

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики
Государственная организация высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила
Туган-Барановского»

На правах рукописи

МАЛИЧ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ

**ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ
ГИДРОБИОНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ДОНЕЦК – 2022

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» Министерства образования и науки Донецкой народной республики.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор **Соколов Сергей Анатольевич**, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», заведующий кафедрой **Общеинженерных дисциплин**.

**Официальные
оппоненты:**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Технологического оборудования и систем жизнеобеспечения **Косачёв Вячеслав Степанович** ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет.

кандидат технических наук, доцент кафедры Пищевые технологии и оборудование Прокопенко **Ирина Александровна** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

Защита состоится «11» ноября 2022 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 01.025.02 при ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» по адресу: 283055, г. Донецк, пр. Театральный, 28, корпус 3, ауд. 3231, тел: +38(062)304-50-50, e-mail: dissovet0102502@donnuet.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» по адресу: 283017, г. Донецк, б. Шевченко, 30 (<http://library.donnuet.ru>). Автореферат разослан _____

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 01.025.02 к.т.н., доцент



Н.Н. Севаторов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Продукты из морепродуктов, как свежие, так и обработанные, произведенные из рыбы, двустворчатых моллюсков, ракообразных, головоногих моллюсков, представляют собой один из наиболее важных источников белка в питании человека, имеющий репутацию здоровых и питательных продуктов. Результаты комплексных исследований гидробионтов, появление на этой основе новых объектов промысла, расширение зон лова за счет освоения открытой части Мирового океана и больших глубин способствовали тому, что ассортимент существенно пополнился маломерной рыбой, а также рыбой с тощей и обводненной мышечной тканью. Среди технологических направлений переработки рыбы пониженной пищевой ценности наиболее перспективным представляется производство из нее рыбного фарша и разнообразной кулинарной продукции на его основе. Более или менее высокое содержание белков мяса малоценных рыб и его низкие вкусовые и технологические достоинства послужили основанием для проведения исследований в области комбинирования мяса рыб с разнообразными продуктами растительного и животного происхождения. Теоретической базой для широкого промышленного освоения производства и использования малоценных рыб являются многочисленные исследования отечественных учёных М.П. Андреева, Л.С. Байдалиновой, М.С. Биденко, В.Г. Будиной, В.М. Быковой, А.Т. Васюковой, Ф.И. Верхотуровой, Л.В. Городниченко, В.А. Громовой, Г.И. Касьянова, Г.М. Кузьмичевой, И.П. Леванидова, Г.В. Масловой, Г.И. Постнова, Н.И.Рехиной, Е.Ф. Рамбеза, Ю.А. Фатыхова, А.П. Ярочкина, А.А. Яшонкова и других.

Среди продуктов из гидробионтов именно готовые к употреблению товары пользуются высоким спросом, становясь популярными во всем мире благодаря их удобству. Однако повсеместное стремление производителей создать удобства для потребителя привело к серьезным проблемам в области сохранения, безопасности и гигиены пищевых продуктов. Традиционно, готовые к употреблению продукты подвергаются различным видам обработки, с целью сократить до требований существующих стандартов количество патогенов или полностью их уничтожить. В последнее время, с целью интенсификации технологических процессов в пищевой и перерабатывающих отраслях, всё шире используются физические методы обработки продуктов, основанные на внешнем подводе энергии, за счет увеличения мощности подводимой энергии. Такой подход существенно сокращает время обработки продуктов, что повышает удельную производительность, но в условиях высокой стоимости энергоносителей становится неприемлемым по причине неоправданно больших затрат. Выход из этой ситуации возможен только либо за счёт сокращения темпов, а, следовательно, и объёмов производства, либо за счет применения принципиально новых источников энергии и принципиально новых энергосберегающих технологий. Такие нетермические физические методы, как обработка высоким давлением (ВД), являются откликом на предъявляемые в

последнее время потребительскими кругами требования в отношении обеспечения свежими, высококачественными пищевыми продуктами, подвергающимися в меньшей степени обработке без ущерба своей пищевой ценности при одновременном увеличении сроков хранения и реализации.

Значительный вклад в развитие теоретических основ процесса обработки ВД пищевых продуктов сделали отечественные и зарубежные ученые: П. Бриджмен, Д. Гувер, Д. Кнорр, Д. Хендрикс, В. Хайнц, Д.П. Смелт, М. Гоникберга, Д. Кашнер, А.Е. Крисс, А. Дельгадо, С. Хартман, К. Рау, В. Ковальчук, А. В. Горбатов, Д. С. Циклис, С.Н. Туменов, В.Д. Косой, Х. Дрикамер, Е. В. Золотых, С.С. Ахметов, М.Н. Жаксалыкова, В.А. Сукманов, С.А. Соколов, В.М. Шаталов, В.Б. Гаркуша, Ю.Н. Петрова, В. Л. Дебелый, Н.Н. Севаторов, А.А. Декань, И.А. Зотова и др.

ВД, применяемое для обработки пищевых продуктов позволяет осуществлять инактивацию микроорганизмов, контроль за ферментативными процессами, предотвращает разрушение витаминов и других питательных веществ. ВД может быть использовано и при разработке продуктов с новыми вкусовыми качествами и улучшенной структурой, а также для увеличения сроков хранения пищевых продуктов. ВД воздействует одновременно на весь объем продукта, вследствие чего значительно сокращается продолжительность обработки, что приводит к экономии энергетических ресурсов по сравнению с традиционными методами обработки.

Широкое внедрение в практику технологии обработки рыбного сырья ВД затруднено, в связи с тем, что в настоящее время недостаточно изучен механизм воздействия ВД на микрофлору гидробионтов и продуктов получаемых в результате их переработки, теоретические модели, описывающие данные процессы носят фрагментарный характер, нет зависимостей, позволяющих оптимизировать процесс обработки гидробионтов ВД, что и определяет актуальность диссертационной работы.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа содержит результаты исследований, выполненных автором:

- в плане госбюджетной тематики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный аграрный университет» № U0108U010050 Исследование возможностей и целесообразности использования ферментных препаратов, пищевых волокон, биологически активного сырья и высокобелковых растительных добавок в рецептурах новых функциональных мясопродуктов;

- «Усовершенствование технологии производства пищевых продуктов»;

- «Разработка инновационных технологий мясных продуктов с использованием нетрадиционного сырья ЛНР»;

- НИР ГО ВПО «ДонНУЭТ» Д-2018-21 «Разработка инновационной стратегии и моделей массообменных процессов повышенной эффективности для получения экстрактов из растительного сырья».

Цель работы. Повышение эффективности использования маломерной и рыбы пониженной пищевой ценности путем разработки более эффективных

технологических процессов создания товарной продукции, отвечающей современным требованиям рационального питания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- провести анализ современного состояния теории и практики в области технологии производства пищевых продуктов из некондиционной и маломерной рыбы азово-черноморского бассейна с использованием ВД с целью определения формализации постановки задач по созданию новых эффективных технологий с применением ВД, повышающих ресурсосбережение и качество продуктов питания из объектов морского промысла и марихозяйств;

- на основании анализа и обобщения известных методов экспериментальных исследований принять адаптированную стратегию и тактику собственных экспериментальных исследований с одновременной разработкой соответствующей методики и техники эксперимента;

- исследовать закономерности изменения свойств комплекса микробиологических, физико-химических, структурно-механических, органолептических и других показателей гидробионтов при обработке ВД и влияния её на формирование качественных характеристик готовой продукции;

- обосновать и разработать технологии реструктурированной, стерилизованной продукции из гидробионтов с использованием ВД;

- разработать рецептуру и технологию производства товарной продукции из фарша, полученного в результате переработки некондиционной и маломерной рыбы с использованием ВД;

- дать экспериментальную оценку применимости обработки высоким давлением для атермического производства паштетов из рыбного сырья;

- разработать аппаратную схему и её отдельные конструктивные элементы для реализации предложенных процессов переработки некондиционной и маломерной рыбы с использованием ВД;

- внедрить результаты исследований в практику исследовательских, проектных и производственных предприятий;

Объектом исследования является процесс переработки некондиционной и маломерной рыбы высоким давлением.

Предмет исследования параметры процесса обработки некондиционной и маломерной рыбы высоким давлением.

Методы исследования. При выполнении работы использовался комплекс общепринятых и специальных физических, химических, биохимических, физико-химических, микробиологических, математических методов, адаптированных для использования с пищевыми продуктами и продуктами, полученными в результате воздействия высокого давления. Экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики.

Обоснование и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность теоретических и экспериментальных исследований, полученных аналитических зависимостей обеспечена использованием современных лабораторных методов исследования. Обработка и анализ

результатов экспериментов подтверждены результатами компьютерного моделирования в современных программных аналитико-статистических средах.

Научная новизна полученных результатов заключается в решении научно-прикладной проблемы повышения эффективности использования малоценного рыбного сырья при производстве пищевых продуктов из гидробионтов, внедрение которых может внести значительный вклад в расширение ассортимента товарной продукции отвечающей современным требованиям рационального питания.

