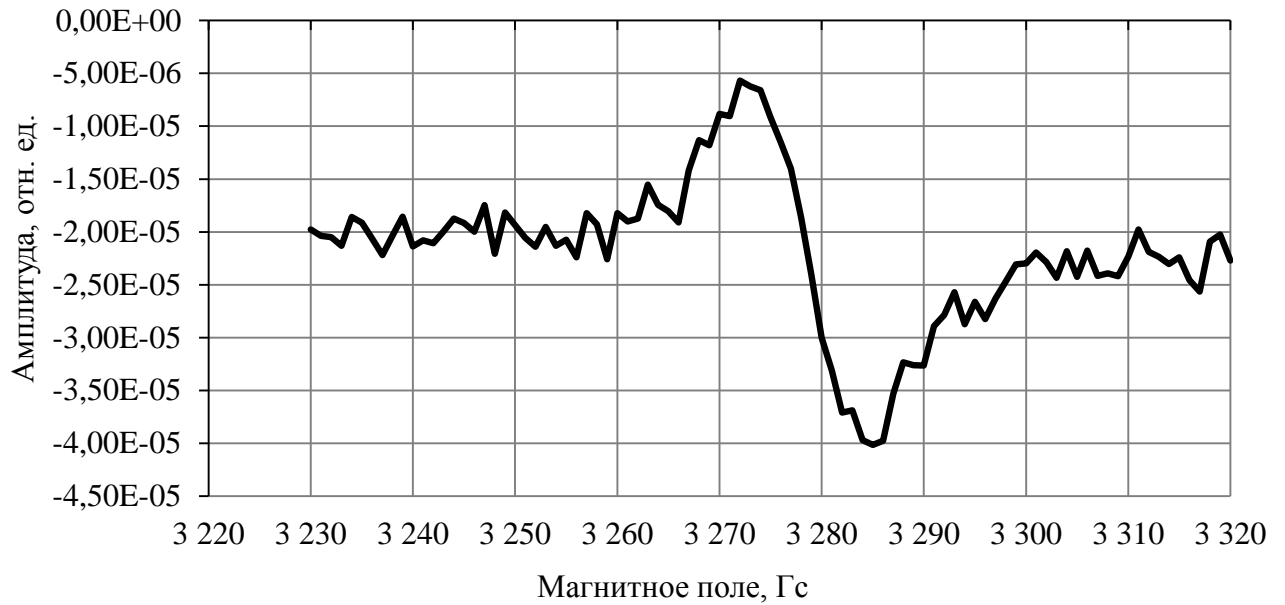


Рисунок 19 – ЭПР-спектр ОКТ форели радужной охлажденной, облученной дозой 12 кГр (g-фактор $2,0047 \pm 0,0001$)

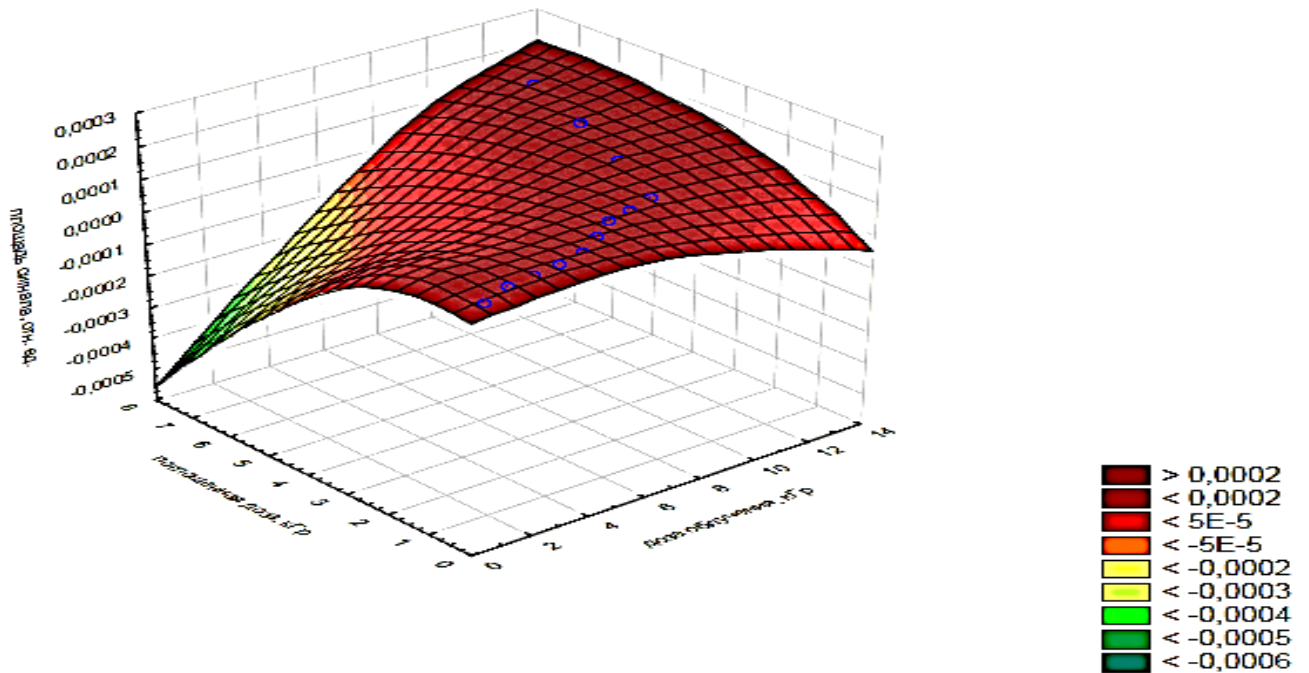


Рисунок 20 – Зависимость изменения поглощенной дозы (Y) от дозы излучения (X_1) и от площади сигнала (X_2) для ОКТ рыбы ($Y = -13,7797 + 0,121923X_1 + 105588,3X_2$)

В результате проведенных исследований установлено, что при увеличении дозы облучения охлажденной форели с 3 до 12 кГр возрастает амплитуда ЭПР спектра на 4,2, площадь на 25,3 и ширина пика на 17,8 % ($p \leq 0,05$).

Установлена корреляционная зависимость увеличения площади ЭПР-сигнала от дозы облучения – 0,78. Коэффициент корреляции по поглощенной дозе составил 0,97.

Поглощенная доза с повышением дозы облучения имеет тенденцию к увеличению, что подтверждается площадью под линией сигнала ЭПР-спектра.

Разработанная методика определения дозы облучения костной ткани путем расчета амплитуды, ширины и площади пика ЭПР-спектра позволяет с высокой степенью достоверности ($p \leq 0,05$) определить дозу облучения (допустимое изменение амплитуды, ширины и площади сигнала на уровне ± 4 % при $D > 1$) для форели радужной:

– при облучении дозой 3 кГр амплитуда составляет $3,28 \cdot 10^{-5}$, ширина – 10,81 Гс, площадь пика – $1,367 \cdot 10^{-4}$;

– при облучении дозой 9 кГр: амплитуда – $4,29 \cdot 10^{-5}$, ширина – 8,6 Гс, площадь пика – $1,380 \pm 0,00083 \cdot 10^{-4}$;

– при облучении дозой 10 кГр: амплитуда – $3,88 \cdot 10^{-5}$, ширина – 11,78 Гс, площадь пика – $1,558 \cdot 10^{-4}$;

– при облучении дозой 12 кГр: амплитуда пика – $3,44 \pm 0,07 \cdot 10^{-5}$, ширина – 12,74 Гс, площадь пика – $1,722 \cdot 10^{-3}$.

Полученные результаты исследований имеют большое значение в формировании нормативной базы Российской Федерации в рамках актуализации требований европейских и международных стандартов по безопасности и обеспечению качества рыбы.

3.3.1 Определение рациональной дозы ионизирующего облучения форели охлажденной в вакуум-упаковке для увеличения ее срока годности

Совместно с кандидатом сельскохозяйственных наук Р. Т. Тимаковой проведены исследования по влиянию обработки ионизирующим излучением форели охлажденной на ее срок годности.

Для эксперимента сформировали четыре группы форели охлажденной потрошенной без головы IV квартала, предварительно упаковав рыбу в вакуумную упаковку. В первой группе (контрольной) образцы охлажденной форели ионизирующим излучением не обрабатывали; опытные образцы второй группы обрабатывали ионизирующим излучением в дозе 1 кГр, третьей группы – 2 кГр, четвертой группы – 3 кГр. Выбор доз облучения обусловлен анализом научно-технической информации, в которой рекомендуется облучать рыбу дозами от 1 до 2,5 кГр. Облучение проводили в Центре радиационной стерилизации (ЦРС) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.

Свежесть охлажденной форели оценивали через 0; 10; 20; 30 и 39 суток хранения согласно МУК 4.2.1847-04 «Методы контроля. Биологические микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания».

В таблице 12 представлена органолептическая оценка контрольных и опытных образцов охлажденной форели, облученной дозой 1 кГр, через 0; 10; 20; 30 и 39 сут хранения.

Из данных таблицы 12 следует, что обработка охлажденной форели ионизирующим излучением в дозе 1 кГр позволяет увеличить ее срок годности до 39 сут. Так, охлажденная рыба после 39 сут хранения при температуре 0...–2 °С имела чистую, естественной окраски поверхность, плотную консистенцию и свойственный свежей рыбе запах. Аналогичные результаты получены при обработке рыбы ионизирующим излучением в дозах 2 и 3 кГр.

Таблица 12 – Органолептические показатели форели охлажденной а вакуумной упаковке, обработанной ионизирующим излучением (1), в процессе хранения

Образец рыбы	Показатель			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Фон (0 сут хранения)				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт (обработка 1 кГр)	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 10 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт (обработка 1 кГр)	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 20 сут хранения				
Контроль	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Опыт (обработка 1 кГр)	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Через 30 сут хранения				
Контроль	Поверхность тусклая, покрыта мутной слизью. Жабры темного цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Мягкая	Слабо выраженный, неприятный
Опыт (обработка 1 кГр)	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Продолжение таблицы 12

Образец рыбы	Показатель			
	Внешний вид	Разделка	Консистенция	Запах
Через 39 сут хранения				
Контроль	Поверхность покрыта слизистой пленкой и плесенью	Потрошенная с головой	Дряблая, расслаивающаяся	Гнилостный, несвойственный данному виду рыбы
Опыт (обработка 1 кГр)	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Потрошенная с головой	Плотная	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков

Таким образом, облучение рыбы в дозе 1–3 кГр способствует обеспечению высоких органолептических показателей на всем периоде хранения и увеличивает ее срок годности. В то же время по органолептической оценке не удалось определить рациональную дозу облучения.

Одним из показателей определения срока годности рыбы является сохранность белка в процессе хранения.

На рисунке 21 представлена динамика содержания белка в контрольных и опытных образцах мышечной ткани охлажденной форели, облученной дозой 1–3 кГр.

Из рисунка 21 видно, что обработка охлажденной рыбы положительно влияет на сохранность белка и, соответственно, пищевого продукта. Так, количество белка в процессе хранения в опытных образцах мышечной ткани всех четырех групп достоверно не изменилось, в то время как в контрольных образцах рыбы количество белка через 39 сут хранения стало ниже на 10,9 %, чем через 30 сут хранения, и составило 17,2 %.

Динамика содержания ААА в контрольных и опытных образцах охлажденной форели в процессе хранения представлена на рисунке 22.

Количество ААА в опытных образцах мышечной ткани форели 2-й, 3-й и 4-й групп через 39 сут хранения составило 14; 16 и 15 мг/100 г, что ниже контроля на 81,4; 83,7 и 82,5 % соответственно. В контрольных образцах рыбы содержание ААА через 30 и 39 суток хранения на уровне 43 и 86 мг%/100 г, соот-

ответственно. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии продуктов распада белка и сохранении белковых комплексов в мясе облученной форели.

