

ОТЗЫВ

**официального оппонента Подкорытовой Антонины Владимировны
на диссертацию Сушиной Анастасии Дмитриевны на тему:
«Получение коптильно-водорослевого биогеля на основе биологически актив-
ных веществ фурцеллярии (*Furcellaria lumbricalis*) и обоснование его применения
в экологически безопасном горячем копчении рыбы»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологически актив-
ных веществ» (технические науки)**

Диссертационная работа Сушиной Анастасии Дмитриевны это аналитико-экспериментальное обоснование применения экстрактов из красной водоросли Балтийского моря фурцеллярии (*Furcellaria lumbricalis*) в обеспечении экологически безопасного бездымного горячего копчения повышенной биологической ценности.

Представленная к защите диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, объектов и методов исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, списка использованных источников из 164 источников, 15 приложений. Содержание диссертации изложено на 142 страницах основного текста, общий объем материалов с учетом приложений составляет 179 страницы.

Актуальность темы диссертации. В современном развитии биотехнологий происходят заметные изменения, вследствие создания и внедрения технологических процессов участвующих в импортозамещении пищевой рыбной продукции. В настоящее время идет активное внедрение инновационных научных разработок в деятельность российских промышленных предприятий.

Уже несколько десятков лет назад была установлена невозможность безопасного применения традиционного дымового копчения пищевой продукции в связи с повышенной канцерогенностью веществ коптильного дыма, а также ограниченным сроком хранения рыбной продукции горячего копчения и её невысоким качеством. Как было показано автором диссертационной работы Сушиной А.Д., перспективным направлением совершенствования технологии копчения является применение бездымной коптильной среды (коптильно-водорослевый биогель (КВБ)), с повышенными адгезионными свойствами за счет каррагинанов красных водорослей и обогащенной их биологически активными веществами, которые усиливают заданные эффекты копчения.

КВБ, созданный на основе каррагинанового экстракта, полученного из красной водоросли фурцеллярии, и современного безопасного коптильного ароматизатора «Жидкий дым» обладает повышенной вязкостью и способностью к адгезии. Кроме того, КВБ обладает пониженным содержанием фенольных и карбонильных веществ, но при этом содержит каррагинаны, антоцианы, каротиноиды, йод, витамины и другие биологически активные вещества (БАВ). Водные растворы содержащие каррагинан, а именно КВБ, обладают высокой вязкостью и его применение позволяет в процессе иммерсионной обработки рыбы нанести

на её поверхность все БАВ характерные для фуцеллярии. Последующая термическая обработка рыбы обеспечивает формирование на ее поверхности из КВБ съедобной пленки, состав которой обеспечивает все традиционные эффекты копченой рыбы — цвет, аромат и вкус копчености. При этом у вкуса продукции появляется своеобразный водорослевый оттенок, гармонично сбалансированный с ароматом и вкусом копчености. Очень важно, что в процессе подсушивания образуется на поверхности продукции каррагинановая плёнка, которая за счёт своих барьерных свойств, обуславливает повышенную устойчивость продукции в отношении микроорганизмов, что приводит к увеличению срока годности готовой рыбы горячего копчения.

Кроме того, в настоящее время красная водоросль (*Furcellaria lumbricalis*), произрастающая в российской части прибрежной зоны Балтийского моря, практически не используется для производства каррагинана. Однако, предложенный в диссертационной работе Сушиной А.Д. вариант переработки фуцеллярии с целью получения КВБ, позволяет решить некоторую часть проблемы использования водных биологических ресурсов (ВБР). Фуцеллярия, благодаря уникальному химическому составу может быть востребованной в пищевой технологии, и её можно использовать при создании безопасной, качественной и гастрономически привлекательной рыбы горячего копчения с определённым уровнем функциональных ингредиентов.

В результате диссертационного исследования Сушиной А.Д. получены данные, которые могут быть использованы в качестве модельной основы при разработке новых технологических решений, относящихся к использованию красных морских водорослей в различных пищевых технологиях и биотехнологиях.