В основу теоретических и экспериментальных исследований положена научная концепция, заключающаяся в создании условий проведения процессов обработки гидробионтов ВД, которые способствуют наиболее полному и менее затратному использованию малоценного рыбного сырья для получения товарной продукции.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований **впервые:**

- разработана методика и техника комплексных исследований влияния высокого гидростатического давления на свойства комплекса микробиологических, физико-химических, структурно-механических, органолептических и других показателей гидробионтов;

- определено давление, при котором концентрация денатурированных молекул белка в рыбном фарше становится равной концентрации денатурированных молекул белка в вареном рыбном фарше;

- теоретическими и экспериментальными исследованиями установлены рациональные параметры процесса атермического производства рыбных паштетов с помощью ВД;

- доказана целесообразность использования обработки ВД для создания реструктурированных рыбных колбас, без применения структурообразующих компонентов.

- разработана математическая модель процесса денатурации молекул белка в рыбном фарше под действием высокого гидростатического давления.

получили дальнейшее развитие:

- представления, касающиеся совокупности явлений, сопровождающих процесс обработки рыбного филе и рыбного фарша высоким гидростатическим давлением;

усовершенствованы:

- методические приёмы экспериментальных исследований по определению степени денатурации белка применением теории светорассеяния и абсорбционной спектрофотометрии.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке и практическом применении процесса обработки гидробионтов ВД на основе результатов экспериментов, в рамках которого впервые:

- разработана методика и техника экспериментальных исследований по оценке влияния высокого гидростатического давления на рыбный белок;

- разработана и запатентована технология производства реструктурированной ветчинной продукции из гидробионтов с использованием ВД;

- разработана рецептура и технология производства рыбного паштета, показано возможность применения его в гериатрических диетах.

- разработана аппаратная схема и ее отдельные конструктивные элементы для реализации процесса производства готовых кулинарных изделий при помощи ВД.

По результатам выполненных исследований разработан проект нормативной документация: «Паштеты рыбные для гериатрического питания» (ТУ РФ 10.20.25-202.001).

Результаты исследований внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров и магистров направления 19.03.03. и 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения». В учебное пособие по выполнению дипломного проектирования; дипломные работы и проекты, магистерские диссертации.

Реализация результатов работы. Внедрение научно-технических и технологических разработок осуществлено в производственных условиях на предприятиях Луганской Народной Республики ООО «Полы-Пак» (г. Луганск, акт от 22.06.2021); ООО «Семь Морей» (г. Луганск, акт от 23.06.2021).

Личный вклад соискателя заключается: в разработке основной концепции диссертационной работы, критическом анализе материалов, касающихся традиционных и современных процессов обработки гидробионтов с целью получения готовой товарной продукции; в формулировке задач исследований, направлений и методов их решения; в разработке теоретических положений и их экспериментальной проверке; в анализе эмпирических результатов, формулировании выводов и рекомендаций по использованию материалов работы в практике.

Апробация результатов диссертации. Положения и выводы диссертации апробированы в ходе научно-практической деятельности автора. Основные результаты по теме диссертационной работы докладывались на: ежегодных научных конференциях Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского в 2018-2021 годах; ежегодных научных конференциях Луганского государственного аграрного университета в 2018-2021 годах; II-V Международных научно-технических конференциях «Современные процессы в пищевых производствах и инновационные технологии обеспечения качества пищевых продуктов» в 2018-2021 годах. Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (г. Воронеж, 2018 г.); II-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования» (г. Керчь, 2019г.); Пуле научно-практических конференций (г. Сочи, 2020-2021 гг.); Инновационные технологии в науке и образовании («ИТНО-2019» Ростов-на-

Дону: ДГТУ); IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 403, XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry 10-13 September 2019; IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 918, VIII International Scientific Conference Transport of Siberia, 22-27 May 2020;

Публикации. По результатам исследований опубликовано 17 научных работ, в том числе: 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, утвержденных ВАК РФ, 1 статья в рецензируемом научном издании, утвержденном ВАК ДНР, 2 - в издании Scopus, 4 в журналах РИНЦ, 1 патент на полезную модель, 5 тезисов докладов и материалов конференций, 1 монография.

Структура диссертации. Основное содержание работы изложено на 162 страницах машинописного текста, который состоит из 6 разделов и 5 приложений. Диссертация проиллюстрирована 34 рисунками и содержит 17 таблиц. Список использованной литературы содержит 280 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность работы, на основании чего сформулирована цель и определены задачи исследования. Представлена связь с научными программами, планами и темами, определены объект, предмет и методы исследований, дано обоснование достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, приведены научное и практическое значения работы, представлена апробация, структура и количество публикаций по теме диссертации.

В **первом разделе** «Научные и практические предпосылки использования высокого давления для производства товарной продукции из рыбы пониженной пищевой ценности» выполнен аналитический обзор существующих методов обработки перспективных морских ресурсов для производства пищевой продукции, рассмотрены основные виды и причины ухудшения качества гидробионтов, проанализированы методы увеличения сроков хранения свежих морепродуктов, описано влияние обработки высоким давлением на микроорганизмы, белки и ферменты. Рассмотрены технологии реструктуризации в пищевых производствах, факторы, влияющие на качество реструктурированных продуктов, а также возможность использования ВД для создания реструктурированных изделий и увеличения сроков их хранения.

Во **втором разделе** «Методико-аппаратурное обеспечение исследований» дана исчерпывающая картина имеющихся методов исследования в данной области, даны схемы и приведена стратегия собственных исследований, определённых поставленными задачами. Произведена адаптация экспериментального метода исследования микробиологических показателей, предложена методика экспериментального определения параметров процесса асептической обработки рыбного паштета с использованием ВД, приведена методика определения остаточной активности кислой фосфатазы, разработана экспериментальная методика определения влияния ОВД на оптические свойства белков рыбного фарша, описаны методы статистической обработки экспериментальных данных.

Третий раздел «Теоретическая и экспериментальная оценка влияния ОВД на микробиологические показатели рыбного фарша» посвящен анализу и интерпретации результатов экспериментальных исследований микробиологических показателей рыбного фарша. Ввиду того, что отсутствует единый подход к стандартизации обработки продуктов давлением традиционные критерии D и Z , используемые при термообработке, не применимы, поскольку сами зависят от давления. Оптимальные параметры обработки - давление P , температуру T и время t - приходится подбирать эмпирически, что требует немалых затрат ресурсов и времени. Традиционно большинство продуктов подвергается тепловой обработке далеко за рамками минимальных критериев инактивации, но более низкая термическая обработка не возможна, так как не всегда способствует достижению кулинарной готовности. По этой причине, минимальная обработка нагреванием не изучается и малоинтересна исследователям и производителям. Для достижения результатов эквивалентных обработке нагреванием, в контексте оценивания риска микробиологически безопасная обработка ВД возможна. Высокое давление оказывает влияние на процессы биохимического равновесия и на скорости реакций. Эти воздействия можно описать следующими двумя основными уравнениями:

$$\left(\frac{\partial \ln K}{\partial P} \right)_T = - \Delta V / RT \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial \ln k}{\partial P} \right)_T = \Delta V^\ddagger / RT \quad (2)$$

где: K - константа равновесия, k - константа скорости реакции, P - давление, ΔV - изменение объема реакции, ΔV^\ddagger - кажущееся изменение объема активации, R – газовая постоянная, T - температура по шкале Кельвина.

Воздействие давления на скорости реакций определяется уравнением Ван - Гофта:

$$\frac{d \log K}{dp} = \frac{\Delta V^\ddagger}{2T} \quad (3)$$

где: ΔV^\ddagger - соответствующее изменение объема;

K - коэффициент, равный отношению скоростей реакции при двух разных давлениях.

Многие реакции живых организмов на давление объясняются изменениями скоростей биохимических реакций под влиянием этого фактора, а не его воздействием на процессы равновесия. Живые организмы, представляющие патогенную микрофлору в продукте никогда не находятся в состоянии термодинамического равновесия, и между клеткой и окружающей ее средой происходит постоянный обмен энергии и различных веществ. Вот почему влияние давления на скорости внутриклеточных реакций носит весьма сложный характер, и необходимо рассматривать действие давления на какую-то отдельную реакцию в комплексе, описываемом уравнениями (1) и (2).

Анализ существующих данных, а также полученные экспериментальные данные, позволяют сделать вывод, что с физико-химической стороны процессы, вызывающие смерть микроорганизмов - контаминантов рыбного фарша, представляют собой мономолекулярную реакцию коагуляции, белков протоплазмы и что, следовательно, скорость их уничтожения поддается математическому анализу, справедливому для реакции первого порядка. Таким образом:

$$-\frac{dN}{dt} = K_0 N \quad (4)$$

где: N - количество микроорганизмов в данный момент стерилизации;
 K_0 - коэффициент скорости уничтожения микроорганизмов - величина, обратная времени;

$-\frac{dN}{dt}$ - истинная скорость уничтожения микроорганизмов.

Разделяя переменные в уравнении (4)

$$-\frac{dN}{N} = K_0 dt, \quad \text{или} \quad \frac{dN}{N} = -K_0 dt$$

и, интегрируя его, получим

$$\int \frac{dN}{N} = \int -K_0 dt \quad \ln N = -K_0 t + C$$

Постоянную интегрирования C находим, полагая $t = 0$, т. е. когда процесс еще не начался и когда, следовательно, количество микроорганизмов, подлежащих уничтожению путем создания высокого давления, можно назвать начальным и обозначить N_0 . Тогда $C = \ln N_0$. Отсюда

$$\ln N_0 - \ln N = K_0 t, \quad \ln N_0 - \ln N = K_0 t, \quad \ln \frac{N_0}{N} = K_0 t$$

Обозначив количество микроорганизмов в конце процесса стерилизации через N_K и заменив натуральный логарифм отношения на десятичный (т. е. если в константу скорости реакции K_0 ввести коэффициент пересчета натуральных логарифмов в десятичные), обозначив новое значение константы ($K = \frac{K_0}{2,303}$)

окончательно получим:

$$\lg \frac{N_0}{N_K} = Kt \quad (5)$$

Выразим это уравнение в форме

$$K = \frac{1}{t} \lg \frac{N_0}{N_K} \quad (6)$$

Из уравнения (6) видно, что скорость уничтожения микроорганизмов подчиняется логарифмическому закону и зависит от начального количества микроорганизмов.