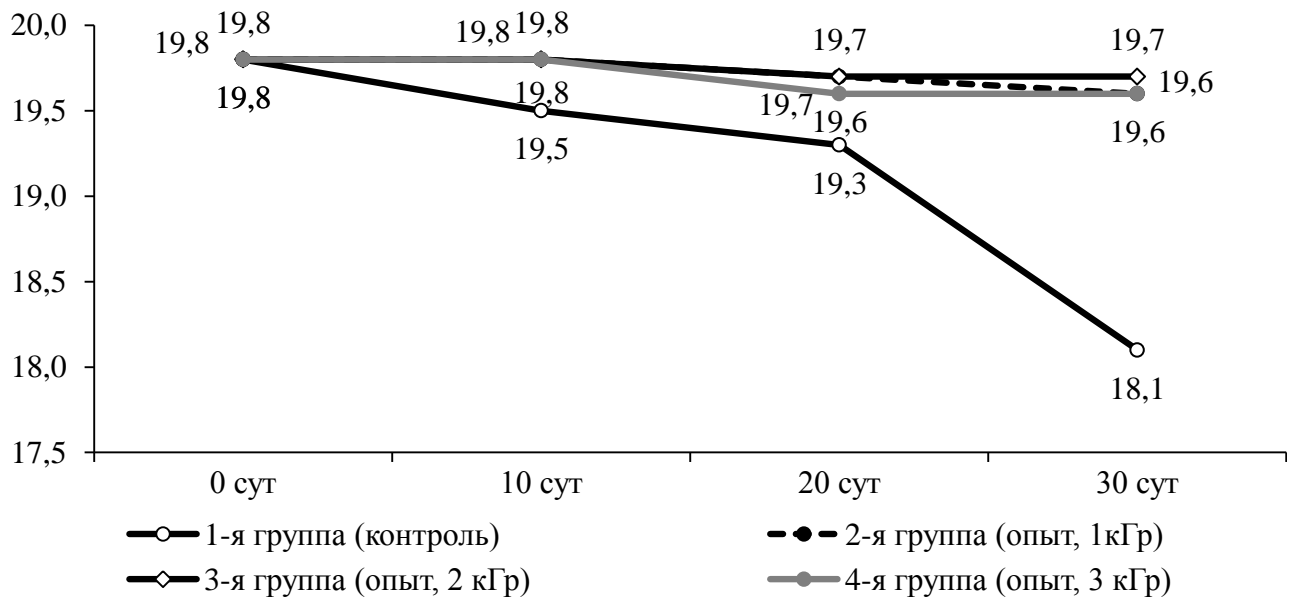


Рисунок 21 – Содержание белка в мышечной ткани форели охлажденной, облученной дозой 1–3 кГр, в процессе хранения, %

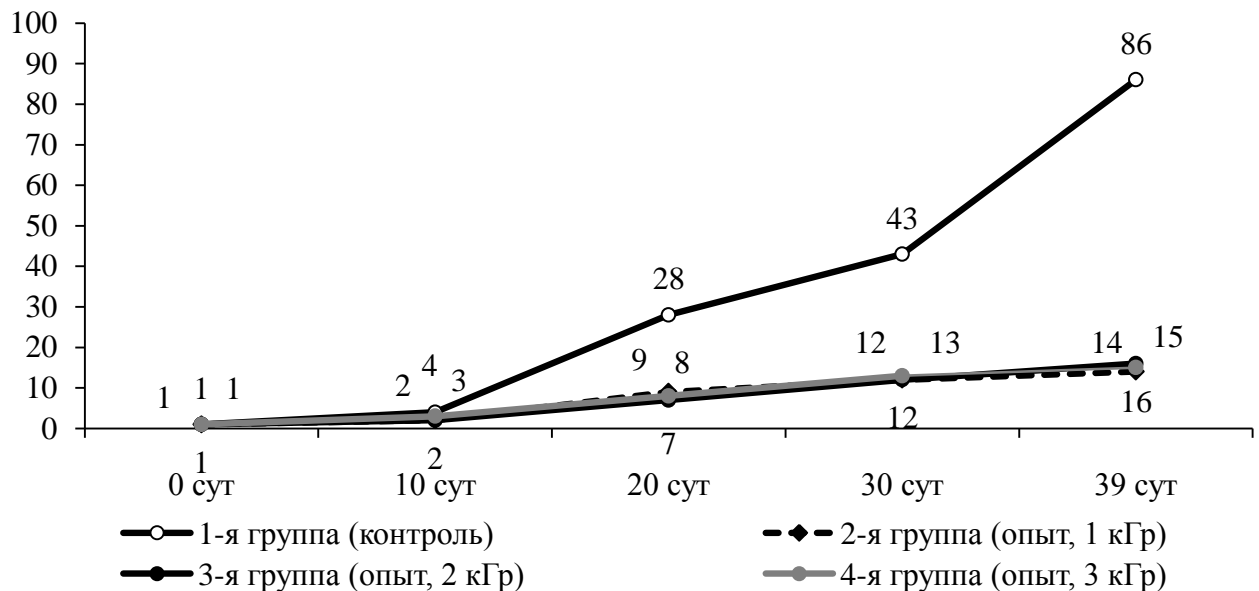


Рисунок 22 – Содержание ААА в мышечной ткани форели охлажденной, облученной дозой 1–3 кГр, мг/100 г

Таким образом, облучение рыбы способствует сохранению белка в процессе хранения и увеличивает ее срок годности.

На срок годности охлажденной рыбы влияет скорость окислительных процессов липидов, об окислении которых судят по кислотному и перекисному числам.

Кислотное число липидов в опытных образцах второй, третьей и четвертой групп охлажденной форели через 39 сут холодильного хранения составляет 3,0; 3,2 и 3,4 мг КОН/г при норме для свежей рыбы не более 4,0 мг КОН/г, что ниже контрольной группы (7,4 мг КОН) на 59,5; 56,7 и 54,1 % соответственно.

Перекисное число через 39 сут хранения в образцах форели второй, третьей и четвертой групп на уровне 4,2; 4,9 и 5,3 ммоль активного кислорода/кг, что ниже контрольной группы (9,1 мг КОН) на 53,8; 46,2 и 41,8 % соответственно. Следует отметить, с увеличением дозы облучения охлажденной рыбы увеличивается кислотное и перекисное числа липидов. Так, перекисное число липидов охлажденной форели, облученной дозой 3 кГр, через 20; 30 и 39 сут хранения выше, чем у рыбы, облученной дозой 1 кГр, на 33,3; 22,7 и 13,3 % соответственно; перекисное число выше на 26,6; 22,8 и 16,7 %. На основании проведенных исследований установлено, что рациональной дозой облучения охлажденной форели является доза 1 кГр. Разница между группами достоверна ($p \leq 0,05$).

На рисунках 23 и 24 представлена динамика кислотного и перекисного чисел липидов в процессе хранения контрольных и опытных образцов охлажденной форели, облученной дозой 1–3 кГр.

Проведены исследования микробиологических показателей в процессе хранения контрольных и опытных образцов охлажденной форели, облученной дозой 1–3 кГр, на соответствие требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (таблица 13).

В результате проведенных исследований установлено, что ионизирующее излучение действует бактерицидно начиная с дозы 1 кГр. Так, после 39 сут хранения все опытные образцы охлажденной форели соответствовали требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», в то время как в контрольных образцах

охлажденной форели через 39 сут КМАФАнМ составляло $7 \cdot 10^5$ КОЕ/г, что превышает требования ТР ЕАЭС 040/2016 и ТР ТС 021/2011.

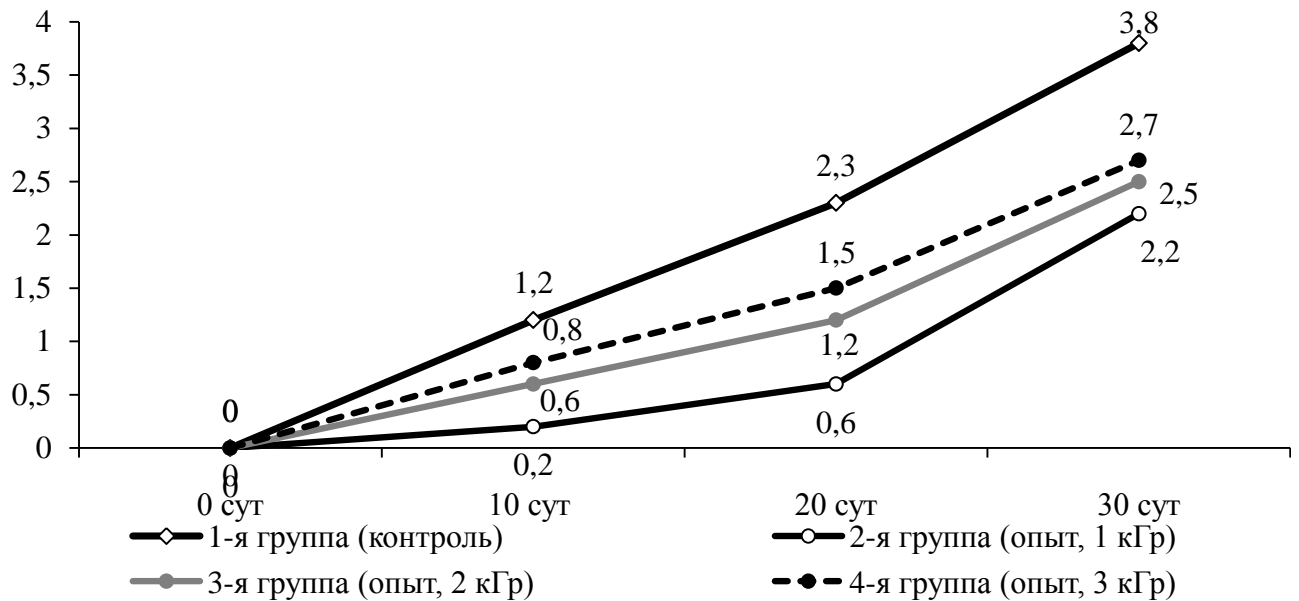


Рисунок 23 – Кислотное число липидов в процессе хранения форели охлажденной, облученной дозой 1–3 кГр, мг КОН/г

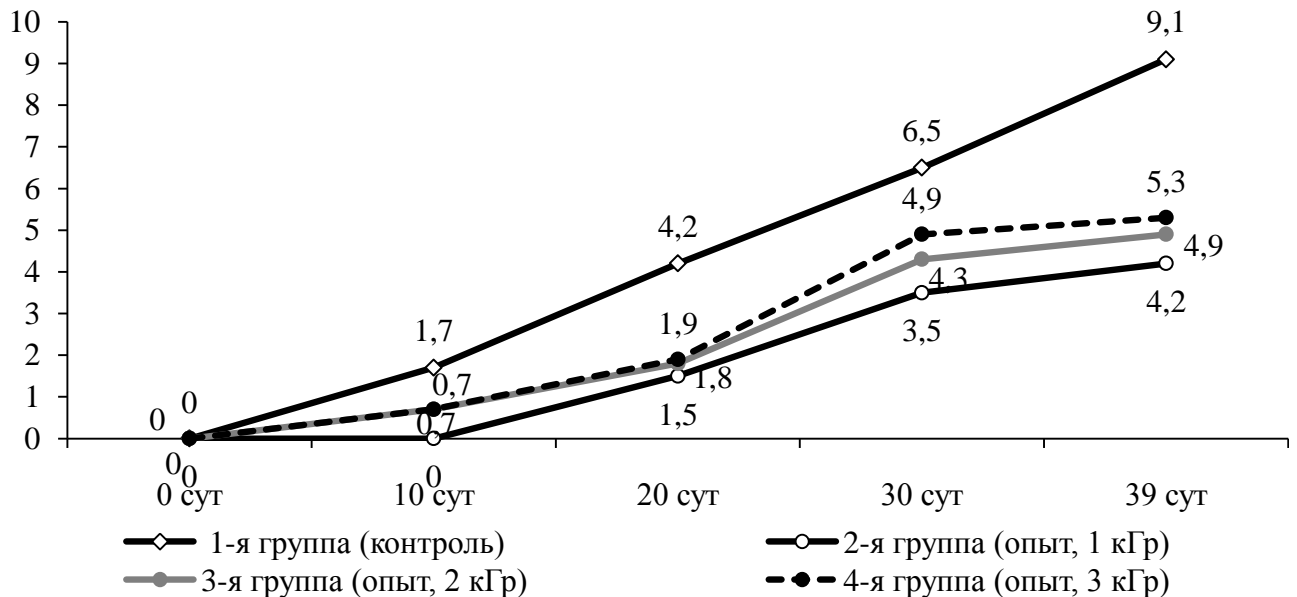


Рисунок 24 – Перекисное число липидов в процессе хранения форели охлажденной, облученной дозой 1–3 кГр, ммоль активного кислорода/кг

Таблица 13 – Микробиологические показатели форели охлажденной, облученной дозой 1–3 кГр, в процессе хранения

Группа	Показатель			
	КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта, г	<i>V. parahaemoliticus</i> , не более, КОЕ/г
	Допустимый уровень по ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»			
	1·10 ⁴	0,001	0,01	100
Фон (0 сут хранения)				
1-я группа (контроль)	1·10	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
4-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 10 сут хранения				
1-я группа (контроль)	1·10 ²	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
4-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 20 сут хранения				
1-я группа (контроль)	1·10 ³	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
4-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 30 сут хранения				
1-я группа (контроль)	3·10 ⁴	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
4-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
Через 39 сут хранения				
1-я группа (контроль)	7·10 ⁵	Не выделены	Не выделены	Не выделены
2-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
3-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены
4-я группа	Не выделены	Не выделены	Не выделены	Не выделены

Все исследуемые образцы охлажденной форели по содержанию токсических элементов соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 (таблица 14).