Представленная диссертационная работа, автор Сушина А.Д., содержит оригинальные решения основных проблем в горячем копчении, позволяющие существенно повысить безопасность и экологичность технологии дымового процесса, а также улучшить качество и пищевую ценность готовой рыбной продукции путем использования коптильно-водорослевого биогеля (КВБ).

Актуальность и практическая ценность диссертационного исследования Сушиной А.Д. особенно значимы в связи с разработанной технической документацией на производство пищевой рыбной продукции и апробацией технологии на предприятии ООО «Транскомплекс-К» (г. Калининград).

В связи с изложенным диссертационная работа Сушиной А.Д., посвященная созданию научно-экспериментального обоснования технологии бездымного горячего копчения рыбы с использованием КВБ, являющегося композицией каррагинанового экстракта красных водорослей (*Furcellaria lumbricalis*) и их биологически активных веществ с коптильным препаратом «Жидкий дым», является актуальным направлением в развитии теории и практики копчения рыбной продукции.

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

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обусловлена комплексным подходом к реализации цели, анализом научной и технической литературы по теме диссертации, применением современных методов исследования, разработкой технических документов, промышленной апробацией полученных результатов, оценкой экономической эффективности.

В работе применены как стандартные и общепринятые, так и оригинальные методы анализа для проведения органолептических физико-химических биологических, микробиологических исследований с целью определения качества, пищевой ценности, безопасности и сроков хранения пищевой рыбной продукции. Основные технологические режимы в работе обоснованы с применением математической теории планирования и оптимизации эксперимента. Все полученные результаты обработаны общепринятыми методами математической статистики на доверительном уровне 95%.

Достоверность и новизна полученных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе

Достоверность результатов исследования обусловлена обоснованием целевой модели, которая предусматривает последовательное решение задач в аналитических, лабораторных и производственных условиях. Необходимо отметить полноту и объективность обзора литературных источников, а также логическую последовательность изложения материала в соответствии с поставленной целью и сформулированными задачами.

Результаты исследований получены при использовании современных методов, в том числе математического планирования экспериментов, спектрофотометрической методики оценки цвета в системе CIE L^*a^*b . Технологические режимы обработки сырья обоснованы с учетом сохранения химико-технологического потенциала водорослей и минимизации потерь рыбного сырья. Доказательство повышенной пищевой ценности и безопасности готовой продукции базируется на результатах исследований, полученных в биологических испытаниях с использованием тест-организмов *Tetrahymena pyriformis*, а также на результатах анализа биологически активных, функциональных и токсичных веществ, полученных в аккредитованной лаборатории центра «АтлантНИРО» Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО».

На производство новой продукции разработан пакет технической документации: ТУ 10.20.24–032–3904014891–2023 «Коптильно-водорослевая композиция «Морской дым» и соответствующая технологическая инструкция (ТИ); ТУ 10.20.24–031–3904014891–2023 «Рыба бездымного горячего копчения «Морской дуэт» и соответствующая ТИ по ее изготовлению. Технология апробирована в ООО «Транскомплекс–К» (г. Калининград), получено положительное заключение. Проведенный расчет экономической эффективности показал целесообразность внедрения разработанной технологии производства рыбной продукции бездымного копчения с применением КВБ.

Достоверность выводов и научных положений диссертационной работы подтверждается широкой апробацией результатов исследований на 6 международных и национальных конференциях. Автором опубликовано 11 научных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки Российской Федерации и 1 патент РФ на изобретение (в соавторстве).

