

ОТЗЫВ

официального оппонента Табакаевой Оксаны Вацлавовны
на диссертацию Сушиной Анастасии Дмитриевны на тему:

«Получение копильно-водорослевого биогеля на основе биологически активных веществ фуцеллярии (*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 активных веществ»
(технические науки)

Диссертационная работа Сушиной Анастасии Дмитриевны представляет собой аналитико-экспериментальное решение социально-значимых задач в копчении рыбы путем использования биопотенциала фикоколлоидного экстракта морских водорослей *Furcellaria lumbricalis* в процессе получения рыбы бездымного горячего копчения функционального уровня качества при обеспечении экологической безопасности.

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав основной части, заключения, списка использованных источников 164 наименований, 15 приложений. Содержание диссертации изложено на 142 страницах основного текста (всего 179 страниц).

Актуальность темы выполненной диссертации.

Актуальность темы диссертации Сушиной А.Д. обуславливается трендами развития пищевой промышленности путем создания продуктов нового поколения (функциональных, специализированных, персонализированных), обеспечения их качества и безопасности, а также снижения экологической нагрузки при их производстве. Основным вектором развития современных пищевых технологий является высокотехнологичная переработка, использование новых видов сырья и вторичных ресурсов с целью создания экологичных и ресурсоэффективных технологий. В последние годы растет интерес к использованию ценных компонентов морских водорослей для обогащения пищевых продуктов. В основном для этого применяются бурые водоросли (ламинария, фукусы и др.), в то время как красные водоросли (фуцеллярия, филлофора и др.) используются только для получения структурообразователей (агара, каррагинанов и др.). С другой стороны, красные водоросли, в том числе фуцеллярия Балтийского моря, содержат уникальный набор функциональных ингредиентов, обладающих благотворным физиологическим эффектом на организм человека, а также структурообразующими, красящими, консервирующими и другими полезными функционально-технологическими свойствами.

Одним из перспективных направлений использования биопотенциала красных водорослей является бездымное копчение, основанное на получении и применении оригинального копильно-водорослевого биогеля, позволяющего существенно усовершенствовать процесс копчения, перевести его на новый уровень.

Копчение рыбы является древнейшим и традиционным методом ее обработки, который, несмотря на свою популярность, имеет трудно решаемые проблемы, связанные с попаданием в продукт канцерогенных веществ (полициклических ароматических углеводородов) и загрязнением окружающей среды вредными компонентами пиролиза древесины, образующимися в процессе дымообразования. Другими проблемами копчения являются трудность регулирования качества готовой продукции, сложное аппаратное оформление, низкое качество современных древесных опилок, невысокая хранимоспособность рыбы при горячем копчении.

В этой связи соединение биопотенциалов красной морской водоросли фуцеллярии и бездымной копильной среды «Жидкий дым», обуславливающее получение копильной среды в форме фикоколлоидного биогеля, обработка которым позволяет получить копченую рыбу функционального уровня качества с заданными эффектами копчености, повышенной стойкости в хранении, канцерогенной безопасности при экологизации производства является актуальным направлением исследования.

Коптильно-водорослевый биогель на основе экстракта фуруцеллярии не только устраняет необходимость в традиционном коптильном дыме и опилках, но и обогащает обрабатываемый продукт ценными биологически активными веществами водоросли – каррагинанами, каротиноидами, антоцианами, витаминами, минеральными веществами, органическими кислотами и другими, повышающими биологическую ценность и органолептические свойства продукции, ее антиоксидантные и антисептические эффекты. За счет повышенной вязкости нового биогеля значительно упрощается технология иммерсионной обработки рыбы - основной операции при бездымном копчении, так как желаемые эффекты (красящие, вкусоароматические) достигаются за один прием нанесения повышенного количества биогеля. При последующем тепловом воздействии коптильно-водорослевый биогель образует на поверхности рыбы пленку, которая выполняет дополнительную защитную функцию, предотвращая потери тканевой влаги и питательных веществ рыбы, проникновение микроорганизмов и окисление липидов, при этом пленка обуславливает дополнительный привлекательный блеск поверхности рыбы.