Таким образом, облучение охлажденной форели в дозах 1–3 кГр увеличивает ее срок годности на 50 % с 20 до 30 сут с учетом коэффициента запаса. На основа-

нии проведенных исследований рациональной дозой облучения следует считать дозу в 1 кГр.

Таблица 14 – Содержание токсичных элементов в форели охлажденной, облученной дозой 1–3 кГр, в процессе хранения

Группа	Токсичный элемент			
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, мг/кг, не более			
	1,0	1,0	0,2	0,3
Через 39 сут хранения				
1-я группа (контроль)	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена
2 группа	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена
3 группа	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена
4 группа	0,1	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружена

3.4 Оценка эффективности использования чешуйчатого льда из электроактивированной воды, обработки высоким давлением, ионизирующим излучением и установление срока годности и режима хранения рыбы охлажденной при применении разработанных методов

Проведены исследования по оценке уровня качества рыбы при использовании технологий хранения: охлаждающей среды – чешуйчатый лед из электроактивированной воды, обработки высоким давлением и ионизирующим излучением для увеличения ее сроков хранения.

Оценка уровня качества – это совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми. Уровень качества является относительной характеристикой качества продукции, основанной на сравнении значений показателей качества оцениваемого товара с базовыми значениями соответствующих показателей [21; 112].

Для оценки использовались полученные данные исследования качества рыбы охлажденной контрольных и опытных образцов в конце срока хранения. Комплексную оценку показателей качества охлажденной рыбы проводили по методике И. Б. Береговой [8]. Значения показателей качества охлажденной рыбы при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Значения показателей качества охлажденной рыбы при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды

Показатель качества	Коэффициент весомости, g^i	Абсолютные значения показателей			Относительный показатель качества			Взвешенные значения показателей		
		$X_{\text{баз}}$	$X_{\text{факт}}$	$X_{\text{мин}}$	$P_{\text{баз}}$	$P_{\text{факт}}$	$P_{\text{мин}}$	g^{i*} $P_{\text{баз}}$	g^{i*} $P_{\text{факт}}$	g^{i*} $P_{\text{мин}}$
Внешний вид (+)	0,1	2	2	0,5	1	1	0,25	0,1	0,1	0,03
Консистенция (+)	0,1	2	3	1	1	1,5	0,5	0,1	0,15	0,05
Запах (+)	0,1	2	3	1	1	1,5	0,5	0,1	0,15	0,05
Содержание белка, % (+)	0,1	13,3	17	10	1	1,28	0,75	0,1	0,13	0,08
Содержание ААА, мг/100г (-)	0,1	85	18	85	1	0,21	1	0,1	0,02	0,1
Кислотное число липидов, мг КОН (-)	0,1	2,8	0,4	5	1	0,14	1,79	0,1	0,01	0,1
Перекисное число липидов, ммоль активного кислорода/кг (-)	0,1	5,4	0,8	2	1	0,14	0,37	0,1	0,01	0,04
Микробиологические показатели (-)	0,3	3,0	1	0	1	0,33	0	0,3	0,1	0
<i>Итого</i>	<i>1</i>	–	–	–	–	–	–	<i>1</i>	<i>0,67</i>	<i>0,45</i>

В качестве базовых показателей выбраны стандартные (цвет, консистенция и др.) и дополнительные, используемые при оценке свежести (содержание белка, аминокислотного азота и др.).

При оценке качества рыбы приоритетными являются микробиологические показатели, поэтому коэффициент их весомости составляет 0,3, у органолептических и физико-химических показателей – 0,1. Из данных таблицы 15 видно, что исследуемые образцы охлажденной рыбы при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды можно признать качественными, так как сумма исследуемых взвешенных значений показателей качества (микробиологические по-

казатели, внешний вид, консистенция, запах, содержание белка, ААА, кислотное и перекисные числа) составляет 0,67 и входит в интервал качества от 1 до 0,45.

Проведенными ранее исследованиями установлено, что рациональным для увеличения срока хранения охлажденной рыбы является ее обработка давлением в 600 МПа. В связи с этим расчет значений показателей качества охлажденной рыбы проводили при обработке ее давлением 600 МПа (таблица 16).

Таблица 16 – Значения показателей качества охлажденной рыбы, обработанной давлением 600 МПа

Показатель качества	Коэффициент весомости, g^i	Абсолютные значения показателей			Относительный показатель качества			Взвешенные значения показателей		
		$X_{\text{баз}}$	$X_{\text{факт}}$	X_{min}	$P_{\text{баз}}$	$P_{\text{факт}}$	P_{min}	g^{i*} $P_{\text{баз}}$	g^{i*} $P_{\text{факт}}$	g^{i*} P_{min}
Внешний вид (+)	0,1	2	2	0,5	1	1	0,25	0,1	0,1	0,03
Консистенция (+)	0,1	2	3	1	1	1,5	0,5	0,1	0,15	0,05
Запах (+)	0,1	2	3	1	1	1,5	0,5	0,1	0,15	0,05
Содержание белка, % (+)	0,1	14,2	16,4	10	1	0,87	0,71	0,1	0,07	0,07
Содержание ААА, мг/100 г (-)	0,1	85	24	85	1	0,28	1	0,1	0,03	0,1
Кислотное число липидов, мг КОН (-)	0,1	8,9	3,6	5	1	0,4	0,56	0,1	0,04	0,06
Перекисное число липидов, ммоль активного кислорода/кг (-)	0,1	9,5	4,8	5	1	0,5	0,53	0,1	0,05	0,05
Микробиологические показатели (-)	0,3	3,0	1	0	1	0,33	0	0,3	0,1	0
<i>Итого</i>	<i>1</i>	–	–	–	–	–	–	<i>1</i>	<i>0,69</i>	<i>0,41</i>

Из данных таблицы 16 видно, что образцы охлажденной рыбы, обработанной давлением 600 МПа, являются качественными. Общее значение всех исследуемых показателей качества составляет 0,69 при базовом 1 и минимальном 0,41. Следует отметить, что уровень качества рыбы охлажденной, обработанной высоким давлением, выше на 3 % в сравнении с рыбой, хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды.

Значения показателей качества охлажденной рыбы, обработанной рациональной дозой ионизирующего излучения (1 кГр), представлены в таблице 17.

Образцы исследуемой охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением в рациональной дозе, составляющей 1 кГр, являются качественными

так как взвешенные значения показателей качества и суммарный уровень качества входят в интервал качества от 1 до 0,42.

Таблица 17 – Значения показателей качества охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением в дозе 1 кГр

Показатель качества	Коэффициент весомости, g^i	Абсолютные значения показателей			Относительный показатель качества			Взвешенные значения показателей		
		$X_{\text{баз}}$	$X_{\text{факт}}$	X_{min}	$X_{\text{баз}}$	$X_{\text{факт}}$	X_{min}	$X_{\text{баз}}$	$X_{\text{факт}}$	X_{min}
Внешний вид (+)	0,1	2	2	0,5	1	1	0,25	0,1	0,1	0,03
Консистенция (+)	0,1	2	3	1	1	1,5	0,5	0,1	0,15	0,05
Запах (+)	0,1	2	3	1	1	1,5	0,5	0,1	0,15	0,05
Содержание белка, % (+)	0,1	17,2	19,6	10	1	0,88	0,59	0,1	0,09	0,06
Содержание ААА, мг/100 г (-)	0,1	85	15	85	1	0,18	1	0,1	0,02	0,1
Кислотное число липидов, мг КОН (-)	0,1	7,4	3,0	5	1	0,41	0,68	0,1	0,04	0,07
Перекисное число липидов, ммоль активного кислорода/кг (-)	0,1	9,1	4,2	5	1	0,46	0,55	0,1	0,05	0,06
Микробиологические показатели (-)	0,3	3,0	1	0	1	0,33	0	0,3	0,1	0
<i>Итого</i>	<i>1</i>	–	–	–	–	–	–	<i>1</i>	<i>0,70</i>	<i>0,42</i>

Сравнительная оценка уровня качества рыбы охлажденной при использовании различных технологий ее хранения представлена на рисунке 25.

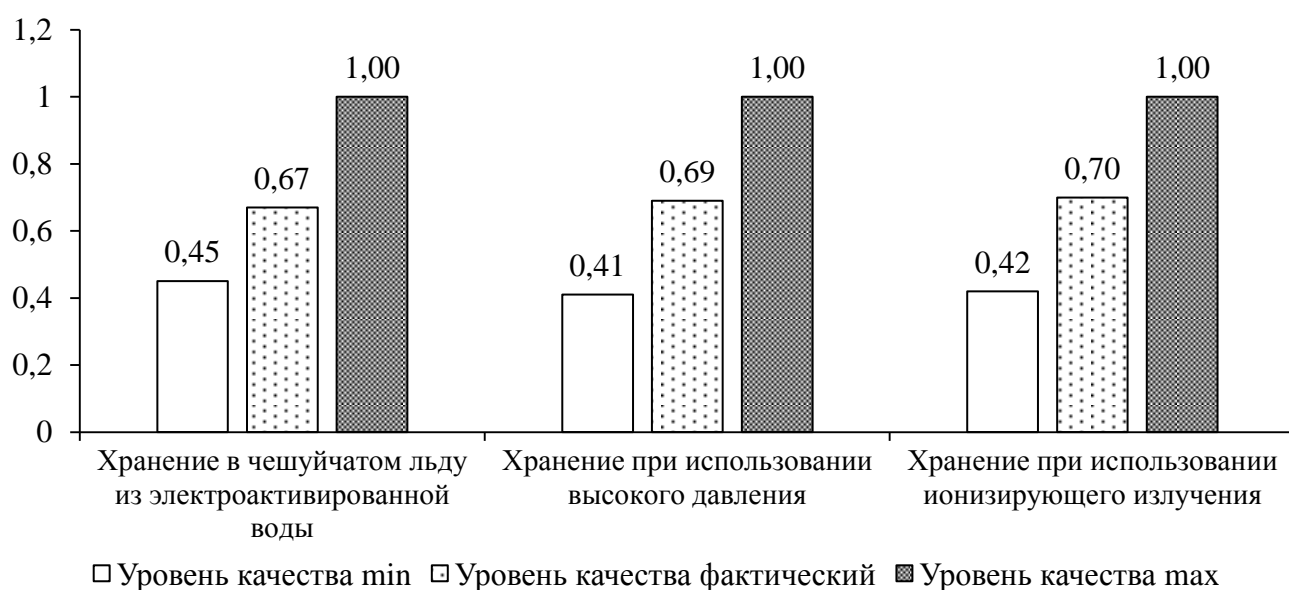


Рисунок 25 – Сравнительная оценка уровня качества рыбы охлажденной при использовании предлагаемых технологий

Из рисунка 25 видно, что фактический уровень качества охлажденной рыбы, хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды, обработанной давлением и ионизирующим излучением, составляет соответственно 0,67; 0,69 и 0,7.