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций заключается в обосновании биопотенциала красных водорослей *F. lumbricalis* для получения КВБ повышенной биологической ценности и его применения в технологии рыбы бездымного горячего копчения. Разработана последовательность технологических операций и их режимов для получения КВБ с заданными эффектами копильной среды и содержащей каррагинан и другие биологически активные вещества фуруцеллярии. Получены основные зависимости процессов иммерсионной обработки КВБ рыбы и ее термообработки до кулинарной готовности в технологии горячего копчения. С помощью полученных инструментальных показателей в сравнительных исследованиях показана идентичность цвета рыбы бездымной и традиционной дымовой технологии. Установлена повышенная биологическая ценность новой рыбной продукции в экспериментах с тест-организмами инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Исследованиями показано повышенное содержание относительно рекомендуемого физиологического значения витаминов группы В, каротиноидов, йода. Определены показатели качества и безопасности разработанной продукции, установлены сроки её годности. Установлено пониженное относительно традиционного уровня содержание основных копильных (фенольных и карбонильных веществ) компонентов в экспериментальных образцах, обработанных КВБ, а также отсутствие в нём полициклических ароматических углеводородов и других вредных и токсичных веществ.

Достоверность выводов, научных положений и технических решений сформулированных в диссертационной работе подтверждается широкой апробацией результатов исследований на 6 международных и национальных конференциях, опубликованными 11 научными работами, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки Российской Федерации и 1 патентом РФ на изобретение (в соавторстве).

Таким образом, можно сделать вывод, что научные положения, выводы и рекомендации, которые содержатся в диссертации Сушиной А.Д., являются в достаточной степени обоснованными и достоверными.

К диссертационной работе Сушиной А.Д. имеются следующие замечания:

1. Следует начать с того, что диссертант не вполне уверенно ориентируется в современной классификации красных водорослей несмотря на то, что автор красные водоросли заявил, как основной объект исследований. На стр.32 автором написано: «Фуруцеллярия (*Furcellaria lumbricalis*, *Furcellaria fastigiata*) – вид красных водорослей.....». А на самом деле это не один, а два вида «*lumbricalis*» и «*fastigiata*», принадлежащие одному роду «*Furcellaria*».

2. Стр.54. Таблица 2.2 – Общий химический состав водоросли *Furcellaria lumbricalis*, г/100г сухого вещества* указано, что водоросль содержит в своем составе 60,4% полисахаридов и сумма всех компонентов составляет 100, что в корне не верно, так как в хим. составе фурцеллярии кроме, указанных в таблице компонентов, содержатся и другие вещества такие как каротиноиды, моносахариды, витамины, которые уже не возможно количественно-разместить в этой таблице. Колонка, названа «Полисахариды» неверно, поскольку речь идет об общем углеводном составе.
3. Автором неудачно использован термин «биопотенциал», который имеет отношение к «электрически потенциалам, существующим во всех живых клетках» - «**Большая российская энциклопедия**». Интернет ресурс: old.bigenc.ru/biology/text/1867604 \ . Здесь был бы более удачным термин «потенциал». В данном случае это совокупность химического состава и технологических свойств красной водоросли *Furcellaria lumbricalis*, т.е. действительно её потенциал.
4. На Стр. 66. Автор диссертации рассуждает о преимуществе экстракта из фурцеллярии и объясняет переход в него полисахарида, состоящего из смеси κ/β -каррагинанов. Однако это неверно поскольку природные каррагинановые комплексы, это гибриды, но никак не смеси, что ясно из статьи и даже из её названия, на которую сделана ссылка: Tuvikene, R. The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbricalis* (Baltic Sea, Estonia) / R. Tuvikene, K. Truus, M. Robal, O. Volobujeva, E. Mellikov, T. Pehk, A. Kollist, T. Kailas, M. Vaher. – Text: direct // Journal of Applied Phycology. – 2010. – vol. 22. – P. 51–63. А ещё раньше в 1990 г. Фурцелларан был охарактеризован как гибрид κ/β -каррагинановый, содержащий небольшое количество ω -каррагинана (Craigie 1990).
5. На Стр. 41. Автор указала, что «Наиболее распространены из 15 известных каррагинанов каппа-, лямбда- и альфа- каррагинаны», что неверно, так как «среди всех известных каррагинанов выделяют 6 главных типов: κ , λ , ι , μ , ν и θ . А наиболее применяемые в пищевой промышленности в качестве стабилизаторов и загустителей это каппа-, лямбда- и йотта,
Здесь же на стр. 41 автор заявляет, что «Структура и реологические характеристики каррагинанов зависят в основном от места их произрастания». Нет конечно! Эти показатели зависят в основном от семейства, рода и вида водоросли.
6. Вынуждена отметить некоторую небрежность, допущенную автором в отправлении читателя по ссылочным материалам. В основном номера проставленные в тексте диссертации не соответствуют номерам цитируемой литературы в СПИСКЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ. Это несоответствие затрудняет чтение и экспертизу **научно-исследовательской работы, подготовленной соискателем Сушиной А.Д.**