Предложенное инновационное решение по бездымному копчению рыбы с использованием потенциала фуруцеллярии существенно упрощает процесс копчения рыбы, исключает дымогенерацию, предусматривает полное использование коптильной среды, позволяет регулировать качество продукта (цвет, аромат, вкус), не требует сложного оборудования, обеспечивает повышение выхода готовой продукции, предотвращает попадание вредных веществ в продукт и окружающую среду, что в совокупности выводит технологию копчения на новый инновационный уровень.

С учетом сказанного тема диссертационной работы является актуальной, современной и востребованной.

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

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций основана на логично-последовательной организации экспериментальных исследований, выполненных по стандартным, общепринятым, модифицированным и современным методикам. В работе применены органолептические, физико-химические, реологические, биохимические и математические методы исследования, позволившие объективно обосновать биопотенциал фуруцеллярии, основные параметры получения и применения коптильно-водорослевого биогеля для получения рыбы бездымного горячего копчения повышенной пищевой ценности экологически безопасным способом.

Обоснованность результатов базируется также на полноте литературного обзора, анализ которого позволил сформулировать цель и актуальные задачи работы.

На разработанную технологию получен патент РФ № 2792451 «Способ приготовления рыбы горячего копчения» (в соавторстве), что подтверждает ее доказательную обоснованность. Утвержденная техническая документация (ТУ 10.20.24 – 032 – 3904014891 - 2023 «Коптильно-водорослевая композиция «Морской дым» и ТИ к ним, ТУ 10.20.24 – 031 – 3904014891 – 2023 «Рыба бездымного горячего копчения «Морской дуэт» и ТИ к ним») прошла апробацию на действующем предприятии ООО «Транскомплекс- К», что свидетельствует о практической достоверности научно обоснованных результатов.

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

Приведенные в работе научные положения, выводы и рекомендации достаточно аргументированы, основаны на фундаментальных научных знаниях и литературных данных, учитывают общепринятые теоретические закономерности, опираются на достоверные экспериментальные результаты и являются их логическим следствием.

Результаты исследований получены при использовании современных методик прикладного научного анализа, использующих инструментальные, хроматографические, масс-спектрометрические и спектрофотометрические принципы измерения. Основные параметры ключевых операций обоснованы с применением математической теории планирования и оптимизации экспериментов. Органолептическая оценка коптильно-водорослевого биогеля и

копченой рыбы проведена с применением балловых шкал, учитывающих коэффициенты значимости отдельных показателей. Повышенная пищевая ценность установлена в сравнительных биологических испытаниях с применением тест-организмов *Tetrahymena pyriformis*. Функциональность готовой продукции обоснована по содержанию регламентированных функциональных ингредиентов – витаминов, каротиноидов, йода - с учетом степени удовлетворения физиологической потребности при употреблении 100 г копченой скумбрии, приготовленной новым способом. Канцерогенная и санитарно-гигиеническая безопасность доказаны в испытаниях, проведенных в аккредитованной лаборатории центра «АтлантНИРО» Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Полученные экспериментальные данные прошли статистическую обработку, в них отбракованы грубые промахи, учтены ошибки измерений, а рассчитанные показатели близки к истинным значениям измеряемых величин при принятой вероятности вывода 95%.

Достоверность выводов и научных положений диссертационной работы подтверждается широкой апробацией результатов исследований на конференциях различного уровня и в печати (11 опубликованных статей, в том числе 4 статьи в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ, 1 Патент РФ).