Уровень качества охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением, выше в сравнении с уровнем качества рыбы, хранившейся в чешуйчатом льду и обработанной высоким давлением, на 4,4 и 3,0 % соответственно.

Таким образом, из анализа полученных результатов следует, что технология обработки охлажденной рыбы ионизирующим излучением в дозе 1 кГр является перспективной и имеет преимущества в сравнении с другими предложенными технологиями хранения (хранение в чешуйчатом льду и обработка высоким давлением).

На основании проведенных исследований установлены регламентируемые показатели качества, срок годности и режим хранения охлажденной рыбы, обработанной высоким давлением, ионизирующим излучением и хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды (таблица 18).

Таблица 18 – Регламентируемые показатели качества рыбы охлажденной при использовании предлагаемых технологий

Показатель	Охлажденный карп при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды и обработанный высоким давлением	Охлажденная форель, обработанная ионизирующим излучением
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски
Разделка	Рыба неразделанная	Потрошенная, без головы
Консистенция	Плотная	Плотная
Запах	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков
Кислотное число, не более, мг КОН	4,0	4,0
ААА, не более, мг/100 г	40	40
КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$

Продолжение таблицы 18

Показатель	Охлажденный карп при хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды и обработанный высоким давлением	Охлажденная форель, обработанная ионизирующим излучением
БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,001	0,001
<i>S. aureus</i> , не допускается в массе продукта, г	0,01	0,01
<i>V. parahaemolyticus</i> , не более, КОЕ/ г	100	100

Установлен срок годности и режим хранения охлажденной рыбы: обработанной высоким давлением и ионизирующим излучением – не более 30 сут при температуре хранения 0...–2 °С; хранившейся в чешуйчатом льду из электроактивированной воды – не более 15 сут при температуре хранения 0...–2 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований доказана целесообразность использования физических факторов предварительной обработки – чешуйчатого льда из электроактивированной воды как охлаждающей среды, высокого давления и ионизирующего излучения – для увеличения срока хранения рыбы охлажденной. Полученные результаты способствуют решению важной народнохозяйственной задачи – увеличению срока годности пищевых продуктов на примере карпа обыкновенного и форели радужной.

По результатам исследований сделаны следующие выводы.

1. Доказано положительное влияние охлаждающей среды – чешуйчатого льда из электроактивированной воды с рН 3,2–3,5 на показатели качества охлажденной рыбы на примере карпа обыкновенного при его хранении в соотношении массы рыбы и льда 2:1. Срок годности карпа обыкновенного охлажденного при хранении в чешуйчатом льду из питьевой электроактивированной воды увеличивается на 25 % с 12 до 15 сут.

2. Установлено положительное влияние обработки карпа обыкновенного охлажденного в вакуум-упаковке высоким давлением 600–800 МПа в течение 300 с на качество и безопасность в процессе хранения. Органолептические показатели рыбы охлажденной в сравнении с контролем соответствовали норме, содержание белка в мышечной ткани рыбы выше на 15,5 и 16,2 %, ААА ниже на 71,8 и 69,4 %, кислотное число жира ниже на 59,5 и 53,9 %, перекисное число жира ниже на 49,5 и 40,0 % при предварительной обработке ее давлением в 600 и 800 МПа соответственно.

3. Определена зависимость параметров амплитуды, ширины и площади пика ЭПР-спектра от дозы облучения рыбы: при облучении дозой 3–9 кГр амплитуда составляет 3,28–4,29 е-5, ширина – 10,81–8,61 Гс, площадь пика – 1,367–1,380 е-4, что позволяет количественно определить дозу облучения рыбы с точностью 95 %.

4. Обработка форели охлажденной в вакуум-упаковке дозами 1–3 кГр увеличивает ее срок хранения на 50 % с 20 до 30 сут. Установлено, что органолептические показатели форели охлажденной, обработанной дозой 1 кГр, через 39 сут хранения при температуре 0...–2 °С соответствуют норме, количество белка в мышечной ткани рыбы выше на 10,9 %, ААА ниже на 81,4 %, кислотное число жира ниже на 54,1 %, перекисное число жира ниже на 41,8 % в сравнении с контролем, микробиологические показатели соответствуют норме. Повышение дозы облучения охлажденной рыбы с 1 до 3 кГр увеличивает кислотное и перекисное числа липидов на 13,3 и 16,7 % соответственно, что позволяет считать рациональной дозой обработки охлажденной форели 1 Гр.

5. Дана оценка качества рыбы охлажденной при использовании предложенных физических методов предварительной обработки. Установлено, что качество рыбы охлажденной, обработанной ионизирующим излучением, выше по сравнению с хранением ее в чешуйчатом льду из электроактивированной воды и после обработки высоким давлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, М. П. Использование электрохимически активированной воды в производстве рыбной продукции / М. П. Андреев, Д. В. Мелехин // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 1999. – № 2. – С. 33.
2. Андреев, М. П. Перспективные направления развития современной рыбообработки / М. П. Андреев // Рыбное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 46.
3. Андреев, М. П. Повышение качества рыбной продукции главный фактор стабилизации производства / М. П. Андреев // Рыбная промышленность. – 2003. – Т. 4. – С. 30.
4. Андрюхин, А. В. Исследование качества охлажденного филе трески (*Gadus morhua*), изготовленного из мороженого сырья различных сроков хранения / А. В. Андрюхин, М. П. Андреев // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 111–115.
5. Антуфьев, В. Т. Стерилизация печеного хлеба гамма-излучением и электронами высокой энергии / В. Т. Антуфьев, Г. Н. Слабыня, А. С. Громцев // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2009. – № 1. – С. 60–63.
6. 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.
7. Бабанская, Н. Г. Управление качеством : учеб. пособие / Н. Г. Бабанская, О. В. Голуб. – Кемерово : КемТИПП, 2005. – 112 с.
8. Береговая, И. Б. Управление качеством: практикум / И. Б. Береговая. – Оренбург : ОГИМ, 2009. – 94 с.
9. Богданов, В. Д. Современные технологии производства соленой продукции из сельди тихоокеанской и лососевых : монография / В. Д. Богданов, М. В. Благоднравова, Н. С. Салтанова. – Петропавловск-Камчатский : Новая книга, 2007. – 240 с.

10. Богерук, А. К. Аквакультура России: состояние и возможности для бизнеса / А. К. Богерук // Рыбное хозяйство, его роль в современной экономике, факторы роста, риски, проблемы и перспективы развития : тез. докл. науч.-практ. конф. в рамках Междунар. выставки «Интерфиш-2009». – М. : ВНИРО, 2009. – С. 31–32.

11. Ваганов, Е. Г. Влияние процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты цыплят-бройлеров разной стрессоустойчивости на окислительные изменения мяса / Е. Г. Ваганов, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 1(30). – С. 11–15.

12. Ваганов, Е. Г. Применение посолочных рассолов на основе электроактивированной воды в технологии производства мясопродуктов / Е. Г. Ваганов, С. Л. Тихонов, Д. Сазонова // Здоровье человека и экологически чистые продукты питания – 2014 : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Орел, 31 октября 2014 г.). – Орел : Госуниверситет – УНПК, 2014. – С. 21–26.

13. Васенина, Е. Е. Окислительный стресс в патогенезе нейродегенеративных заболеваний: возможности терапии / Е. Е. Васенина, О. С. Левин // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2013. – № 3–4. – С. 39–46.

14. Васильев, А. М. Импортозамещение в рыбной отрасли / А. М. Васильев // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2016. – № 8(341). – С. 100–110.

15. Винникова, Л. Г. Применение высокого давления в качестве альтернативы тепловой обработки мяса птицы / Л. Г. Винникова, И. А. Прокопенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 10(75). – С. 31–36.

16. Воронин, М. И. Современная модель системы сохранения качества продовольствия и сырья биологического происхождения / М. И. Воронин // Холодильная техника. – 2009. – № 6. – С. 15–18.

17. Вяткин, А. В. Влияние качества продуктов питания на формирование здоровья населения Свердловской области / А. В. Вяткин, О. В. Чугунова // Меж-

дународная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 83–85.

18. Гайковская, Л. Б. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты: лабораторные методы в оценке их многофакторного действия / Л. Б. Гайковская // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2010. – Т. 8, № 4. – С. 3–14.

19. Галиуллина, Р. Р. Исследование потребительской удовлетворенности рынка рыбы и рыбопродукции в республике Башкортостан / Р. Р. Галиуллина // Вестник Самарского государственного университета. – 2013. – № 1(102). – С. 32–36.

20. Гнездилова, А. И. Исследование активности воды в водных растворах некоторых сахаров / А. И. Гнездилова, Т. Ю. Бурмагина // Молочнохозяйственный вестник. – 2014. – № 4(16). – С. 63–68.

21. Голуб, О. В. Удовлетворенность потребителей – инструмент управления качеством продукции / О. В. Голуб, А. В. Габинский // Дни науки – 2016 : сб. тр. VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 60-летию Сибирского университета потребительской кооперации : в 2 ч. – Новосибирск : Сибирский университет потребительской кооперации, 2016. – С. 156–159.

22. Горбунова, Н.А. Перспективы применения технологии ионизирующего облучения мяса и мясных продуктов / Н.А. Горбунова // Мясная индустрия, 2016. - № 10. С. 36-38.

23. Горлов, И. Ф. Увеличение сроков хранения охлажденного мяса DFD-свойствами высокими атмосферным давлением / И. Ф. Горлов, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Туризм: гостеприимство, спорт, индустрия питания : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Сочи : Сочинский государственный университет, 2015. – С. 155–158.

24. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

25. ГОСТ 26669-85. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов.

26. ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб.

27. ГОСТ 31746-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*.

28. ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

29. ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физико-химических показателей.

30. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа.

31. ГОСТ 814-96. Рыба охлажденная. Технические условия.

32. ГОСТ ISO/TS 21872-1-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод обнаружения потенциального энтеропатогенных *Vibrio* spp. Часть 1. Обнаружение бактерий *Vibrio parahaemolyticus* и *Vibrio cholera* (с поправкой).

33. ГОСТ Р 51487. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа.

34. ГОСТ Р 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

35. ГОСТ Р 52857.2-2007. Сосуды и аппарата. Нормы методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.

36. ГОСТ Р ИСО/АСТМ 51431-2012. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов электронными пучками и рентгеновским (тормозным) излучением.

37. Государственная программа «Развитие рыбохозяйственного комплекса», утв. постановлением Правительства от 15 апреля 2014 г. № 314 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gov.garant.ru/document?id=70544222&byPara=1..>

38. Гощанская, М. Н. Активность воды растворов фруктозы / М. Н. Гощанская, Е. А. Фетисов, А. Н. Петров, И. А. Радаева, С. Н. Туровская, А. Г. Галстян // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 3(18). – С. 100–106.

39. Гребенюк, А. А. Особенности химического состава и показатели свежести лососевых рыб аквакультуры Норвегии и Карелии / А. А. Гребенюк, Ю. Г. Базарнова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012. – № 2. – С. 12.

40. Громов, И. А. Формирование улучшенных потребительских свойств охлажденной рыбы путем совершенствования характеристик охлаждающей среды: дис. ... канд. техн. наук / И. А. Громов. – М., 2010. – 202 с.

41. Громова, В. Инновации в технологии производства охлажденной рыбы / В. Громова // Рыба и морепродукты. – 2010. – № 2. – С. 15–16.