Проанализируем полученные выражения. Из уравнения (6) следует

$$\frac{N_0}{N_K} = 10^{Kt}$$

$$\frac{N_K}{N_0} = \frac{1}{10^{Kt}}, \quad (7)$$

$$N_K = \frac{N_0}{10^{Kt}}. \quad (8)$$

Константа скорости уничтожения микроорганизмов находится в прямой зависимости от характера среды (обозначим её A), в которой микроорганизмы находятся (кислотность, содержание фитонцидов и т.п.), от степени неустойчивости (введём обозначение- S) данного вида микроорганизмов к повышенному давлению и от давления стерилизации P . Следовательно константа скорости уничтожения микроорганизмов является функцией от вышеперечисленных факторов:

$$K = f(A, S, P)$$

С учётом этой зависимости выражение (7) примет вид

$$\frac{N_K}{N_0} = \frac{1}{10^{f(A,S,P)t}} \quad (9)$$

а выражение (8)

$$N_K = \frac{N_0}{10^{f(A,S,P)t}} \quad (10)$$

В выражении (9) приведены все факторы, от которых зависит доля выживающих при стерилизации микроорганизмов N_K/N_0 . Она будет тем меньше, чем меньше степень резистентности данного вида микроорганизмов S , более агрессивен химический состав данного продукта в отношении микроорганизмов A , выше давление стерилизации P и дольше время обработки давлением t .

Из уравнений (8 - 10) следует, что при данных условиях стерилизации (т. е. для данного продукта при определенном давлении и времени стерилизации) количество выживающих к концу процесса микроорганизмов N_K прямо пропорционально их начальному содержанию N_0 . Таким образом, чем меньше микроорганизмов в продукте к началу стерилизации, тем меньше их к концу процесса.

Из уравнения (4) определяем время t , необходимое для уничтожения определенного в данных условиях количества микроорганизмов:

$$t = \frac{1}{K} \lg \frac{N_0}{N_K} \quad (11)$$

Если в уравнении (3.11) обозначить фактор $1/K$ через коэффициент. D ($D = 1/K$), то выражение (3.11) можно записать в виде

$$t = D \lg \frac{N_0}{N_K} \quad (12)$$

откуда

$$\lg \frac{N_0}{N_K} = \frac{t}{D} \quad (13)$$

Выражение (13) тождественно уравнению прямой линии описывающей кинетику гибели микроорганизмов, где любая точка на этой прямой характеризуется двумя координатами - абсциссой в линейных отрезках давления стерилизации, и ординатой представляющей собой логарифм времени стерилизации. Следовательно, ему должен отвечать график представляющий собой теоретическую кривую выживаемости микроорганизмов, на котором в полулогарифмических координатах можно представить зависимость количества микроорганизмов от времени стерилизации при каком-то постоянном давлении. При этом на горизонтальной оси откладывается смертельное время в линейных отрезках, а на вертикальной логарифмические значения количества микроорганизмов. На таком графике зависимость «количество микроорганизмов - смертельное время» тоже будет характеризоваться прямой линией на которой количество микроорганизмов к началу стерилизации - N_0 , количество микроорганизмов в конце стерилизации по прошествии времени t , t – время, требующееся для уничтожения микроорганизмов в диапазоне $N_0 \div N_K$ при каком-то постоянном давлении стерилизации. D - время прохождения одного логарифмического цикла на шкале количества микроорганизмов, то есть время требующееся для снижения количества микроорганизмов в 10 раз. Иными словами D - это время требующееся для уничтожения 90% микроорганизмов. Такой график характеризует реакцию микроорганизмов на воздействие стерилизующего давления. Наклон прямой на характеризует бароустойчивость микроорганизмов в условиях такой обработки, а, следовательно, соответствующей константой является тангенс угла наклона этой прямой, т. е. отношение вертикального катета к горизонтальному. Целесообразно использовать в качестве константы бароустойчивости величину D , чем больше значение D , тем микроорганизмы более баротолерантны. Поскольку D является по отношению к K обратной величиной, эта константа зависит от тех же факторов, что и константа скорости гибели микроорганизмов, но только в обратной корреляции:

$$D = f(A^{-1}, S^{-1}, P^{-1})$$

В обратной зависимости находится D и от агрессивного характера среды, в частности от кислотности продукта. Наконец D растёт с понижением давления обработки P . Для практических расчётов можно использовать модифицированное выражение (12):

$$t = D(\lg N_0 - \lg N_K) \quad (14)$$

откуда получили выражение для определения количества микроорганизмов в конце стерилизации давлением N_K :

$$\lg N_K = \lg N_0 - \frac{t}{D} \quad (15)$$

Из всего сказанного можно сделать вывод, что, учитывая логарифмический характер гибели микроорганизмов при обработке давлением, полностью уничтожить их невозможно. Следовательно, можно говорить не об абсолютной стерильности, а только о какой-то степени стерильности n , определяемой логарифмом отношения:

$$n = \lg \frac{N_0}{N_K}. \quad (16)$$

Экспериментальные исследования по определению микробиологических показателей образцов рыбного фарша обработанных ВД проводили по методике, представленной во втором разделе. В таблице 1 приведены результаты исследований по влиянию ВД на микробиологические показатели рыбного фарша при постоянных температуре и экспозиции.

Таблица 1 - Влияние ВД на микробиологические показатели рыбного фарша при температуре 25°C, экспозиции 35 мин

Вид микроорганизмов	Норма	Контроль	Давление, МПа						
			100	200	300	400	500	600	700
МАФАМ, КОЕ в 1 см ³ , не более	1*10 ³	1000	450	380	320	270	260	140	135
Бактерии группы кишечных палочек (лактозосбраживающие) в 1 г	Не допускаются	Нет	Не обнаружены						
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. бактерии рода Сальмонелла, в 25 г	Не допускаются	Нет	Не обнаружены						
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,1 г	Не допускаются	Нет	Не обнаружены						
Бактерии рода Протея в 0,1 г	Не допускаются	Нет	Не обнаружены						

Проанализировав полученные данные, установили, что после обработки рыбного фарша ВД все образцы по количеству МАФАМ находятся в норме. Однако наилучшие показатели имеют образцы, обработанные при давлениях 600 и 700 МПа. Ни в одном из образцов не было обнаружено бактерий группы кишечной палочки, рода Протея, патогенных микроорганизмов и сульфитредуцирующих клостридий.

Для определения влияния времени экспозиции при постоянных значениях давления и температуре были проведены эксперименты с параметрами обработки рыбного фарша, температура 25° С, давление 600 МПа диапазон времени экспозиции от 5 до 35 мин. Результаты эксперимента показали, что время экспозиции в пределах от 5 до 35 минут практически не влияет на

микробиологические показатели рыбного фарша, поэтому для дальнейших исследований нами была выбрана экспозиция 5 минут. В результате проведенных исследований были определены рациональные параметры обработки ВД рыбного фарша: величина давления – 600 МПа, время экспозиции - 5 минут.

В четвертом разделе «Использование ОВД для нетеплового производства колбасных изделий из гидробионтов» разработана технология реструктурированных рыбных изделий из рыбы с применением высокого давления, которое способно воссоздать структуру неизмельченного сырья, по свойствам близкую к структуре цельномышечного куска без применения химических стабилизаторов и загустителей.

Экспериментальные исследования по определению влияния высокого давления на качественные характеристики произведенных рыбных продуктов проводились на установках, разработанных и изготовленных в ГО ВПО ДонНУЭТ.

На первом этапе была проведена экспериментальная отработка режимов обработки высоким давлением измельченной рыбной мякоти с целью получения реструктурированных «ветчинных» изделий.

В качестве модельного был выбран фарш из измельченного филе синца (*Abramis Ballerus*) размеры кусочков от 4 до 8 мм. Далее полученный фарш упаковывался в стандартную пищевую пленку «Повиден» и обрабатывался высоким давлением на лабораторной установке первого поколения.

Экспериментальные образцы, обработанные высоким давлением, представлены на рисунке 2.