7. На мой взгляд неудачно сформулировано название диссертационной работы, которое звучит следующим образом: «ПОЛУЧЕНИЕ КОПТИЛЬНО-ВОДОРΟΣЛЕВОГО БИОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ФУРЦЕЛЛЯРИИ (FURCELLARII LUMBRICALIS) И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМ ГОРЯЧЕМ КОПЧЕНИИ РЫБЫ». Совершенно очевидно, что название могло быть следующим: «Разработка научно обоснованной технологии КВБ из красной водоросли фурцеллярии и «жидкого дыма» для применения в горячем копчении рыбы».
8. Автор заявляет (стр. 33), что «фурцеллярия, благодаря быстрому росту, культивируется как пищевое растение в странах Азиатско-Тихоокеанского комплекса», что неверно. Фурцеллярия это водоросль, произрастающая в холодных северных водах и скорость роста и накопления биологически активных веществ крайне невысокая. В странах Азиатско-Тихоокеанского региона выращивают красные водоросли-каррагинофиты в огромных объемах, но это быстрорастущие, высокопродуктивные, на пример, такие как *Carrahyucus*, *Eucheuma*, которые также используются в пищу.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ написан достаточно простым литературным языком, в целом легко читается и воспринимается; в «полиграфическом» отношении он (равно как и диссертация) оформлен на современном уровне с использованием компьютерных технологий. В нем с достаточной полнотой и детализацией отражено ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ самой диссертационной работы.

Общее заключение

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы Сушиной А.Д. Представленные результаты исследований актуальны, выполнены на высоком научном уровне, имеют конкретные технологические решения, реализованы в практике, значимы для развития морской биотехнологии и повышения эффективности рыбоперерабатывающей промышленности.

Результаты, полученные Сушиной А.Д. в процессе диссертационного исследования, позволяют решить вопрос об использовании водорослевых ресурсов Балтийского моря в сочетании разработкой технологии бездымного копчения различных пищевых рыбных продуктов. Полученные автором диссертации Сушиной А.Д. результаты теоретических и экспериментальных исследований являются завершённой научно – квалификационной работой, в которой изложена разработка новаторского экологически безопасного технологического процесса с применением каррагинановых пленкообразующих экстрактов из фурцеллярии и производства качественной и безопасной копченой рыбной продукции,

соответствующей по уровню состава ингредиентов функциональным пищевым продуктам.

Диссертация включает необходимые элементы квалификационной работы кандидатского уровня, соответствует требованиям п.п. 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в современной редакции).

В связи с вышесказанным считаю, что Сушина Анастасия Дмитриевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)».

Главный научный сотрудник
отдела инновационных технологий
Департамента технического регулирования
Государственного научного центра Российской
Федерации ФГБНУ «Всероссийский научно-
исследовательский институт рыбного хозяйства и
океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»),
доктор технических наук
по специальности 05.18.04-«Технология мясных,
молочных и рыбных продуктов и холодильных производств,
профессор

 Антонина Владимировна Подкорытова

Почтовый адрес:
105187, Москва, Окружной проезд, 19
Тел.: +7(499)264-93-87, моб. 8-911-474-65-28
Эл. почта: podkor@vniro.ru

Дата: 20.11.2024 г.

Подпись д.т.н., профессора
заверяю

Антонины Владимировны Подкорытовой

Ученый секретарь ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»,  М.В. Сытова