42. Дементьева, Н. В. Аналитические исследования современных технологий производства рыбных пресервов / Н. В. Дементьева, А. С. Ильиных // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2015. – № 35. – С. 125–130.

43. Дементьева, Н. В. Молоки лососевых как сырье для получения белково-липидных эмульсий / Н. В. Дементьева, В. Д. Богданов, Н. А. Буненкова // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2010. – Ч. 2. – С. 34–37.

44. Дементьева, Н. В. Сравнительное исследование технохимических и функционально-технологических свойств молок промысловых рыб / Н. В. Дементьева, Е. Ю. Воропаева // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2014. – № 179. – С. 279–286.

45. Дементьева, Н. В. Характеристика молок сельди тихоокеанской как сырья для промышленного использования / Н. В. Дементьева, Е. Ю. Воропаева // Инновации и современные технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – С. 66–70.

46. Дроздова, Н.А. Применение ионизирующего и неионизирующего излучения в пищевой промышленности / Н.А. Дроздова, А.С. Дыдыкин, Н.А. Горбунова, А.А. Семенова // Все о мясе, 2017. - № 1. С. 16-20.

47. Дроздова, Л. И. Биохимическая характеристика мышечной ткани глубоководных рыб как источника свободных аминокислот и биогенных пептидов / Л. И. Дроздова, Т. Н. Пивненко, Е. П. Караулова, А. П. Ярочкин // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2007. № 150. – С. 383–390.

48. Елисеев, А. Канадский лед теперь в России, «Жидкий лед» от SUNWELL / А. Елисеев // Пищевая индустрия. – 2012. – № 5(14). – С. 66–68.

49. Заворохина, Н. В. Обзор методов обработки результатов органолептической оценки / Н. В. Заворохина, Н. А. Леонтьева // Пища. Экология. Качество : тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 410–415.

50. Заворохина, Н. В. Современные подходы к описательной терминологии в органолептическом анализе / Н. В. Заворохина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 6(41). – С. 81–85.

51. Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2013 г. и задачи на 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://fish.gov.ru/files/documents/ob_agentstve/kollegiya/Materialy_k_zasedaniyu_Kollegii_Itoги_deyatelnost_i_Federalnogo_agentstva_po_rybolovstvu_v_2013_godu_i_zadachi_na_2014_god.pdf.

52. Кадрицкая, Е. А. Система продовольственной безопасности: основные направления / Е. А. Кадрицкая, О. В. Чугунова // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. (Кемерово, 30 ноября 2016 г.). – Кемерово : Западно-Сибирский научный центр, 2016. – С. 106–109.

53. Калитин, К. В. Холодильная обработка – залог качества рыбы / К. В. Калитин // Холодильная техника. – 2010. – № 1. – С. 32–35.

54. Карх, Д. А. Актуальные подходы к формированию социально ориентированного продовольственного рынка : монография / Д. А. Карх, О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина. – Новосибирск, 2016. – 186 с.

55. Кашеваров, Н. И. Совершенствование научного обеспечения пищевой промышленности АПК Сибири / Н. И. Кашеваров, О. К. Мотовилов // Пища. Экология. Качество : тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 10–12.

56. Ким, Г. Н. Полиэлектролитные комплексы в продуктах из водных биологических ресурсов / Г. Н. Ким, Т. М. Сафронова, С. Н. Максимова, Д. В. Полещук // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 38–39.

57. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания : пер. с англ. – М. : Изд-во «Весь Мир», 2007. – 24 с.

58. Колупаева, Е. А. Современный взгляд на рыбий жир / Е. А. Колупаева, Л. М. Беляева // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. – 2013. – № 5(5). – С. 100–106.

59. Константинова, Л. Л. Сырье рыбной промышленности : учеб. пособие / Л. Л. Константинова, С. Ю. Дубровин. – СПб. : Гиорд, 2005. – 237 с.

60. Костюк, В. А. Биорадикалы и биоантиоксиданты / В. А. Костюк, А. И. Потапович. – Минск : БГУ, 2004. – 179 с.

61. Кудряшов, Л. С. Обработка охлажденного мяса высоким давлением и сроки хранения / Л. С. Кудряшов, А. Б. Лисицын, С. Л. Тихонов // Мясная индустрия. – 2016. – № 2. – С. 37–40.

62. Кудряшов, Л. С. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для исследования рыбы / Л. С. Кудряшов, Р. Т. Тимакова, С. Л. Тихонов, А. С. Романова // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2017. – № 1. – С. 9–12.

63. Кулагина, М. А. Использование новых консервантов при производстве пресервов / М. А. Кулагина, Т. В. Николук // Вестник Камчатского политехнического техникума. – 2011. – № 4 (4-11). – С. 39–43.

64. Лаженцева, Л. Ю. Биотестирование рыбных продуктов с пищевыми добавками / Л. Ю. Лаженцева, Л. В. Шульгина, Г. И. Загородная, О. В. Зимина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2009. – № 1. – С. 108–110.

65. Лапшина, А. А. Производство желированных мясных продуктов с использованием электроактивированной воды, содержащей ионы серебра / А. А. Лапшина, Н. В. Тихонова, С. Л. Тихонов // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производства : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 23 апреля 2014 г.). – Благовещенск, 2014. – С. 101–103.

66. Леонтьева, Н. А. Качество пищевых – необходимое условие социального ориентированного рынка / Н. А. Леонтьева, Н. В. Заворохина // Труды Уральского государственного экономического университета сборник научных статей : в 2 т. Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016. – Т. 1. – С. 137–143.

67. Максимова, С. Н. Перспективные способы охлаждения гидробионтов / С. Н. Максимова, Е. В. Суровцева, Е. В. Федосеева, Д. В. Полещук, С. Ю. Пономаренко // Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. – 2016. – Вып. 38, № 2. – С. 82–87.

68. Максимова, С. Н. Хитозан в технологии рыбных продуктов: характеристика, функции, эффективность : монография / С. Н. Максимова, Т. М. Сафронова. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2010. – 256 с.

69. Малишевский, А. А. Влияние предварительной обработки высоким давлением растительного сырья на процесс экстракции / А. А. Малишевский, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Пища. Экология. Качество : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 243–247.

70. Маслова, Г. В. Реология рыбы и рыбных продуктов / Г. В. Маслова. А. М. Маслов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 214 с.

71. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – [Б. м.] : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 32 с.

72. Неверов, Е.Н. Исследование процесса охлаждения неразделанной промысловой форели диоксидом углерода / Е.Н. Неверов // Ползуновский вестник. - 2014. - № 4-2. - С. 132-136.

73. Неверов, Е.Н. Охлаждение рыбы снегообразным диоксидом углерода / Е.Н. Неверов // Вестник Международной академии холода. - 2014. - № 2. - С. 53-57.

74. Неверов, Е.Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки рыбы / Е.Н. Неверов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2016. - №4 (115). - С.125-131.

75. О безопасности пищевой продукции ТР ТС 021/2011: технический регламент Таможенного союза, утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880.

76. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г. : указ Президента Рос. Федерации от 12 мая 2009 г. № 537.

77. Пастушкова, Е. В. Формирование ассортимента продуктов с заданными потребительскими свойствами на рынке г. Екатеринбурга / Е. В. Пастушкова, Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 287.

78. Пасько, О. В. Разработка новых технологий кисломолочных и молоко-содержащих продуктов функционального питания / О. В. Пасько // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 68–69.

79. Петриченко, Л. К. Влияние ионизирующих излучений на продукты питания / Л. К. Петриченко, А. Г. Васильева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 95–98.

80. Поротникова, Е. Ю. Влияние параметров приготовления соленой рыбопродукции, упакованной в модифицированной газовой среде, на скорость протеолиза мышечной ткани / Е. Ю. Поротникова, А. Л. Бочарова-Лескина, М. П. Андреев // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2017. – № 45. – С. 176–185.

81. Почапинский, В. И. Современное состояние проблем радиационной обработки пищевых продуктов / В. И. Почапинский, К. П. Грешных, В. И. Трофимов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1993. – № 5–6. – С. 5–9.

82. Романова, А. С. Использование метода парамагнитного резонанса для оценки безопасности пищевой продукции / А. С. Романова, Л. С. Кудряшов, С. Л. Тихонов, А. Н. Тарарков // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 260–261.

83. Романова, А. С. Анализ и перспективы рынка рыбы и рыбной продукции / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Пища. Экология. Качество : сб. ст. XII Междунар. конф. – М., 2015. – С. 135–139.

84. Романова, А. С. Анализ потребительского рынка рыбы на примере Свердловской области / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Л. С. Кудряшов // Международная научно-практической конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 261–262.

85. Романова, А. С. Анализ рынка рыбы и рыбной продукции / А. С. Романова, С. Л. Тихонов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 1(131). – С. 80–85.

86. Романова, А. С. Барообработка охлажденной рыбы как способность увеличения ее срока годности / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 14. – С. 217–225.

87. Романова, А. С. Использование высокого давления при хранении охлажденной рыбы / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2016. – Т. 4, № 3. – С. 22–27.

88. Романова, А. С. Перспективы использования ионизирующего излучения для увеличения сроков годности охлажденной рыбы / А. С. Романова, Л. С. Кудряшов, С. Л. Тихонов // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. – 2016. – С. 261–263.

89. Романова, А. С. Потребительский рынок рыбы: состояние и перспективы / А. С. Романова // Продовольственный рынок, состояние, перспективы. Угрозы : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2015. – С. 73–79.

90. Романова, А. С. Проблемы рыбоводства на основе анализа отраслевого рынка / А. С. Романова, С. Л. Тихонов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 338–341.

91. Романова, А. С. Увеличение продолжительности хранения охлажденной рыбы / А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Потребительский рынок XXI века: стратегии, технологии, инновации : сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Хабаровск, 2016. – С. 202–206.

92. Российский статистический ежегодник. 2016 : стат. сб. – М. : Росстат, 2016. – 725 с.

93. Россия в цифрах. 2016 : крат. стат. сб. – М. : Росстат, 2016. – 543 с.

94. Рощина, Е. Как рыба об лед / Е. Рощина // Рыба и морепродукты. – 2009. – № 1(45). – С. 49–51.

95. Рыбохозяйственный комплекс России в 2007 г. (Белая книга). – М. : ВНИЭРХ, 2008. – 152 с.

96. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест : Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.

97. СанПиН 2.1.4.2496-09. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения : изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01. – М. : Роспотребнадзор, 2009. – 15 с.

98. Саяпина, Т. А. Размерно-массовый и химический состав некоторых видов мезопелагических рыб / Т. А. Саяпина, Е. С. Чупикова, Л. Г. Бояркина // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2008. – С. 329–334.

99. Семенов, Б. Н. Современные технологии холодильной обработки рыбы / Б. Н. Семенов // Техника и технологии пищевых производств на рубеже XXI ве-

ка : материалы науч.-практ. конф. – Калининград : Калининградский ГТУ, 2002. – С. 57–59.

100. Способ консервации рыбы : патент 2426436 Рос. Федерация : МПК А23В4/08 / Лапшин В. Д. ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет». – № 2009149785/13 ; заявл. 31.12.2010 ; опубл. 20.08.2011, Бюл. 23.

101. Способ консервирования рыбы : патент 2398399 Рос. Федерация : МПК 7 А23В4/06 / Харенко Е. Н., Цвылев О. П., Артемов Р. В., Бедина Л. Ф. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». – № 2009108446/13 ; заявл. 11.03.2009 ; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 25.

102. Способ получения замороженных продуктов: патент 2352127 Рос. Федерация : МПК А23В4/10, А23Р1/08 / Бирюков Н. А. ; заявитель и патентообладатель Бирюков Николай Анатольевич. – № 2007138153/13 ; заявл. 16.10. 2007 ; опубл. 20.04.2009, Бюл. № 11.

103. Способ приготовления слабосоленой рыбопродукции из несозревающих видов рыб: патент 1745179 Рос. Федерация: МКИ 5 А23В4/02 / Купина Н. М., Слуцкая Т. Н., Стародубцева Н. Б., Румянцев Г. М., Зубов А. Г. – № 221419 ; опубл. 20.03.2012, бюл. № 11.