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций заключается в доказательстве перспективности и целесообразности применения фикоколлоидных экстрактов фуцеллярии Балтийского моря в совершенствовании процесса копчения рыбы. Полученный на ее основе коптильно-водорослевый биогель, помимо полезных коптильных веществ, содержит функциональные пищевые ингредиенты: каррагинаны, каротиноиды, лютеин, ценные минеральные вещества (Ca, Mg, K, Na), витамины (B₂; E; B₁; B₆; K₂; D₃), которые повышают качество готовой продукции и синергически способствуют образованию основных эффектов копчения. Коптильно-водорослевый биогель не содержит канцерогенных и других вредных веществ, обладает повышенной вязкостью и адгезионностью, что существенно упрощает процесс бездымного горячего копчения рыбы и выводит его на новый уровень безотходного и экологически безопасного копчения. На основе математического моделирования разработаны состав и технология получения коптильно-водорослевого биогеля, обработки им рыбы. В системе CIE L*a*b проведено сравнительное изучение инструментальных характеристик цвета рыбы, полученной бездымным и дымовым способом, которое показало соответствие цветовых показателей. В сравнительных исследованиях доказаны уменьшенные биохимические изменения в белках экспериментальных образцов рыбы и повышенная стабильность ее липидов в процессе хранения. С учетом микробиологических, органолептических и биохимических показателей обоснованы пролонгированные сроки годности рыбы нового способа горячего копчения. Подтверждена повышенная биологическая ценность обогащенной копченой рыбы в экспериментах с тест-организмами инфузориями *Tetrahymena pyriformis*.

Новизна исследования подтверждена патентом RU № 2792451 «Способ приготовления рыбы горячего копчения» (в соавторстве).

К диссертационной работе Сушиной А.Д. имеются следующие замечания, вопросы и рекомендации:

- 1) Не совсем понятно повторение задач работы после главы 1, они уже были представлены во введении. Более логично было расширить заключение по 1 главе.
- 2) В представленной схеме исследования не отмечены исследования безопасности разработанного биогеля, но по ходу работы есть результаты этих исследований. Также не представлены данные по жидкому дыму – кто производитель, есть ли сертификат качества. После таблицы 2.3 (стр. 55) необходимо было дать пояснение, не может раздел заканчиваться таблицей. В таблице 2.4 (стр.56) представлена шкала органолептической оценки готового продукта, но в тексте после таблицы идет описание подготовки проб для микробиологических испытаний, данную часть текста необходимо было отнести к разделу «микробиологические методы». При упоминании приборов необходимо представлять производителя и страну. Не указана марка прибора ГЖХ. Автором ошибочно указано на стр. 62, что ОБЦ – это общая биологическая ценность, на самом деле – относительная. В качестве рыбного сырья для по-

лучения готовых продуктов использована скумбрия и салака, следовало указать размеры и массу рыбы (интервалы), так как это важно в технологии и влияет на параметры процессов.

3) Данные таблиц 3.1 (стр.67) и 3.2 (стр. 68) являются литературными, ссылка № 36 – абсолютно не подходит, это Курко В.И. Основы бездымного копчения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 228с. : ил. Библиогр.: с. 223-229.

4) Для исследования влияния степени измельчения красной водоросли *Furcellaria lumbricalis* на выход каррагинанов в водный экстракт (таблица 3.3, стр. 69) автор использует значение из литературного источника, хотя, как известно, содержание определенных БАВ в водорослях существенно зависит от условий произрастания, сезона, климата и т.д. Следовало определить содержание каррагинана именно в той партии водорослей, из которой получали экстракт. Также в данной таблице непонятно, как более высокое содержание каррагинанов (% к сухой массе экстрагированного сырья) указанное в колонке 4 (43,5%) обуславливает более низкий % каррагинанов, перешедших в водный экстракт (12,3%), чем меньшее содержание (% к сухой массе экстрагированного сырья) (39,9%) обеспечивающее 19,6% каррагинанов, перешедших в водный экстракт. Также более корректно использовать термин размеры частиц, так как именно геометрические размеры измеряются в мм. а не степень измельчения. Не указано каким способом и с помощью какого оборудования производили измельчение водоросли.

5) Не совсем понятно (таблица 3.4, стр. 70) почему исследования по влиянию фактора гидромодуль сразу начали с соотношения 1:5, а не использовали соотношения 1:1, 1:2 и т.д. по возрастанию. Может быть это обусловлено какими-то известными литературными данными? Тогда это следовало указать в работе. Также необходимо было указать, что автор подразумевает под однородной и неоднородной характеристикой экстракта.