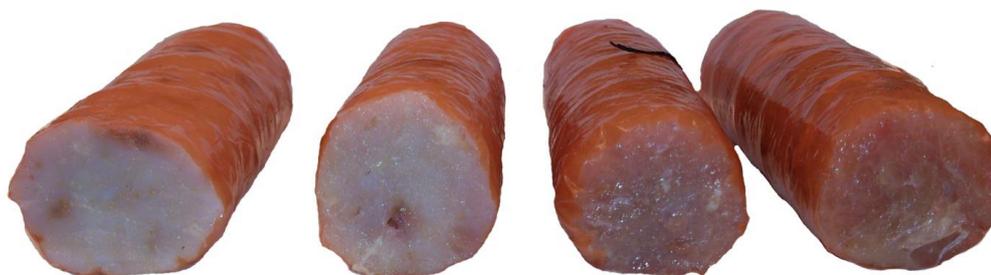


Рис. 2 - Образцы рыбного фарша, обработанного ВД: слева направо- 400, 300, 200 и 100 МПа

Следующим шагом стало определение реологических характеристик фарша из синца. Реологические исследования проводились на автоматическом ротационном вискозиметре RHEOTEST RN 4.1. Исследованиям подверглись образцы, обработанные давлением до 400 МПа, с шагом 50 МПа. Использовалась измерительная система "цилиндр - цилиндр", подвижный ротор Н2. Исследования проводились по вращательному моменту. На контрольном образце было определено предельное напряжение сдвига, при котором происходит разрушение структуры фарша - 60 мНм (мили ньютонметров). Увеличение момента производили от 0 до 60 мНм по рампе в течении 300 секунд. Результаты измерений приведены на рисунке 3.

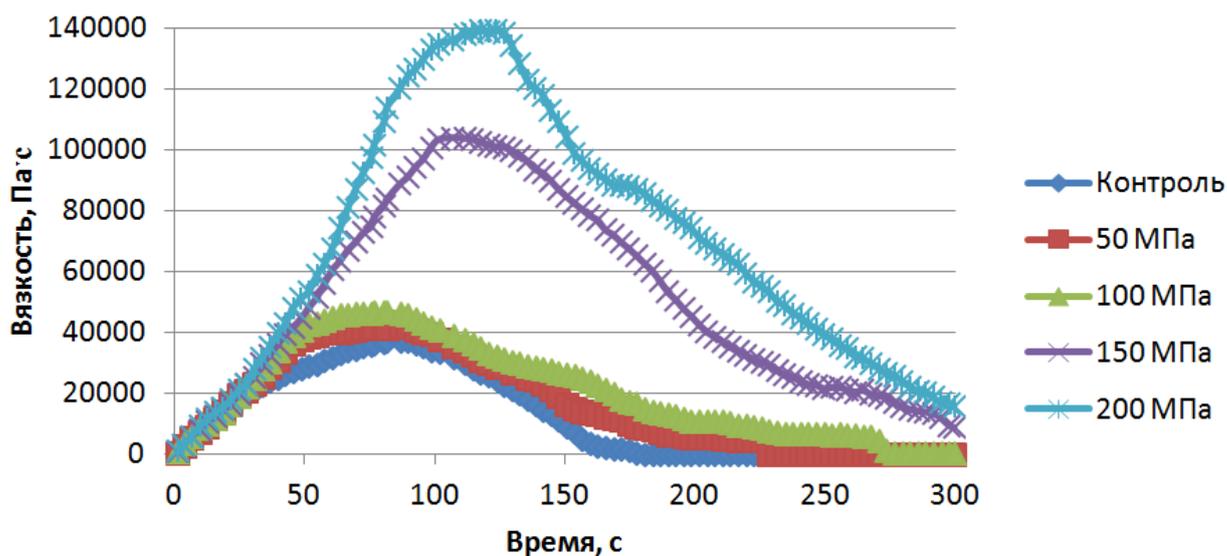


Рис. 3 - Результаты исследований реологических характеристик рыбного фарша

Анализ полученных результатов, позволил сделать следующие выводы: контрольный образец - структура фарша разрушена на 180 секунде при моменте 35 мНм, образец 50 МПа - структура фарша разрушена на 230 секунде при моменте 46 мНм, образец 100 МПа - структура фарша разрушена на 277 секунде при моменте 55 мНм, образец 150 МПа и Образец 200 МПа сохранили остаточную структуру фарша.

Проведенные исследования показали, что образцы, обработанные давлением 50, 100, 150, 200 МПа - имеют следы денатурации белка, но еще сохраняют вязко - пластичную структуру. Образцы же, обработанные давлением от 250 до 400 МПа, имеют явную денатурацию белка - представляют собой "твердое тело". В связи с этим нами было проведено экспериментальное исследование зависимости степени денатурации белка от абсолютной величины внешнего гидростатического давления, которым обрабатывали рыбный фарш.

В основе применённого нами метода исследований лежит теория ослабления светового потока при его прохождении через рассеивающую и поглощающую систему выражаемая уравнением закона Бугера – Ламберта – Бера в дифференциальной форме. Измеренная спектральная зависимость интенсивности падающего излучения и излучения, прошедшего через эталонный образец и образцы рыбного фарша, обработанного давлением 0,1; 100; 200; 300 и 400 МПа в течение 15 минут при температуре 295 К, приведена на рис.4.

Спектральную зависимость натуральной оптической плотности $D(\lambda)$ образцов рассчитывали по измеренным спектральным зависимостям интенсивности падающего и прошедшего излучения по формуле 17:

$$D(\lambda) = \ln \left(\frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)} \right) = c \cdot \mu \cdot d, \quad (17)$$

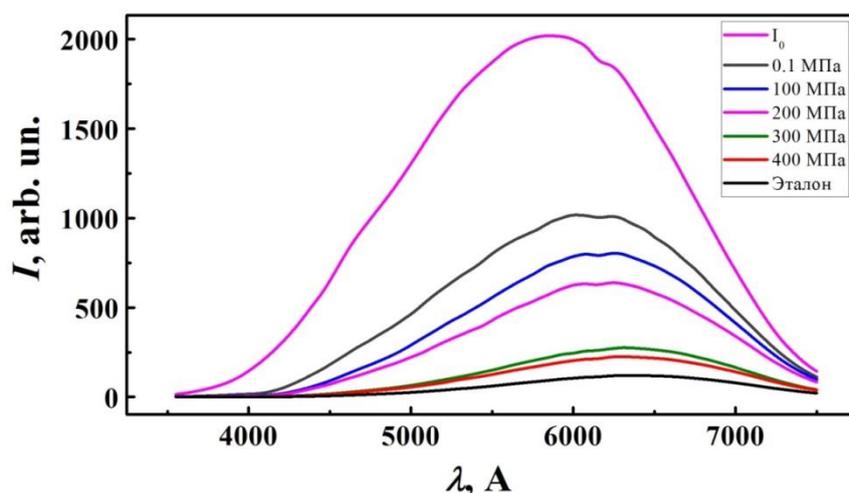


Рис.4 - Спектральная зависимость интенсивности падающего излучения и излучения, прошедшего через эталонный образец и образцы рыбного фарша, обработанного давлением. Для наглядности, интенсивность падающего излучения уменьшена в 5 раз.

Рассчитанная по формуле 17 спектральная зависимость натуральной оптической плотности эталонного образца и образцов рыбного фарша, обработанного давлением 0,1; 100; 200; 300 и 400 МПа при температуре 295 К, приведена на рис. 5.

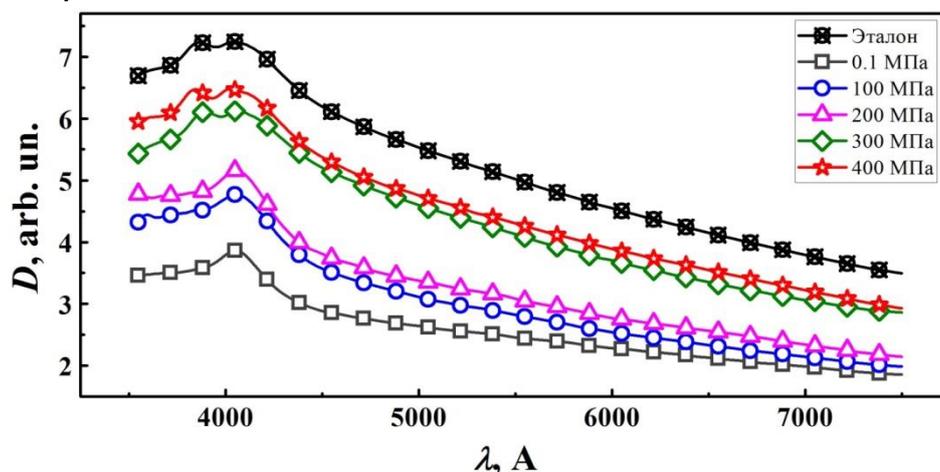


Рис.5 - Спектральная зависимость натуральной оптической плотности эталонного образца и образцов рыбного фарша, обработанного давлением

Как видно спектры всех измеренных образцов имеют одну полосу поглощения с максимумом при 4000 \AA , относительная интегральная интенсивность

которой практически не зависит от давления и одинакова на всех кривых. Максимальные значения оптической плотности всех образцов совпадают с максимумом соответствующей полосы поглощения, абсолютная величина которой зависит от давления и связана с повышением соответствующей кривой. С ростом давления концентрация денатурированного белка в рыбном фарше увеличивается, и образец начинает рассеивать свет в большей степени, что приводит к повышению экспериментальных кривых.

Полученную интегральную натуральную оптическую плотность D_{Σ} образцов рыбного фарша, нормировали на величину интегральной натуральной оптической плотности эталонного образца. Экспериментальная зависимость нормированной интегральной натуральной оптической плотности D_{Σ} от давления P приведена на рис. 6.