104. Способ формирования защитного покрытия для хранения объектов водных биологических ресурсов с использованием модифицированных защитных покрытий: патент 2490915 Рос. Федерация: МПК-8 А23В4/10 / Бредихина О. В., Евтушенков М. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств». – № 2011153245/13 ; заявл. 27.12.2011 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24.

105. Способ формирования защитного покрытия для хранения рыбной продукции: патент № 2297151 Рос. Федерация: МПК А23В 4/10, А23Р 1/08 / Маслова Г. В., Сподобина Л. А., Красавцев В. Е., Нудьга Л. А., Петрова В. А., Бочек А. М., Панарин Е. Ф. ; заявитель и патентообладатель ФГУП «Государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуа-

тации флота «ГИПРОРЫБФЛОТ». – № 2005119909/13 ; заявл. 27.06.2005 ; опубл. 20.04.2007, Бюл. № 11.

106. Способ хранения охлаждения и консервирования рыбы: патент 2297150 Рос. Федерация: МПК, А23В 4/08 / Виноградова Е. Г., Харенко Е. Н., Радакова Т. Н.: заявитель и патентообладатель ФГУП «ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии». № 2005121700/13 ; заявл. 12.07.2005 ; опубл. 20.04.2007, Бюл. № 11.

107. Способ хранения рыбы: патент 2264134 Рос. Федерация: МПК А23L1/325 / Семенов Б. Н., Анохина О. Н., Притыкина Н. А., Киселев В. И.; заявитель и патентообладатель Калининградский государственный технический университет. – № 2004117377/13 ; заявл. 07.06.2004 ; опубл. 20.11.2005, Бюл. № 32.

108. Способ хранения рыбы: патент 2571920 Рос. Федерация: МПК А23В4/00 / Романова А. С., Ваганов Е. Г., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Чугунова О. В., Позняковский В. М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Уральский государственный экономический университет». – № 2014146345 ; заявл. 18.11.2014 ; опубл. 27.12.2015, Бюл. № 36.

109. Степаненко, Е. Н. Применение пищевых добавок в технологии формованной рыбной продукции с промежуточной влажностью / Е. Н. Степаненко, М. П. Андреев, Б. Л. Нехамкин // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2016. – № 42. – С. 138–146.

110. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник / под ред. А. М. Ершова. – СПб.: Гиорд, 2006. – 944 с.

111. Тимакова, Р. Т. Исследование охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением / Р. Т. Тимакова, А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 456–460.

112. Тимакова, Р. Т. Оценка радиационной безопасности пищевых продуктов методом парамагнитного резонанса / Р. Т. Тимакова, А. С. Романова, А. В. Курдюмов, А. Н. Тарарков // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 9(60). – С. 83–88.

113. Тихонов, С. Л. Защита прав потребителя и фальсификация пищевых продуктов, реализуемых на территории Свердловской области / С. Л. Тихонов, А. В. Ахлюстина, Н. В. Тихонова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 109–114.

114. Тихонов, С. Л. К вопросу питания населения Свердловской области / С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – № 12. – С. 35–38.

115. Тихонов, С. Л. Разработка новой безконсервантной технологии сохранения пищевой продукции на примере охлажденного мясного сырья / С. Л. Тихонов, А. В. Смирнова, А. Ю. Волков // Пища. Экология. Качество: тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 307–312.

116. Тихонова, Н. В. Новый эффективный способ увеличения срока хранения вареных колбас в торговой сети / Н. В. Тихонова, С. В. Кабатов // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 12(79). С. 60–62.

117. 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.

118. Тупикина, Е.Н. Формирование рынка рыбы и морепродуктов в Дальневосточном федеральном округе / Е. Н. Тупикина // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. – № 23 – С. 24–28.

119. Харенко, Е. Н. Оборудование и технологии охлаждения и замораживания рыбы. Основные проблемы холодильной обработки рыбного сырья / Е. Н. Харенко, Р. В. Артемов // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. 2010. – № 4. – С. 5–9.

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

121. Хатко, З. Н. Полимерные композиции для пленок пищевого назначения (обзор) / З. Н. Хатко, А. А. Ашинова // Новые технологии. – 2016. – № 1. – С. 30–34.

122. Хитозан : сб. ст. / под ред. К. Г. Скрыбина, В. П. Варламова, С. Н. Михайлова. – М. : Центр «Биоинженерия» РАН, 2013. – 593 с.

123. Чеснокова, Е. С. Россия на мировом рынке рыбы и морепродуктов / Е. С. Чеснокова // Международная торговля и торговая политика. – 2016. – № 3(7). – С. 72–81.

124. Чиж, Т. В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности / Т. В. Чиж, Г. В. Кузьмин, Л. П. Полякова, Т. В. Мельникова // Вестник Российской академии естественных наук. – 2011. – № 4. – С. 44–49.

125. Чугунова, О. В. Оценка потребительского рынка продовольственных товаров на примере Свердловской области / О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина, В. В. Фозилова // Управленец. – 2012. – № 7–8. – С. 16–20.

126. Чугунова, О. В. Региональные аспекты и тенденции состояния и здоровья человека / О. В. Чугунова // Пища. Экология. Качество : тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). – Красноярск, 2016. – С. 416–421.

127. Шепелев, А. Ф. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров / А. Ф. Шепелев, И. А. Печенежская. – М. : Изд-во «Мир», 2004. – 530 с.

128. Abbas, K. A. The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review / K. A. Abbas, A. M. Saleh, A., Mohamed, O. Lasekan // Journal of Food, Agriculture and Environment. – 2009. – Vol. 7. – P. 86–90.

129. Adebawale, B. A. Comparative quality assessment of fish (*Clarias gariepinus*) smoked with cocoa pod husk and three other different smoking materials / B. A. Adebawale, L. N. Dongo, C. O. Jayeola, S. B. Orisajo // Journal of Food Technology. – 2008. – Vol. 20(6). – P. 5–8.

130. Ahn, J. Inactivation kinetics of selected aerobic and anaerobic bacterial spores by pressure-assisted thermal processing / J. Ahn, V. M. Balasubramaniam, A. E. Yousef // International Journal of Food Microbiology. – 2007. – Vol. 113(3). – P. 321–329.

131. Amos, B. Analysis of quality deterioration at critical steps/points in fish handling in Uganda and Iceland and suggestions for improvement [Electronic resource] / B. Amos. – United Nations University at Uganda, 2007. – URL : www.unuftp.is/static/fellows/document/amos06prf.pdf.

132. Arannilewa, S. T. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galilaeus*) / S. T. Arannilewa, S. O. Salawu, A. A. Sorungbe1, B. B. Ola-Salawu // *African Journal of Biotechnology*. – 2005. – Vol. 4. – P. 852–855.

133. Arvanitoyannis, I. S. Impact of irradiation on fish and seafood shelf life: A comprehensive review of applications and irradiation detection / I. S. Arvanitoyannis, A. Stratakos, E. Mente // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2009. – Vol. 49. – P. 68–112.

134. Arvanitoyannis, I. S. Irradiation applications in vegetables and fruits / I. S. Arvanitoyannis, A. Stratakos, P. Tsarouhas // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2009. – Vol. 49(5). – P. 427–462.

135. Augood, C Oily fish consumption, dietary docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid intakes, and associations with neovascular age-related macular degeneration / C. Augood, U. Chakravarthy, I. Young // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 2008. – Vol. 88(2). – P. 398–406.

136. Bai, Y. Changes of microscopic structure and shear force value of bovine and mutton skeletal muscle under hydrostatic high-pressure (HHP) treatment / Y. Bai, D., Zhao Y. Deligersong // *Fd. Sci. China*. – 2004. – Vol. 25(9). – P. 27–31.

137. Bandarra, N. M. Chemical composition and nutritional value of raw and cooked black scabbardfish (*Aphanopus carbo*) / N. M. Bandarra, I. Batista, M. L. Nunes // *Scientia Marina*. – 2009. – Vol. 73, Suppl. 2. – P. 105–113.

138. Berkel, B. M. Preservation of Fish and Meat. / B. M. Berkel, B. V. Boogaard, C. Heijnen. – Wageningen, The Netherlands : Agromisa Foundation, 2004. – 250 p.

139. Black, P. E. The combined effect of high pressure and nisin on inactivation of microorganisms in milk / P. E. Black, L. A. Kelly, F. G. Fitzgerald // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2005. – Vol. 6(3). – P. 286–292.

140. Bozza, P. T. Lipid droplets in inflammation and cancer / P. T. Bozza, J. P. B. Viola // Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. – 2014. – Vol. 90. – P. 159–167.
141. Bull, L. A. Interactive effects of pressure, temperature and time on the molecular structure of ovalbumin, lysozyme and β -lactoglobulin / L. A. Bull, C. J. Schaschke // High Pressure Research. – 2002. – Vol. 22. – P. 689–691.
142. Bull, M. K. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice / M. K. Bull, K. Zerdin, E. Howe, D. Goicoechea, P. Paramanandhan, R. Stockman, J. Sellahewa, E. A. Szabo, R. L., Johnson C. M. Stewart // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2004. – Vol. 5(2). – P. 135–149.
143. Butz, P. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment / P. Butz, R. Edenharder, A. Fernandez Garcia, H. Fister, C. Merkel, B. Tauscher // Food Research International. – 2002. – Vol. 35(2/3). – P. 295–300.
144. Calder, P. C. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? / P. C. Calder // British Journal of Clinical Pharmacology. – 2013. – Vol. 75, no. 3. – P. 645–662.
145. Chauhan, S. K. Detection methods for irradiated foods / S. K. Chauhan, R. Kumar, S. Nadanasabapathy, A. S. Bawa // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2006. – Vol. 8(1). – P. 4–16.
146. Chipley, J. R. Sodium Benzoate and Benzoic Acid / J. R. Chipley // Antimicrobials in Food / ed. by P. M. Davidson, J. N. Sofos, A. L. Branen. – 3rd edition. – CRC Press, 2005. – P. 11–48.
147. Christen, W. G. Dietary-3 fatty acid and fish intake and incident age-related macular degeneration in women / W. G. Christen, D. A. Schaumberg, R. J. Glynn, J. E. Buring // A.M.A. Archives of Ophthalmology. – 2011. – Vol. 129. – P. 921–929.
148. CSIRO Water Activity / Food and Nutritional Sciences Fact Sheet. – 2005. – URL : http://www.foodscience.afisc.csiro.au/water_fs.htm.

149. Erel, Y. Detection of irradiated quail meat by using DNA comet assay and evaluation of comets by image analysis / Y. Erel, N. Yazici, S. Özvatan, D. Ercin, N. Cetinkaya // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2009. – Vol. 78. – P. 776–781.

150. Erkan N. Alternative seafood preservation technologies: ionizing radiation and high pressure processing / N. Erkan, A. Günlü, I. Y. Genç // *Journal of Fisheries Sciences.com*. – 2014. – Vol. 8(3). – P. 238–251.

151. Evan, J. T. Preserving Foods through by destroying pathogenic and spoilage organisms while keeping food chemistry basically intact, high-pressure technology enables pasteurization of foods with minimal effects on taste, texture, appearance, or nutritional value / J. T. Evan, D. Farkas, V. M. (Bala) Balasubramaniam // *Food Technology*. – 2008. – Vol. 60. – P. 32–38.

152. Faber, T. A. Protein digestibility evaluations of meat and fish substrates using laboratory, avian, and ileally cannulated dog assays / T. A. Faber // *Journal of Animal Science*. – 2010. – Vol. 88. – P. 1421–1432.

153. Farag, K. W. A comparison of conventional and radio frequency defrosting of lean beef meats: Effects on water binding characteristics / K. W. Farag, E. Duggan, D. J. Morgan, D. A. Cronin, J. G. Lyng // *Meat Science*. – 2009. – Vol. 83. – P. 278–284.

154. Ferstl, C. High pressure processing: Insights on technology and regulatory requirements / C. Ferstl, P. Ferstl // *The national food lab*. – 2013. – Vol. – P. 1–6.