6) На стр. 72 указано, что водоросли обрабатывают при температуре 80 – 85 °С в течение 2-х часов для получения основного экстракта при гидромодуле 1:13, этот же гидромодуль указан на рисунке 3.1 «Технологическая схема» (стр. 73). Однако ранее в таблице 3.4 (стр. 70) указано, что исследовали гидромодули 1:5, 1:10 и 1:20. Тогда каким образом автор выбрал гидромодуль 1:13? На рисунке 3.1 (стр.73) не указано при какой температуре происходит смешивание экстракта и жидкого дыма, в течение какого времени?

7) Таблица 3.6 (стр.75) – чем автор объяснит такую разницу рН геля и жидкого дыма (6,3 против 1,9) если содержание органических кислот в геле почти в 6 раз меньше, чем в дыме?

8) На стр. 76 автор утверждает, что КВБ обладает повышенной биологической ценностью относительно копильного ароматизатора «Жидкий дым», основываясь на наличии и более высоком содержании определенных БАВ, однако термин биологическая ценность относится к белковой составляющей, о которой не говорится.

9) В таблице 3.10 (стр.80) автором представлены результаты исследования фунгицидной активности – данные непосредственно по КВБ и контролю, однако для показателя «торможение радиального роста колоний, Т%» представлено одно значение – абсолютно непонятно к чему оно относится – к КВБ или контролю, отсутствует возможность провести сравнение данного показателя для КВБ и контроля.

10) На стр. 84 автор использует термин «обобщенный параметр оптимизации», что конкретно подразумевается под этим?

11) Таблица 2.1 (стр. 53) и таблица 3.17 (стр. 86) присутствует необоснованный повтор данных.

12) В разделах 3.4, 3.5, 3.7 в качестве объекта технологии для получения готового продукта автором используется скумбрия, однако в разделе 3.8, посвященном оценке качества готового продукта полученном с использованием нового КВБ появляется салака, но нет данных по ее копчению. Возникает вопрос – с салакой все идентично скумбрии, все параметры, процессы и т.д.? Если да, то следовало это отдельно подчеркнуть, а то очень непонятно что с ней, подраздел 3.8.2 – опять только скумбрия.

13) На стр. 102 автор утверждает, что «в процессе изучения хранимоспособности новой копченой продукции также сравнительно исследовали изменение азотистых веществ, иллю-

стрирующее биохимические и физические превращения с белками рыбы», что подразумевается под физическими превращениями белков?

14) Раздел 3.10 недостаточно информативен – более логично было привести сравнение себестоимости рыбы, полученной 2-мя разными способами (с помощью геля и дыма), чтобы оценить экономическую эффективность предлагаемого метода.

Общее заключение

Представленные в диссертационной работе выводы и положения диссертации представляют собой научно обоснованное технологическое решение по использованию биологически активных веществ фуцеллярии в экологически безопасном и ресурсосберегающем горячем копчении рыбы функционального уровня качества, имеющем существенное значение для развития биотехнологии при переработке морского сырья.

Полученные результаты позволяют совершенствовать теорию и практику биотехнологии водного биологического сырья в области биопотенциала красных водорослей *Furcellaria lumbicalis*, бездымного копчения рыбы, биополимерных пленок на основе морских полисахаридов и функциональных ингредиентов.

Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в текущей редакции). Считаю, что ее автор, Сушина Анастасия Дмитриевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологических активных веществ» (технические науки).

Профессор базовой кафедры
пищевой и клеточной инженерии
Передовой инженерной школы
«Институт биотехнологий, биоинженерии
и пищевых систем»
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ФГАОУ ВО «ДФУ»),

доктор технических наук
по специальностям 05.18.15 «Технология
и товароведение пищевых продуктов
функционального и специализированного
назначения и общественного питания»
и 05.18.04 «Технология мясных, молочных
и рыбных продуктов и
холодильных производств», доцент

 Оксана Вацлавовна Табакаева

Почтовый адрес:
690922, Приморский край,
г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10
Тел.: + 79143420533

Эл. почта: tabakaeva.ov@dyfu.ru

Дата: 25.11.2024 г.

Подпись О.В. Табакаевой заверяю.....

ДИРЕКТОР ДВАРТАМЕНТА
КАДРОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ДВФУ
НАУМОВ И. В.
25.11.2024