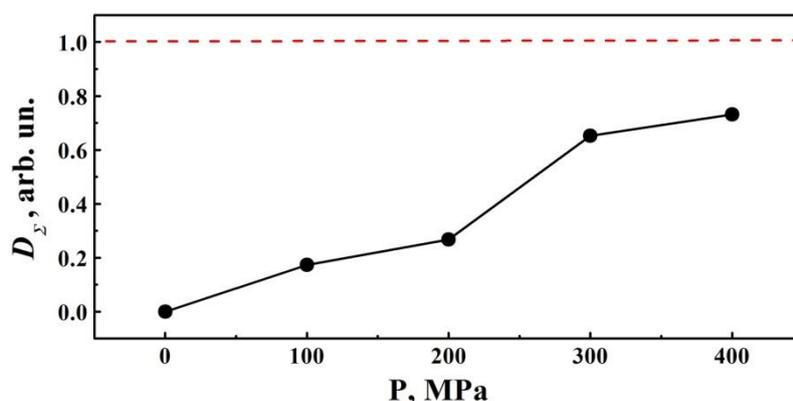


Рис.6 - Экспериментальная зависимость $D_{\Sigma}(P)$. Штриховая линия на рисунке соответствует величине нормированной интегральной натуральной оптической плотности эталонного образца

Как видно на рис. 6, с повышением давления зависимость $D_{\Sigma}(P)$ монотонно растет и не достигает максимально возможного значения, соответствующего эталонному образцу. Поскольку нормированная интегральная оптическая плотность D_{Σ} пропорциональна концентрации c денатурированных молекул белка в образцах рыбного фарша ($D_{\Sigma} \sim c$), то в рамках принятых в работе допущений, экспериментальные кривые на рис. 5 непосредственно отображают функциональную зависимость $c(P)$.

Таким образом, в образцах рыбного фарша, обработанного в течении 15 мин при комнатной температуре наибольшим в эксперименте высоким гидростатическим давлением 400 МПа, концентрация денатурированных молекул белка в 1,37 раза меньше, чем их концентрация в образце вареного рыбного фарша.

Для математического моделирования процесса денатурации молекул белка от абсолютной величины давления обработки рыбного фарша мы представили константу равновесия K в виде соотношения 18.

$$K = \frac{c_D(P)}{c_N(P)}, \quad (18)$$

где $c_N(P)$ и $c_D(P)$ - концентрации молекул, соответственно, нативного и денатурированного белка при давлении P .

Уравнение изменения константы равновесия под действием давления при постоянной температуре можно представить в виде уравнения изотермы биохимической реакции (19).

$$\left(\frac{\partial \ln K}{\partial P} \right)_T = - \frac{\Delta V^*}{P}, \quad (19)$$

где ΔV^* – изменение активационного объема биохимической реакции, P - давление.

Решение уравнения (19) имеет вид (20).

$$\ln \frac{K_P}{K_{P_0}} = \ln \frac{P}{P_0}, \quad (20)$$

где: K_P и K_{P_0} – значения константы равновесия соответственно при давлениях P и P_0 .

Из уравнения (20) следует линейная зависимость константы равновесия K от давления P .

Для подгонки модельной кривой к экспериментальным данным на рис. 6 использовали линейную регрессию по методу наименьших квадратов (метод Гаусса-Ньютона). Уравнение модельной линейной кривой имеет вид 21.

$$y = a \cdot x, \quad (21)$$

где: a – постоянный числовой коэффициент.

В соответствии с решением уравнения (19), рассчитанное значение постоянного коэффициента модельной кривой (6) $a = 0,0019439869$ равно константе равновесия K ($K = 0.0019439869$).

Величину внешнего гидростатического давления, при котором концентрация денатурированных молекул белка в образцах обработанного рыбного фарша станет равным концентрации денатурированных молекул белка в эталонном образце, находили экстраполяцией экспериментальных данных модельной линией. Результат экстраполяции приведен на рис. 7.

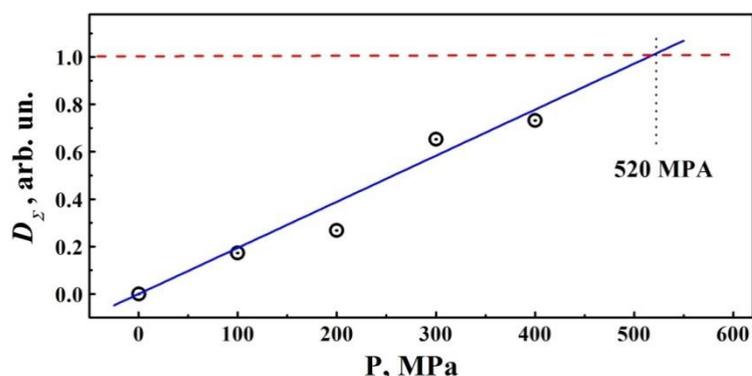


Рис.7 - Экстраполяция экспериментальных данных модельной линией

Как видно на рис. 7, модельная линия пересекает красную штриховую линию эталонного образца примерно при 520 МПа. Это означает, что если рыбный фарш обработать давлением 520 МПа в течение 15 минут при температуре 295 К, то концентрация денатурированных молекул белка в нем станет равной концентрации денатурированных молекул белка в вареном рыбном фарше. Этот факт подвигнул нас к проверке гипотезы о возможности замены тепловой обработки рыбного сырья на обработку ВД, которая может привести к созданию продукта с отличными, от традиционно приготовленных тепловыми методами, реологическими и органолептическими свойствами.

Известно, что для обеспечения кулинарной готовности продукта необходимо достижение его микробиологического благополучия и инактивации фермента кислой фосфатазы. Нами был проведен эксперимент по обработке сырого паштетного фарша из рыбы ВД с целью достижения его кулинарной готовности. В качестве предмета исследований была использована мышечная ткань рыбы азово-черноморского бассейна (черноморская хамса, мелкая черноморская ставрида, черноморский шпрот).

Образцы фарша подвергались воздействию ВД в диапазоне давлений от 100 до 600 МПа, с различными значениями времени обработки.

После обработки высоким давлением производились микробиологические исследования и определение остаточной ферментативной активности.

Начальная обсемененность необработанных образцов составила 875 КОЕ/см³. В образцах, обработанных давлением 100 МПа, количество МАФАМ оказалось на 5,5-11,3% выше, чем в необработанных образцах. Это объясняется прорастанием бактериальных спор при воздействии на них давления величиной 50 – 100 МПа. Обработка давлением величиной 200 МПа не приводит к сколь-либо значимым изменениям, а величинами от 300 до 600 МПа позволяет снизить обсемененность образцов на 14-75%.

Анализ результатов позволяет констатировать, что обработка высоким давлением может обеспечить необходимый уровень стерильности продукта сохраняемый в течении 20 суток хранения. При этом наилучшие показатели имеют образцы, обработанные давлением 600 МПа с временем выдержки 15 минут.

Для подтверждения полной кулинарной готовности были проведены исследования по определению степени инактивации фермента кислой фосфатазы в зависимости от давления и времени экспозиции. Этот показатель является одним из основных при определении кулинарной готовности обрабатываемого продукта. Результаты представлены на рисунке 13.

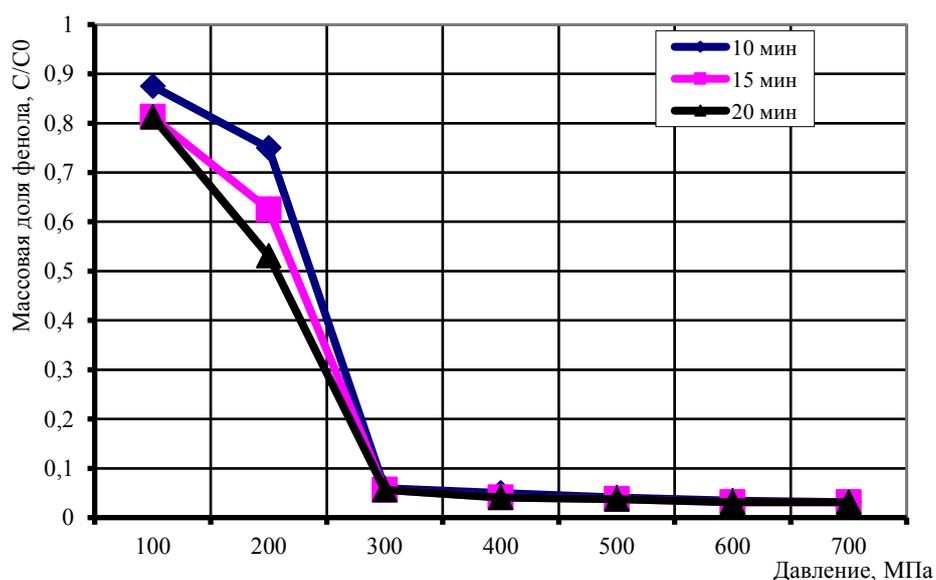


Рис. 8 - Кинетика изменения активности фермента кислая фосфатаза в рыбном фарше

В пятом разделе «Теоретические предпосылки и экспериментальные исследования деформированно - напряженного состояния рыбного паштета под действием ВД» изучено влияние высокого гидростатического давления на структурно-механические свойства рыбы и рыбных продуктов.

С целью оценки технологических и органолептических свойств полученного с применением высокого давления (до 600 МПа) рыбного паштета нами были проведены исследования его структурно-механических свойств.

В качестве базовых реологических свойств нами исследовались вязкость, являющаяся обобщенной характеристикой сложной структуры паштетов, и напряжение сдвига, характеризующее формообразующую (формуоудерживающую) способность и устойчивость структуры.