155. Food and Drug Act / Department of Justice, Canada. – URL : <http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/f-27>.

156. Gatek, J. Sentinel node biopsy and neoadjuvant chemotherapy in the treatment of breast cancer / J. Gatek, D. Vrana, L. Hnatek, J. Bakala, B Dudesek., J. Duben, T. Musil // *Journal of the Balkan Union of Oncology*. – 2012. – Vol. 17. – P. 265–270.

157. Genç, İ. Y. Elimination of foodborne pathogens in seafoods by irradiation: Effects on quality and shelf-life / İ. Y. Genç, A. Diler // *Journal of Food Science and Engineering*. – 2013. – Vol. 3. – P. 99–106.

158. Ghaly, A. E. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review / A. E. Ghaly, D. Dave, S. Budge, M. S. Brooks // *American Journal of Applied Sciences*. – 2010. – Vol. 7(7). – P. 859–877.

159. Gharibzahedi, S. M. Effect of novel bioactive edible coatings based on jujube gum and nettle oil-loaded nanoemulsions on the shelf-life of Beluga sturgeon filets / S. M. Gharibzahedi, S Mohammadnabi. // *Int J Biol Macromol*. – 2016. – Vol. 2. – P. 769–777.

160. Gomez-Estaca, J. Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation / J. Gomez-Estaca, A. Lopez de Lacey, M. E. Lopez-Caballero, M. C. Gomez-Guillen, P. Montero // *Food Microbiology*. – 2010. – Vol. 27, iss. 7. – P. 889–896.

161. Gominak, S. C. The world epidemic of sleep disorders is linked to vitamin D deficiency / S. C. Gominak, W. E. Stumpf // *Medical Hypotheses*. – 2012. – Vol. 79(2). – P. 132–135.

162. Griffin, N. Ozone extends seafood shelf-life / N. Griffin // *Seafood Processor*. – 2007. – Vol. 8. – P. 1–2.

163. Han, J. M. High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle / J. M. Han, D. A Ledward. // *Meat Science*. – 2004. – Vol. 68(3). – P. 347–355.

164. Handbook of Food Science, Technology and Engineering : in 4 vol. / ed. by Y. H. Hui. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2006. – 540 p.

165. Hansen, A. L. Fish consumption, sleep, daily functioning, and heart rate variability / A. L. Hansen, L. Dahl, G. Olson // *Journal of Clinical Sleep Medicine*. – 2015. – Vol. 10(5). – P. 567–575.

166. Hansen, A. L. Reduced Anxiety in Forensic Inpatients after a Long-Term Intervention with Atlantic Salmon / A. L. Hansen, G., Olson L. Dahl, D. Thornton, B. Grung, I. E Graff., L. Frøyland, J. F. Thayer // *Nutrients*. – 2014. – Vol. 6. – P. 5405–5418.

167. Harris, W. S. Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk: clinical and mechanistic perspectives / W. S. Harris, M. Miller, A. P. Tighe // *Atherosclerosis*. – 2008. – Vol. 197(1). – P. 12–24.

168. Hayman, M. Effects of high-pressure processing on the safety, quality, and shelf life of ready-to-eat meats / M. Hayman, I. Baxter, P. J. Oriordan, C. M. Stewart // *Journal of Food Protection*. – 2004. – Vol. 67(8). – P. 1709–1718.

169. Hazan, R. Benzoic acid, a weak organic acid food preservative, exerts specific effects on intracellular membrane trafficking pathways in *Saccharomyces cerevisiae* / R. Hazan, A. Levine, H. Abeliovich // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2004. – Vol. 70. – P. 4449–4457.

170. Heremans, K. The effect of high pressure on biomaterials / K. Heremans // *Ultra High Pressure Treatments of Foods* / ed. by M. G. Hendrickx, D. Knorr. – New York : Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. – P. 23–52.

171. Hernando-Sáiz, A. Advances in design for successful commercial high pressure food processing / A. Hernando-Sáiz, S. Tárrago-Mingo, F. Purroy-Balda, C. Samson-Tonello // *Food Australia*. – 2008. – Vol. 60(4). – P. 154–156.

172. Hewson, G. Personal communication / G. Hewson // *Avure Technologies*. – 2008. – No. 5. – P. 182–189.

173. Hosseini-nia, T. Effect of high hydrostatic pressure on the secondary structures of BSA and Apo- and holo- α -lactalbumin employing fourier transform infrared spectroscopy / T. Hosseininia, A. A. Ismail, S. Kubow // *Journal of Food Science*. – 2002. – Vol. 67. – P. 1341–1347.

174. Houicher, A. Effect of Natural Extracts (*Mentha spicata* L. and *Artemisia campestris*) on Biogenic Amine Formation of Sardine Vacuum-Packed and Refrigerated (*Sardina pilchardus*) Fillets / A. Houicher, E. Kuley, F. Özogul, B. Bendeddouche // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2015. – Vol. 39. – P. 2393–2403.

175. Huang, C. Lipid metabolism, apoptosis and cancer therapy / C. Huang, C. Freter // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2015. – Vol. 16. – P. 924–949.

176. Jonas, J. High-resolution nuclear magnetic resonance studies of proteins / J. Jonas // *Biochimica et Biophysica Acta*. – 2002. – Vol. 1595. – P. 145–159.

177. Jung, S. Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat / S. Jung, M. Ghoul, M. de Lamballerie-Anton // *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. – 2003. – Vol. 36(6). – P. 625–631.

178. Lavie, C. J. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases / C. J. Lavie, R. V. Milani, M. R Mehra., H. O. Ventura // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2009. – Vol. 54(7). – P. 585–594.

179. Lopez Caballe, M. E. Extension of the shelf life of prawns (*Penaeus japonicus*) by vacuum packaging and high-pressure treatment / M. E. Lopez Caballe, M. Perez Mateos, J. A. Borderias, P. Montero // *Journal of Food Protection*. – 2000. – Vol. 63(10). – P. 1381–1388.

180. López-Fandiño, R. Functional Improvement of Milk Whey Proteins Induced by High Hydrostatic Pressure / R. López-Fandiño // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2006. – Vol. 46. – P. 351–363.

181. Losada, V. Inhibition of chemical changes related to freshness loss during storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in slurry ice / V. Losada, C. Pineiro, J. Barros-Velazquez, S. P. Aubourg // *Food Chemistry*. – 2005. – Vol. 93. – P. 619–625.

182. Lövenklev, M. Quantitative interaction effects of carbon dioxide, sodium chloride and sodium nitrite on neurotoxin gene expression in nonproteolytic clostridium botulinum type B / M. Lövenklev, I. Artin, O. Hagberg, E. Borch, E. Holst, P. Rådström // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2004. – Vol. 70. – P. 2928–2934.

183. Lullien-Pellerin, V. High pressure as a tool to study some proteins' properties: conformational modification, activity and oligomeric dissociation / V. Lullien-Pellerin, C. Balny // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2002. – Vol. 3. – P. 209–221.

184. Mahmoud, B. S. M. A new technology of fish preservation by combined treatment with electrolysed NaCl solutions and essential oil compounds / B. S. M. Mahmoud, K. Yamazaki, K. Miyashita, I. I. Shin, T. Suzuki // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 99. – P. 656–662.

185. Mahmoud, B. S. M. Effect of X-ray treatments on inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, *Shigella flexneri* and *Vibrio parahaemolyticus* in

ready-to-eat shrimp / B. S. M. Mahmoud // *Food Microbiology*. – 2009. – Vol. 26. – P. 860–864.

186. Margosch, D. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature / D. Margosch, M. A. Ehrmann, R. Buckow, V. Heinz, R. F. Vogel, M. G. Gänzle // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2006. – Vol. 72(5). – P. 3476–3481.

187. Margosch, D. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature / D. Margosch, M. A. Ehrmann, R. Buckow, V. Heinz, R. F. Vogel, M. G. Gänzle. // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2006. – Vol. 72(5). – P. 3476–3481.

188. Matamoros, S. Selection and evaluation of seafood-borne psychrotrophic lactic acid bacteria as inhibitors of pathogenic and spoilage bacteria / S. Matamoros, M. F. Pilet, F. Gigout, H. Prevost, F. Leroi // *Food Microbiology*. – 2009. – Vol. 26. – P. 638–644.

189. Matser, A. M. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products / A. M. Matser, Krebbers B., R. W. Berg, P. V. Bartels // *Trends in Food Science & Technology*. – 2004. – Vol. 15(2). – P. 79–85.

190. Miladi, H. Freezing effects on survival of *Listeria monocytogenes* in artificially contaminated cold fresh-salmon / H. Miladi, K. Chaieb, A. Bakhrouf, N. Elmnasser, E. Ammar // *Annals of Microbiology*. – 2008. – Vol. 58. – P. 471–476.

191. Mohamed, W. S. Evaluation of Sanitary Status of Imported Frozen Fish Fillets and its Improvement by Gamma Radiation / W. S. Mohamed, E. I. El-Mossalami, S. M. Nosier // *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. – 2009. – Vol. 2, No. 5. – P. 921–931.

192. Muley, A. ALA, fatty fish or marine n-3 fatty acids for preventing DM?: a systematic review and meta-analysis / A. Muley, P. Muley, M. Shah // *Current Diabetes Reviews*. – 2014. – Vol. 10, no. 3. – P. 158–165.

193. Needs, E. C. High pressure treatment of milk: effects on casein micelle structure and on enzyme coagulation / E. C., Needs R. A Stenning., A. L. Gill, V. Ferragut, G. T. Rich // *Journal of Dairy Research*. – 2000. – Vol. 67. – P. 31–42.

194. Noël, L. Contamination levels of lead, cadmium and mercury in imported and domestic obsters and large crab species consumed in France: differences between white and brown meat / L. Noël, C. Chafey, C., Testu J. Pinte, P. Velge, T. J. Guerin // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2011. – Vol. 24. – P. 368–375.

195. O'Reilly, C. E. Use of high hydrostatic pressure for inactivation of microbial contaminants in cheese / C. E. O'Reilly, P. M. O'Connor, A. L. Kelly, T. P. Beresford, P. M. Murphy // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2000. – Vol. 66. – P. 4890–4896.

196. Omojowo, F. S. Comparative Assessment of potassium sorbate and sodium metabisulphite on the safety and shelf life of smoked catfish / F. S. Omojowo, G. L. Idris, J. A. Ihuahi // *Nature and Science of Sleep*. – 2009. – Vol. 7. – P. 10–17.

197. Özden, Ö. M. Effect of different dose gamma radiation and refrigeration on the chemical and sensory properties and microbiological status of aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) / Ö. M. Özden, N. Erkan // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2007. – Vol. 76. – P. 1169–1178.

198. Özden, Ö. Preservation of iced refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes / Ö. Özden, M. İnuğur, N. Erkan // *European Food Research and Technology*. – 2007. – Vol. 225. – P. 797–805.

199. Pandey, P. K. Highpressure destruction kinetics of indigenous microflora and *Escherichia coli* in raw milk at two temperatures / P. K. Pandey, H. S. Ramaswamy, E. J. Idziak // *Journal of Food Process Engineering*. – 2003. – Vol. 26(3). – P. 265–283.

200. Parekh, N. Association between vitamin D and age-related macular degeneration in the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988 through 1994 / N., Parekh R. J. Chappell, A. E. Millen, D. M. Albert, J. A. Mares // *A.M.A. Archives of Ophthalmology*. – 2007. – Vol. 125. – P. 661–669.

201. Patterson, M. F. Microbiology of pressure-treated foods – A review / M. F. Patterson // *Journal of Applied Microbiology*. – 2005. – Vol. 98(6). – P. 1400–1409.

202. Popelka, P. Comparison of chemical, microbiological and histological changes in fresh, frozen and double frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / P. Popelka, J. Nagy, M. Pipová, S. Marcinčák, L. Lenhardt // *Acta Veterinaria Brno.* – 2014. – Vol. 83. – P. 157–161.

