

ОТЗЫВ

официального оппонента ведущего научного сотрудника лаборатории технологии яйцепродуктов «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Агафонычева Валерия Петровича на диссертационную работу Яснова Андрея Сергеевича на тему «Научное обоснование технологии и технических решений сушки печени сома в поле СВЧ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы

1. Актуальность темы.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена стратегическими ориентирами развития рыбохозяйственной отрасли и пищевого машиностроения РФ до 2030 года, утвержденными Правительством РФ 30 августа 2019 г. № 1931-р, а также 26 ноября 2019 г. № 2798-р, которые предусматривают рациональное природопользование, внедрение высокотехнологичных методов переработки пищевого сырья и эффективное использование вторичных ресурсов. В этих условиях особую значимость приобретает углубление переработки продукции товарного рыбоводства, ориентированное на вовлечение в хозяйственный оборот малоиспользуемых и побочных продуктов переработки рыбы. Одним из таких ресурсов является печень сома обыкновенного, характеризующаяся высоким содержанием биологически ценных веществ, включая липиды, жирорастворимые витамины и белковые соединения. Несмотря на значительный потенциал данного сырья, в настоящее время оно используется недостаточно эффективно и преимущественно направляется на производство кормовой продукции или утилизируется. В этой связи перспективным направлением является получение сухой продукции путем применения микроволновой (СВЧ) сушки, обладающей рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами, включая интенсификацию тепломассопереноса, сокращение продолжительности процесса – и более щадящее воздействие на термолабильные компоненты. Решение этой задачи будет способствовать повышению рентабельности рыбохозяйственных предприятий и реализации стратегических установок по глубокой переработке водных биологических ресурсов.

2. Оценка объема, структуры и содержания работы.

На оппонирование представлена диссертация в форме рукописи

объемом 185 страницы, которая состоит из следующих разделов: введения, 6 глав, заключения, списка использованной литературы и 16 приложений. Список литературы включает 140 наименований, в том числе 51 иностранных. Диссертационная работа иллюстрирована 24 таблицами и 42 рисунками.

Диссертация аккуратно оформлена, изложенный в ней текст подчиняется принципу единообразия. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к оформлению кандидатских диссертаций.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследований. Поставлена цель и сформулированы задачи диссертационной работы.

В первой главе приводится общий обзор современных технологий производства пищевой продукции и выделения биологически активных соединений из рыбного сырья, рассматриваются примеры обнаружения и извлечения различных биологически активных веществ из печени гидробионтов, даётся оценка перспектив использования печени сома в технологиях их получения, анализируются объёмы вылова сома, а также на основе анализа известных способов переработки аналогичных продуктов обосновывается выбор процесса микроволновой сушки.

Во второй главе приведен объект исследования – печень сома, и подробно описаны традиционные и оригинальные методы, использованные для экспериментального изучения его свойств.

В третьей главе научно обоснованы определенные экспериментально гигроскопические, теплофизические, диэлектрические характеристики печени сома, выделены параметры теплопереноса, а также представлены результаты термодинамического анализа взаимодействия ее сухого остатка с водой.

В четвертой главе на основе определения кинетики микроволновой сушки печени сома в тонком слое и моделирования этого процесса представлены технологические исследования качественного состояния объекта исследования, дополнительно, с учетом выявленных практических преимуществ предложена технологическая схема сушильной установки, работающей с использованием СВЧ.

В пятой главе представлена технoхимическая характеристика печени сома как в нативном, так и в высушенном состоянии; с этой целью были проанализированы химические элементы и проведена оценка микробиологии образцов.

В шестой главе представлены экономическое обоснование предлагаемой технологии и технологическая схема получения сухого порошка из печени сома, а также дано обоснование направлений его целевого использования и позиционирования с учётом технологических характеристик и товарных

свойств получаемого продукта.

В заключении приведены основные выводы по диссертации.

В приложения включены объекты интеллектуальной собственности, акты внедрения и производственной апробации разработанной технологии, скриншоты разработки и решения математической модели микроволновой сушки печени сома в среде Mathcad Professional, а также результаты статистической обработки экспериментальных данных.

В целом, структура и содержание диссертационной работы соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автореферат объективно и в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе, являются научно обоснованными и достоверными, что подтверждается комплексным применением взаимодополняющих теоретических и экспериментальных методов исследования. Достоверность полученных экспериментальных данных обеспечена использованием аттестованной аппаратуры, соблюдением стандартизированных методик, многократной повторяемостью опытов со статистической обработкой результатов, а также корректным применением методов математического моделирования, адекватность которого подтверждена удовлетворительным соответствием расчётных данных экспериментальным. Достоверность научных положений и выводов подтверждена публикациями 10-ти научных статей, в том числе 4-х работ – в журналах, входящих в Перечень рецензируемых изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Обоснованность технологических и конструкторских решений подтверждается положительными результатами их апробации, патентной защитой и экономическим расчетом, а практическая ценность работы – актами о внедрении результатов исследований на предприятиях пищевой промышленности.

4. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем: экспериментально установлены и математически описаны

зависимости теплофизических, гигроскопических, диэлектрических и плотностных характеристик печени сома от влажности в диапазоне 5–68%, что позволяет учитывать изменение свойств сырья при его сушке; разработан и научно обоснован рациональный способ микроволновой сушки печени сома в тонком слое, основанный на оригинальной математической модели процесса, адаптированной к специфике объекта сушки с учётом объемного подвода энергии микроволнового излучения частотой 2450 МГц; установлена количественная взаимосвязь между режимными параметрами СВЧ-сушки и её удельной производительностью; доказано, что разработанные режимы микроволновой сушки обеспечивают максимальное сохранение нативных свойств и биологической ценности продукта, включая сохранность жирнокислотного состава (в том числе полиненасыщенных ω -3 и ω -6 жирных кислот), полного спектра незаменимых аминокислот, витаминов А и Е, а также микроэлементного профиля.

5. Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в расширении, обобщении и систематизации научных представлений о химическом составе, пищевой и биологической ценности печени сома как вторичного рыбного сырья, что формирует научную основу для получения новых данных как прикладного, так и фундаментального характера. Установленные и математически описанные зависимости теплофизических, гигроскопических и диэлектрических характеристик печени сома от влажности в заданных температурных диапазонах вносят вклад в развитие теории тепломассопереноса применительно к рыбным субпродуктам. Результаты термодинамического анализа сорбции влаги и выявленные кинетические закономерности микроволнового обезвоживания углубляют представления о механизмах удаления влаги в поле СВЧ и создают научную основу для оптимизации и масштабирования процесса.

Практическая значимость исследования определяется тем, что разработан рациональный способ микроволновой сушки печени сома, направленный на получение сухого пищевого ингредиента с заданными свойствами, а также предложены оригинальные технические решения по организации процесса СВЧ-сушки рыбного субпродукта, обеспечивающие снижение энергозатрат и экологическую безопасность технологического процесса, что реализовано в полезной модели (патент РФ № 231633). Разработанная технология обеспечивает сохранение высоких потребительских свойств и биологической ценности сырья и позволяет трансформировать малоценные вторичные ресурсы переработки рыбы в

качественный пищевой продукт. Экономические расчеты подтверждают рентабельность предлагаемого решения, а акты внедрения на предприятиях г. Астрахани свидетельствуют о его готовности к промышленному использованию для повышения эффективности рыбоперерабатывающих предприятий.

6. Замечания по диссертационной работе.

Положительно оценивая диссертационную работу в целом, отмечу отдельные замечания к ее содержанию, которые могут служить ориентиром соискателю при постановке задач в рамках выполнения дальнейших исследований по данной теме.

1. Соискатель в разделе 1.2 (стр. 21–25) не приводит результатов маркетингового анализа отечественного рынка функциональных продуктов из рыбных субпродуктов, что несколько снижает практическую значимость приведенных в этом разделе выводов.

2. Использование соискателем для интерпретации изотерм сорбции печени сома классической теории полимолекулярной адсорбции (стр. 56 диссертации) представляется не вполне корректным без дополнительных пояснений, т.к. печень является не в полной мере капиллярно-пористым телом по причине сравнительно большой доли в ней гидрофобных липидов (до 22% в сыром виде (табл. 5.3)), которые могут влиять на механизм сорбции. Поэтому с учетом вышеизложенного соискателю целесообразно было бы объяснить присутствие точек перегиба на полученной изотерме.

3. В разделе 3.1 (стр. 62 диссертации, рис. 3.11) соискателем представлена графическая зависимость коэффициента температуропроводности α от влажности W печени сома, на которой отчетливо прослеживается наличие экстремума. Соискателю целесообразно было бы привести физико-химическое обоснование наличия этого экстремума.

4. В разделе 3.2 (стр. 65–74 диссертации) соискатель аппроксимирует графические зависимости диэлектрической проницаемости ϵ'_r , которая отражает энергию, аккумулируемую в материале при воздействии электрического поля, и мнимую её часть ϵ''_r от влажности W печени сома прямыми линиями, не обосновывая такое решение.

5. В разделе 1.2 (стр. 75–81 диссертации) соискателем недостаточно ясно раскрыта цель проведения термодинамического анализа гигроскопических характеристик, а также не в полной мере пояснено как использовали его результаты.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценности основных положений, предложенных автором к защите.


7. Заключение.

Диссертационная работа Яснова Андрея Сергеевича является законченным научным исследованием по актуальной проблематике. Её результаты обладают теоретической и практической ценностью и подтверждают решение значимой научно-прикладной задачи для рыбоперерабатывающей отрасли пищевой промышленности, направленной на рациональное использование вторичных ресурсов рыбохозяйственного комплекса, которая включает разработку технологии и аппаратного оформления процесса эффективной сушки печени сома в поле СВЧ, при обеспечении максимального сохранения исходных свойств сырья и увеличения выхода готовой продукции.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Яснова Андрея Сергеевича на тему «Научное обоснование технологии и технических решений сушки печени сома в поле СВЧ», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация изложенным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Яснов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник лаборатории технологии яйцепродуктов, доктор технических наук по научной специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

Агафонычев Валерий Петрович 
«24» апреля 2026 г.

Сведения об организации:

«Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства».

Адрес: 141311, Московская область, Городской Округ Сергиево-Посадский, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10
e-mail: av@vniipr.ru; тел: 8(903)200-10-81

Подпись Агафонычева В.П. подтверждаю:
ведущий специалист по кадрам



Присяженко Н.И.