Объектами реологических исследований являлись 3 образца:

- образец №1 - сырой паштетный фарш;
- образец №2 - паштет, полученный классическим способом;
- образец №3 - паштет, обработанный в течении 25 минут давлением 570МПа.

Для визуализации кривых течения использован ротационный вискозиметр RHEOTEST RN4.1 (Германия). Нами получены усредненные значения эффективной вязкости образцов паштетных масс $\eta_{эф}(D)$, напряжения сдвига $\theta(D)$ в зависимости от скорости сдвига D (таблица 2). На рисунке 9 изображены кривые течения, построенные по данным эксперимента. Кривые течения демонстрируют, что каждому значению скорости сдвига соответствует определенное равновесное состояние структуры продукта. Сырой паштетный фарш, а также паштеты, полученные в результате термической обработки (классическая методика) и обработки высоким давлением, относятся к неньютоновским твердообразным системам с выраженной псевдопластичностью. С увеличением скорости сдвига вязкость уменьшается и стабилизируется при переходе в область разрушенной структуры. При превышении скорости сдвига значения 65 с^{-1} скорость изменения значений вязкости значительно уменьшается. Колебания величины напряжения сдвига значительны в зависимости от состояния образцов.

Таблица 2 - Результаты экспериментальных исследований

Образец №1			Образец №2			Образец №3		
Напря- жение сдвига, <i>Па</i>	Эффек- тивная вязкость, <i>Па.с</i>	Скорость сдвига, <i>с⁻¹</i>	Напря- жение сдвига, <i>Па</i>	Эффек- тивная вязкость, <i>Па.с</i>	Скорость сдвига, <i>с⁻¹</i>	Напря- жение сдвига, <i>Па</i>	Эффек- тивная вязкость, <i>Па.с</i>	Скорость сдвига, <i>с⁻¹</i>
4,632	410	0,024	72,4	2790	0,08	52,7	2410	0,08
114	203	2,59	810	2069	0,09	357,9	1634	0,09
186	7,211	25,17	1630	669	35,8	507	245	35,8
238	5,368	44,83	2270	57,12	65,7	629,4	27,6	65,7
258	3,568	64,11	2596	36,54	88,4	753	25,8	88,4
264	2,357	84,35	2770	32,15	108,6	853,6	23,4	108,6
286	1,385	108,4	2940	30,14	124,7	957,1	18,6	124,7
315	1,014	135,2	3080	28,62	142,6	1060	17,8	142,6
323	0,988	153,3	3110	20,16	165,7	1180	15,5	165,7

335	0,752	174,8	3210	19,58	197,8	1250	13,5	197,8
362	0,566	195,5	3310	18,24	210,7	1280	10,72	210,7
384	0,496	215,4	3350	16,54	218,8	1320	9,83	218,8
384	0,482	218,6	3350	14,18	226,7	1320	8,54	226,7

Результаты экспериментальных исследований показали, что образцы обладают стойкой структурой, разрушение которой начинается только при достижении определенного напряжения сдвига. Паштет, обработанный ВД, оказался более однородным, менее вязким, прочным и твердым, что согласуется с органолептической экспертизой, которая отметила большую нежность, плотность, сочность такого паштета.

Для установления характера течения структуры исследуемых образцов с использованием программы «FindGraph», определены эмпирические зависимости, описывающие полученные экспериментальные кривые течения.

Проанализировав законы, учитывающие, что исследуемые образцы имеют границу текучести, вязкость является функцией скорости сдвига, кривая текучести начинается не с начала координат, мы определили, что высокой степенью точности зависимость напряжения сдвига от градиента скорости сдвига описывает уравнение общего закона Кассона:

$$\theta^n = \theta_0^n + (\eta \cdot D)^n, \quad (22)$$

где θ_0 (Па) - предельное напряжение сдвига, при котором начинается течение образца; D (1/с) - градиент скорости сдвига;

η (Па с) – вязкость; n - показатель степени кривизны кривой течения.

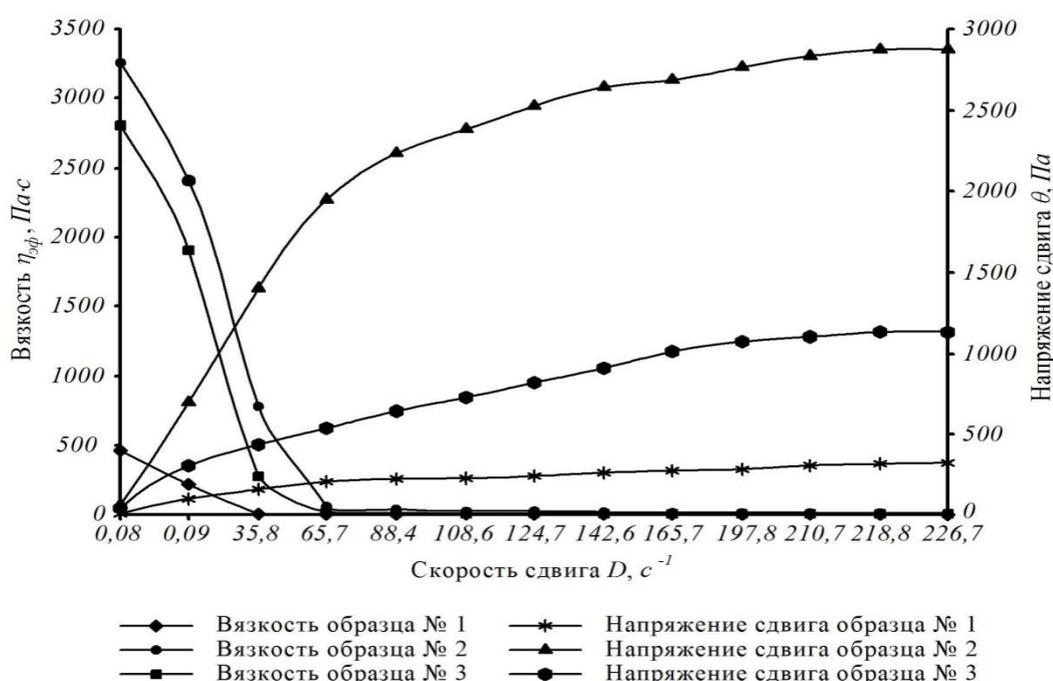


Рис. 9 - Кривые течения

Зависимость вязкости образцов от градиента скорости сдвига описывается экспоненциальными законами.

$$\theta = a + bD + cD^2 + d\eta_{эф}, \quad (23)$$

где a, b, c, d - константы уравнений.

В таблице 3 приведены уравнения, описывающие кривые течения исследуемых образцов, полученные обработкой экспериментальных данных.

Таблица 3 - Уравнения описания кривых течения исследуемых образцов

Реологическая характеристика	Тип образца	Законы течения	Множественный R^2
Напряжение сдвига	Образец №1	$\theta^{\frac{1}{1,24}} = 947,9^{\frac{1}{1,24}} + (1,24D)^{\frac{1}{1,24}}$	0,912
	Образец №2	$\theta^{\frac{1}{0,99}} = 990^{\frac{1}{0,99}} + (11,9D)^{\frac{1}{0,99}}$	0,85
	Образец №3	$\theta^{\frac{1}{1,034}} = 378,29^{\frac{1}{1,034}} + (8,468D)^{\frac{1}{1,034}}$	0,96
Вязкость	Образец №1	$\eta = 412,638 e^{-0,274D}$	0,999
	Образец №2	$\eta = 2442,2 e^{-0,04D}$	0,972
	Образец №3	$\eta = 4506 e^{-0,100D}$	0,967

На рисунках 10- 15 показаны базовые поверхности и поверхности отклика зависимостей структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для исследуемых образцов.

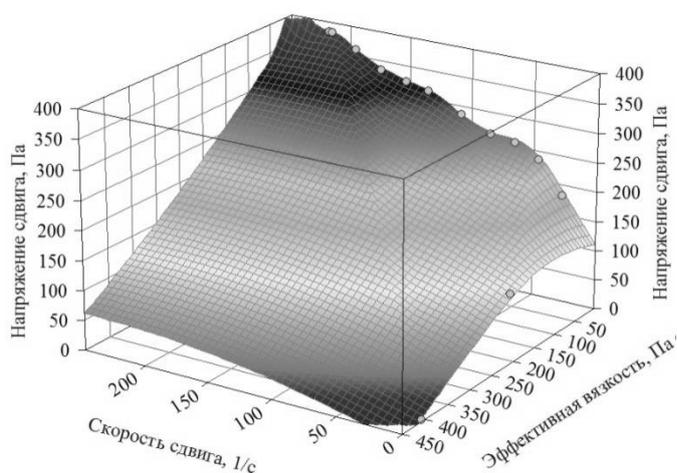


Рис. 10 - Базовая поверхность зависимости структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для сырого паштетного фарша

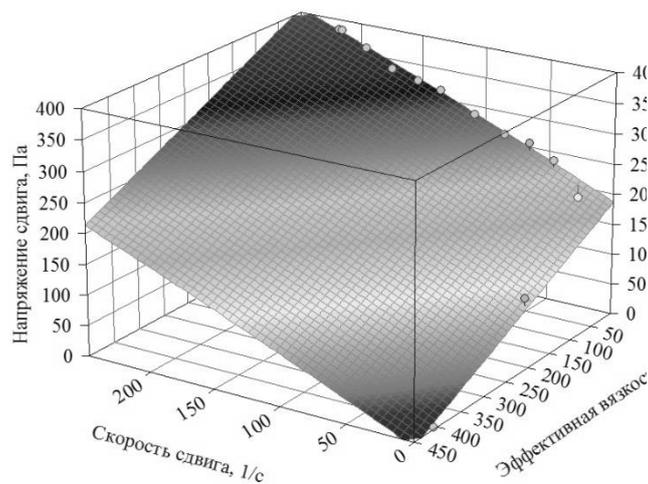


Рис. 11- Поверхность отклика зависимости структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для сырого паштетного фарша