203. Proust, F. Fatty acid profiles among the Inuit of Nunavi: Current status and temporal change. / F. Proust, M. Lucas, É. Deawailly // *Prostaglandins, Leukotrienes & Essential Fatty Acids.* – 2014. – Vol. 90. – P. 159–167.

204. Qin, H. Effects of high pressure on the activity of major enzymes in beef / H. Qin, Q. X. Nan, R. Z. Che // *Meat Research.* – 2001. – Vol. 3. – P. 13–16.

205. Raghavan, S. Model system for testing the efficacy of antioxidants in muscle tissue / S. Raghavan, H. O. Hultin // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* – 2005. – Vol. 53. – P. 4572–4577.

206. Raji, C. A. Regular fish consumption and age-related brain gray matter loss // C. A. Raji, K. I. Erickson, O. L. Lopez, L. H. Kuller, H. M. Gach, P. M. Thompson, M. Riverol, J. T. Becker // *American Journal of Preventive Medicine.* – 2014. – Vol. 47(4). – P. 444–451.

207. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods / N. K. Rastogi, K. S. Raghavarao, V. M. Balasubramaniam, K. Niranjana, D. Knorr // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* – 2010. – Vol. 69. – P. 112–118.

208. Ray, B. *Fundamental Food Microbiology* / B. Ray, A. Bhunia. – 3rd edition. – CRC Press, 2004. – 663 p.

209. Roy, P. K. Mineral nutrition of haddock *Melanogrammus aeglefinus* (L.): a comparison of wild and cultured stock / P. K. Roy, S. P. Lall // *Journal of Fish Biology.* – 2006. – Vol. 68. – P. 1460–1472.

210. Sallam, K. I. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids / K. I. Sallam // *Food Chemistry.* – 2007. – Vol. 101. – P. 592–600.

211. San Martin, M. F. Food processing by high hydrostatic pressure / M. F. San Martin, G. V. Barbosa Canovas, B. G. Swanson // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2002. – Vol. 42. – P. 627–645.

212. Sanchez, C. M. Effect of combined treatments of high-pressure and natural additives on carotenoid extractability and antioxidant activity of tomato puree (*Lycopersicon esculentum* Mill.) / C. M. Sanchez, L. Plaza, B. Ancos, M. P. Cano // *European Food Research and Technology*. – 2004. – Vol. 219(2). – P. 151–160.

213. Sang, W. Lipid oxidation of fish liver oil as affected by light, antioxidant and temperature / W. Sang, Z. T. Jin // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2004. – Vol. 28. – P. 1–10.

214. Saravanan, P. Cardiovascular effects of marine omega-3 fatty acids / P. Saravanan, N. C., Davidson E. B., Schmidt P. C. Calder // *The Lancet*. – 2010. – Vol. 376, no. 9740. – P. 540–550.

215. Shelef, L. A. Indirect and Miscellaneous Antimicrobials / L. A. Shelef, J. Seiter // *Antimicrobials in Food* / ed. by P. M. Davidson, J. N. Sofos, A. L. Branen. – 3rd edition. – CRC Press, 2005. – P. 11–48.

216. Sindelar, J. J. Alternative Curing Systems / J. J. Sindelar, T. A. Houser // *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications* / ed. by R. Tarte. – New York : Springer Science and Business Media, 2009. – P. 379–405.

217. Siringan, P. Autolytic activity and biochemical characteristics of endogenous proteinases in Indian anchovy (*Stolephorus indicus*) / P. Siringan, N. Raksakulthai, J. Yongsawatdigul // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 98. – P. 678–684.

218. Smita, R. D. High Hydrostatic Pressure (HPP) in Food Processing: Design Aspects and Applications. / R. D. Smita, K. S. Jatindra // *Assam University Journal of Science & Technology: Physical Sciences and Technology*. – 2010. – Vol. 6, no. II. – P. 70–87.

219. Szymczak, M. Comparison of physicochemical and sensory changes in fresh and frozen herring (*Clupea harengus* L.) during marinating / M. Szymczak // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2011. – Vol. 91. – P. 68–74.

220. Tayel, A. A. Microbial chitosan as a biopreservative for fish sausages / A. A. Tayel // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2016. – Vol. 93, pt. A. – P. 41–46.

221. Tome, E. Growth control of *Listeria innocua* 2030c on vacuum-packaged cold-smoked salmon by lactic acid bacteria / E. Tome, P. A. Gibbs, P. C. Teixeira // *International Journal of Food Microbiology*. – 2008. – Vol. 121. – P. 285–294.

222. Tompkin, R. B. The effect of iron on botulinal inhibition in perishable canned cured meat / R. B. Tompkin, L. N. Christiansen, A. B. Shaparis // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2007. – Vol. 13, Iss. 6. – P. 521–527.

223. Yang, H. Fish and fish oil intake in relation to risk of asthma: a systematic review and meta-analysis / H. Yang, P. Xun, K. He // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8(11). – doi: 10.1371/journal.pone.0080048

224. Yates, C. M. Pharmacology and therapeutics of omega-3 polyunsaturated fatty acids in chronic inflammatory disease / C. M. Yates, P. C. Calder, G. Ed Rainger // *Pharmacology & Therapeutics*. – 2014. – Vol. 141, no. 3. – P. 272–282.

225. Zakhariya, S. Y. The effects of two forms of fish on microbiological and physiochemical properties of Barramundi (*Lates calcarifer*, bloch) fillets / S. Y. Zakhariya, R. Fotedar, D. Prangnell // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2015. – Vol. 39, iss. 6. – P. 2886–2896.

226. Zobrist, M. R. High pressure-induced changes in the rennet coagulation properties of bovine milk / M. R. Zobrist, T. Huppertz, T. Uniacke, P. F. Fox, A. L. Kelly // *International Dairy Journal*. – 2005. – Vol. 15, Iss. 6–9. – P. 655–662.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

ИП Царьков А.Н.
ОГРНИП 304744735600351 ИНН 745302174416
454000, Челябинская обл., г. Челябинск, пл. Революции, 1



«Утверждаю»
ИП Царьков А.Н.

« 11 » *декабрь* 2017 г.

АКТ
внедрения результатов диссертационной работы
Романовой Алисы Сергеевны
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Мы, нижеподписавшиеся, технолог ИП Царьков А.Н. (г.Челябинск), кандидат технических наук Московенко Н.В. и представитель ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» Романова А.С. составили настоящий акт о том, что на предприятии ИП Царьков А.Н. внедрены результаты диссертационной работы Романовой А.С. на тему «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ», позволяющие увеличить срок годности охлажденной рыбы при ее хранении в чешуйчатом льду из электроактивированной воды.

Н.В. Московенко Н.В. Московенко
А.С. Романова А.С. Романова

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПАТЕНТ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2571920

СПОСОБ ХРАНЕНИЯ РЫБЫ

Патентообладатель(и): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный экономический университет" (ФГБОУ ВПО "УрГЭУ") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*


Заявка № 2014146345

Приоритет изобретения **18 ноября 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 ноября 2015 г.**

Срок действия патента истекает **18 ноября 2034 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 *Г.П. Ивлиев*



Автор(ы): *Романова Алиса Сергеевна (RU), Ваганов Евгений Григорьевич (RU), Тихонов Сергей Леонидович (RU), Тихонова Наталья Валерьевна (RU), Чугунова Ольга Викторовна (RU), Позняковский Валерий Михайлович (RU)*

RU 2671920 C1

ПРИЛОЖЕНИЕ В

**ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.
ОХЛАЖДЕННАЯ РЫБА, ОБРАБОТАННАЯ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 2 03.22.20

Группа Н 24
(код ОКС 67.120.30)

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

ФГБОУ

ВО

«Уральский

государственный

экономический

университет»

Я.П. Силин

Итого 2017 г



Охлажденная рыба, обработанная высоким давлением

Технические условия

ТУ 03.22.20-003-02069214-2017

Дата введения в действие – «10» сентября 2017 г

РАЗРАБОТЧИК:

Уральский государственный экономический
университет, кафедра «Пищевая инженерия»

д.т.н., доцент Н.В. Тихонова

аспирант А.С. Романова

«20» августа 2017 г

Екатеринбург, 2017

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.
ОХЛАЖДЕННАЯ РЫБА,
ОБРАБОТАННАЯ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 2 03.22.20

Группа Н 24
(код ОКС 67.120.30)

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор
ФГБОУ
ВО «Уральский
государственный
экономический
университет»
Я.П. Силин
15.09.2017 г



Охлажденная рыба, обработанная ионизирующим излучением


Технические условия
ТУ 03.22.20-004-02069214-2017

Дата введения в действие – «20» сентября 2017 г

РАЗРАБОТЧИК:

Уральский государственный экономический
университет, кафедра «Пищевая инженерия»

д.т.н., доцент,
профессор кафедры
пищевой инженерии  Н.В. Тихонова

к.с-х.н., доцент,
доцент кафедры
туристического бизнеса
и гостеприимства  Р.Т. Тимакова

аспирант  А.С. Романова

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ ВСЕСТОРОННЕГО СЖАТИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 2 28.93

Группа Н 24
(код ОКС 67.120.30)

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор
ФГБОУ ВО «Уральский
государственный экономический
университет»
Я.П. Силин
«28» сентября 2017 г



Устройство для обработки пищевых продуктов высоким
давлением в условиях всестороннего сжатия

Технические условия
ТУ 28.93-005-02069214-2017

Дата введения в действие – «28» сентября 2017 г

РАЗРАБОТЧИК:

Уральский государственный экономический
университет, кафедра Пищевой инженериид.т.н., доцент  Н.В. Тихоновааспирант  А.С. Романова

«28» сентября 2017 г

Екатеринбург, 2017

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

СПРАВКА МТК 534

ГОССТАНДАРТ

М. ДУЛАТОВ АТЫНДАҒЫ
ҚОСТАНАЙ ИНЖЕНЕРЛІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
«НАССР ПРИНЦИПТЕРІ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ЖӘНЕ АЗЫҚ-ТҰЛІК
ШИКІЗАТЫНЫҢ ҚАУЫПСІЗДІГІН КАМАТАСЫЗ ЕТУ» 534 МЕМЛЕКЕТАРАЛЫҚ
СТАНДАРТТАУ ЖӨНІНДЕГІ ТЕХНИКАЛЫҚ КОМИТЕТІ

КОСТАНАЙСКИЙ
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М. ДУЛАТОВА
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ
МТК-534
«ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НАССР»

110000, Қостанай қ., Чернышевский көш., 59 үй
Тел.: 8 (7142) 280-255, факс 280-159. E-mail: tk44_technologist@mail.ru.

110000 г Костанай, Чернышевского, 59

№ 64
от « 16» 01 2017 г.

Председателю
диссертационного совета
Д 212.287.02 при ФГБОУ ВО
«УрГЭУ»
д.т.н., проф. Чугуновой О.В.

СПРАВКА

Выдана Романовой Алисе Сергеевна в том, что результаты исследований ее диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.15 использованы при разработке проекта ГОСТа «Рыба. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанной рыбы, содержащей костную ткань. Определение дозы облучения».

Председатель
Межгосударственного технического комитета
по стандартизации МТК-534



А. Муратов

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

АКТ ВНЕДРЕНИЯ



АКТ


внедрения материалов диссертации Романовой Алисы Сергеевны в учебный процесс кафедры «Пищевая инженерия» ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой пищевой инженерии ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», доктор технических наук, профессор Тихонов С.Л. и доктор технических наук, профессор кафедры пищевой инженерии Пищиков Г.Б., составили настоящий акт о том, что материалы диссертационной работы очной аспирантки УрГЭУ Романовой Алисы Сергеевны «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ» по специальности 05.18.15 - Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания с 2017 года используются в учебном процессе в лекционных курсах, при проведении практических занятий и лабораторных работ у студентов направлений «Биотехнология» и «Товароведение».

Зав. кафедрой пищевой инженерии
УрГЭУ, доктор технических наук,
профессор

 С.Л. Тихонов

Профессор кафедры пищевой инженерии
УрГЭУ, доктор технических наук

 Г.Б. Пищиков