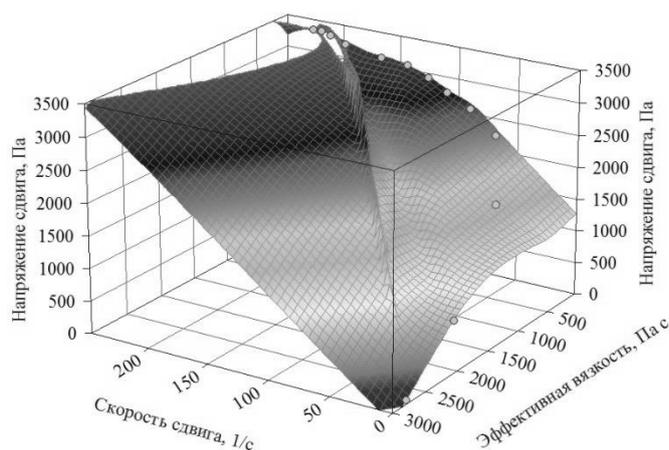


Рис. 12- Базовая поверхность зависимости структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для образца паштета, полученного классическим способом

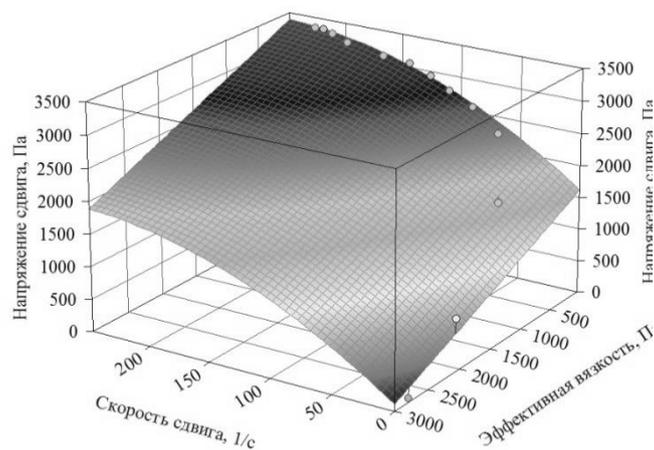


Рис. 13- Поверхность отклика зависимости структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для образца паштета, полученного классическим способом

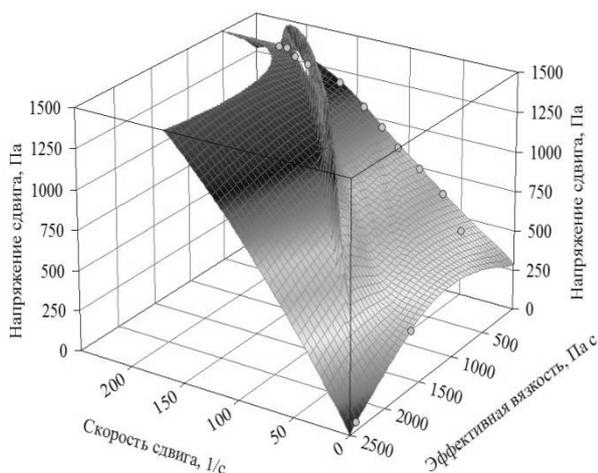


Рис. 14 - Базовая поверхность зависимости структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для образца паштета, обработанного в течение 25 минут давлением 570 МПа

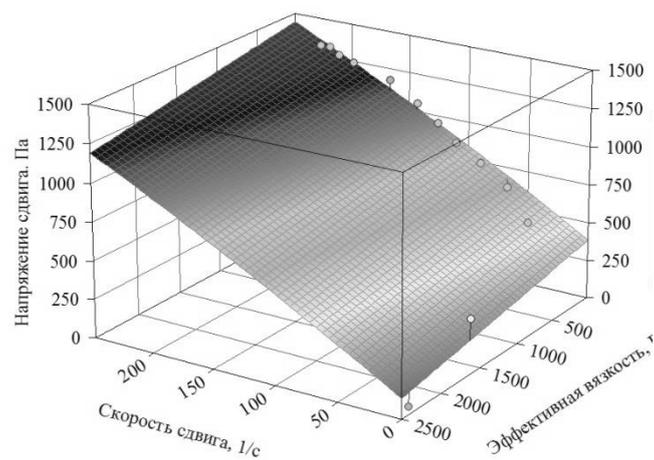


Рис.15 - Поверхность отклика зависимости структурно-механических свойств и градиента скорости сдвига для образца паштета, обработанного в течение 25 минут давлением 570 МПа

В таблице 4 приведены уравнения описания зависимости структурно-механических свойств и скорости сдвига.

Таблица 4- Уравнения описания зависимости структурно-механических свойств и скорости сдвига

Тип образца	Законы течения	Множественный R^2
Образец №1	$\theta = 187,5 + 0,959D - 0,0003D^2 - 0,432\eta_{эф}$	0,999
Образец №2	$\theta = 1619 + 13,3D - 0,025D^2 + 0,5\eta_{эф}$	0,999
Образец №3	$\theta = 386,5 + 4,71D - 0,002D^2 - 0,1\eta_{эф}$	0,999

Таким образом, доказана перспективность обработки дВД как с точки зрения обеззараживания продуктов, так и способностью такой обработки изменять функциональность систем мышечных белков, содержащихся в продуктах эмульсионного типа, таких как фаршевые изделия. Обработка ВД позволила получить рыбный паштет с гладкой текстурой и умеренной эластичностью без термической обработки, что делает его подходящим для диеты возрастных групп потребителей при дисфагии.

Раздел шесть «Оценка качества рыбного паштета и реализация результатов теоретических и экспериментальных исследований» посвящен разработке комплексного показателя качества рыбного паштета и аппаратурных схем производства кулинарных изделий из гидробионтов.

Коэффициенты весомости при расчете комплексного показателя качества рыбного паштета, приготовленного атермическим способом, определены с использованием метода опроса экспертов и общих рекомендаций по установлению значений коэффициентов весомости. Рассчитанные коэффициенты весомости представлены в табл. 5.

Таблица 5 - Коэффициенты весомости для расчета комплексного показателя качества рыбного паштета, приготовленного атермическим способом

Коэффициенты весомости для группы κ_i											Между группами свойств K_i				
А					В			С	Д	Е	А	В	С	Д	Е
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	C_1	D_1	E_1	А	В	С	Д	Е
0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	1	1	1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2

Где:

- группа А: (A_1 - вкус, A_2 - запах, A_3 - цвет, A_4 - консистенция, A_5 - внешний вид на разрезе);

- группа В: B_1 - массовая доля сухих веществ, %; B_2 - массовая доля поваренной соли, %; B_3 – общая кислотность, %;

- группа С: предельное напряжение сдвига, Па;

- группа Д: остаточная активность кислой фосфатазы;

- группы Е: содержание МАФАФ, КОЕ/см³;

Определение относительных показателей Mi проводили по формулам (24), (25)

$$Mi = \frac{Pi}{Pi_{\text{баз}}}, \quad (24)$$

$$Mi = \frac{Pi_{\text{баз}}}{Pi}, \quad (25)$$

где Pi - значение i -го показателя ($i = 1, 2, 3 \dots n$) качества оцениваемой продукции;

$Pi_{\text{баз}}$ - базовое значение i -го показателя;

n - количество оцениваемых показателей.

Зависимость (24) выбирали в том случае, если повышение значения показателя приводило к повышению качества продукции в целом. И наоборот, формулу (25) использовали, когда снижение показателя приводило к повышению качества.

Анализ оценок качества отдельных свойств проводили с использованием графика функции желательности Харрингтона для свойств групп А, В, С, D, Е, что предусматривает разделение всего интервала значений функции желательности на ряд промежутков (градаций качества): плохое качество, удовлетворительное, хорошее и отличное.

Полученные данные приведены в табл. 6.

Для сведения оценок отдельных свойств принимали аддитивную модель комплексной оценки в виде средневзвешенной арифметической величины

$$K_0 = \sum_{i=1}^n Mi \cdot Ki \quad (26)$$

где Ki - значение комплексного показателя качества для отдельных групп свойств продукта (K_A, K_B, K_C, K_D, K_E)

Mi - значения относительных показателей качества;

Ki - коэффициенты весомости отдельных показателей качества для каждой группы свойств.

Результаты расчета комплексных показателей качества для отдельных групп свойств рыбного паштета приведены в табл. 7.

Таблица 6 - Определение относительных показателей качества

Единичные показатели качества	Единицы измерения	Базовое значение показателя качества	Размерные показатели качества		Относительные показатели качества	
			Контр.	Иссл.обр.	Контр.	Иссл.обр.
A_1	баллы	30	24	27	0,8	0,9
A_2		20	16	20	0,8	1
A_3		20	14	20	0,7	1
A_4		20	15	20	0,75	1
A_5		10	8	9	0,8	0,9
B_1	%	50	45	55	0,9	1,1
B_2		2	2	1,5	1	1,5

B ₃		0,5	0,5	0,5	1	1
C ₁	Па	900	800	1100	0,9	1,2
D ₁	%	0,005	0,006	0,003	0,8	1,6
E ₁	КОЕ/см ³	300	400	150	0,75	2

Таблица 7 - Комплексные показатели качества для отдельных групп свойств рыбного паштета

Комплексный показатель качества	Контрольный образец	Исследуемый образец
K _A	0,77	0,96
K _B	0,96	1,19
K _C	0,9	1,2
K _D	0,8	1,6
K _E	0,75	2

Комплексную оценку качества рыбного паштета (КПК) определяли как

$$КПК = \sum K_0 K_I \quad (27)$$

где K_i - коэффициенты весомости каждой группы свойств.

По результатам расчетов комплексный показатель качества контрольного образца составляет 0,82, а рыбного паштета, приготовленного атермическим способом - 1,37.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе предложено решение имеющей важное хозяйственное значение научно-технической и социальной проблемы повышения эффективности использования маломерной и рыбы пониженной пищевой ценности путем разработки более эффективных технологических процессов создания товарной продукции отвечающей современным требованиям рационального питания.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. На основе анализа современного состояния теории и практики в области технологии производства пищевых продуктов разработана технология производства готовых пищевых продуктов из некондиционной и маломерной рыбы азово-черноморского бассейна с использованием ВД.

2. Разработана адаптированная стратегия проведения эксперимента и предложено методико-аппаратурное обеспечение экспериментальных исследований.

3. Выявлены закономерности изменения свойств комплекса микробиологических, физико-химических, структурно-механических, органолептических и других показателей гидробионтов при обработке ВД.

4. Разработана и запатентована технология производства реструктурированной ветчинной продукции из гидробионтов с использованием ВД.

5. Разработана рецептура и технология производства рыбного паштета, показана возможность применения его в гериатрических диетах.

6. Экспериментально и теоретически доказана возможность изготовления рыбного паштета атермическим способом;

7. Разработан проект технических условий ТУ 10.20.25-2021.0001 «Паштеты рыбные для гериатрического питания».

8. Разработана аппаратурная схема и ее отдельные конструктивные элементы для реализации процесса производства готовых кулинарных изделий при помощи ВД.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях:

1. Соколов, С.А. Использование технологии реструктуризации при производстве морепродуктов: обзор / Соколов С.А., Севаторов Н.Н., **Малич А.А.** // Оборудование и технологии пищевых производств: темат. сб. науч. трудов – Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ», 2020. – Вып. 9(42). – С. 29-44.

2. Соколов, С.А. Экспериментальные исследования влияния высокого давления на упругие характеристики рыбного фарша / Соколов С.А., Яшонков А.А., **Малич А.А.** // Вестник Керченского государственного морского технологического университета: науч. журнал – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2020. – Вып.3. – С.57-67.

3. Соколов, С.А. Экспериментальное исследование влияния входных параметров на качество готового продукта при переработке рыбного сырья / Соколов С.А., Яковлев О.В., Яшонков А.А., **Малич А.А.** // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания – Воронеж, 2020. – № 3. – С. 143-149.

4. Соколов, С.А. К вопросу описания деформировано-напряженного состояния рыбного паштета под действием высокого гидростатического давления / Соколов С.А., Яковлев О.В. **Малич А.А.** // Вестник Керченского государственного морского технологического университета: науч. журнал – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2021. – Вып.1. – С.112-126.

5. Соколов, С.А. Определение реологических характеристик рыбного паштета / Соколов С.А., Афенченко Д.С., **Малич А.А.** // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики "Луганский национальный аграрный университет" – Луганск, 2020. – № 8-3. – С. 161-172.

6. Соколов, С.А. Экспериментальная оценка эффектов, возникающих при обработке рыбного фарша высоким давлением / Соколов С.А., Севаторов Н.Н., **Малич А.А.** // «Морские технологии: проблемы и решения -

2018» [Электронный ресурс]: Сборник трудов по материалам научно-практических конференций преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ» 2018 г. / под общ.ред. Масюткина Е. П. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2018. – С.201-208. – Режим доступа: http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/morskie_tekhnologii2018.pdf, свободный – Загл. с экрана. Текст: электронный.

7. Соколов, С.А. Математическое моделирование кинетики инактивации микроорганизмов в рыбном фарше под действием высокого давления / Соколов С.А., Севаторов Н.Н., **Малич А.А.** // «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства» Керчь, 14-17мая 2020 г. Сб. тезисов докладов участников I Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства» [Электронный ресурс]: Сборник тезисов / под общ.ред. Масюткина Е. П. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2020. – С.212-217. – Режим доступа: http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/Sbornik_Tezisov_May_Kerch.pdf. – Загл. с экрана. Текст: электронный.

8. Sergey, Sokolov. Influence of high pressure treatment on the rheological characteristics of fish paste / Sergey Sokolov, Dmitry Afenchenko, **Alexander Malich**, Alexander Yashonkov, Oleg Yakovlev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 403, XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry 10–13 September 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012233>

9. Sergey, Sokolov. Agricultural machinery used in the process of denaturation of minced fish proteine / Sergey Sokolov, Innesa Deyneka, **Alexander Malich**, Alexander Yashonkov, Oleg Yakovlev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 918, VIII International Scientific Conference Transport of Siberia - 2020 22-27 May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012145>.

Материалы научно-практических конференций:

1. Соколов, С.А. Экспериментальная оценка применимости обработки высоким давлением для атермического производства паштетов из рыбного сырья / Соколов С.А., Севаторов Н.Н., **Малич А.А.** // Пищевые технологии: исследования, инновации, маркетинг: Материалы I Национальной научно-практической конференции. – Симферополь: Изд-во SoloRich, 2018. – С.102-103.

2. **Малич, А.А.** Экспериментальная оценка влияния обработки высоким давлением рыбного фарша на его микробиологические характеристики / **Малич А.А.**, Красногрудов А.А., Севаторов Н.Н. // Материалы междунар. Науч.-практ. конф., посвященной 25-летию факультета технологии и товароведения / Воронеж. гос. аграр. ун-та имени императора Петра I. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – Ч. II. – С. 66-71.

3. Севаторов, Н.Н. Оценка эффективности режимов обработки высоким давлением рыбного фарша по срокам его хранения / Севаторов Н.Н., **Малич А.А.**, Сушков О.Д., Павлова Ю.И. // Инновационные технологии в науке и образовании («ИТНО-2019»): сб. трудов. – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2019. – С. 358-362.

4. Севаторов, Н.Н. Квалиметрический подход к оценке качества реструктурированных кулинарных изделий из рыб Азово-Черноморского бассейна / Севаторов Н.Н., **Малич А.А.**, Сушков О.Д., Степанов Д.В. // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: материалы II-й Всероссийской науч.-практ. конф. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. – С. 509-513.

5. **Малич, А.А.** Разработка атермической технологии производства рыбно-овощного паштета увеличенного срока хранения / Малич А.А., Соколов С.А., Абдеминова А.Л. // Сборник тезисов докладов участников пула науч.-практ. конф. 25-28 января 2021 г. – г. Сочи, 2021. – С.153-156.

6. Соколов, С.А. Перспективы и особенности использования гидробионтов внутренних водоёмов Донбасса для производства продуктов, применяемых в гериатрических диетах / Соколов С.А., **Малич А.А.**, Олейникова Р.Е. // В книге: Инновационные направления интеграции науки, образования и производства. Сборник тезисов докладов участников II Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е.П. Масюткина. – Керчь, 2021. – С. 244-247.

Патенты:

1. Пат. 136071Україна, МПК (20106.01) А23L 17/00. Спосіб виготовлення реструктурованої рибної ковбаси / Гура О.А., Соколов С.А., Севаторов М.М., Декань О.О., Афенченко Д.С., **Маліч О.А.** заявник і власник Гура О.А., Соколов С.А., Севаторов М.М., Декань О.О., Афенченко Д.С., **Маліч О.А.** –№ u201800177 ; заявл. 04.01.2018; опубл. 12.08.2019, бюл. № 15.– 3 с.

Монографии:

1. Соколов, С.А. Инновационные процессы переработки водных биоресурсов азово-черноморского бассейна / Соколов С.А., **Малич А.А.**, Севаторов Н.Н., Степанов Д.В., Яковлев О.В., Яшонков А.А. // Керчь, 2019. – 178 с.

В работах 1, 8, 9 соискателем проведен аналитический обзор существующего состояния знаний по проблеме исследований, определены задачи исследований. В работах 2-6 соискателем разработана стратегия и тактика экспериментальных исследований, получены и проанализированы результаты экспериментов. В работе 7 автором разработана модель кинетики инактивации микроорганизмов в рыбном фарше под действием высокого давления с интерпретацией результатов моделирования

Во всех работах автор принимал участие в подготовке материалов к публикациям.

Подписано в печать 5.09.2022. Формат 60x84x1/16. Усл. печ. л. 2,0. Печать лазерная. Заказ № _____. Тираж 100 экз. Отпечатано в ООО «Цифровая типография» на цифровых издательских комплексах Rank Xerox DocuTech 135 и DocuColor 2060. 83003, г. Донецк, ул. Артема, 181, тел. (062) 348-01-79, <http://cifra.donetsk.ua>