

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Степановой Анны Александровны на тему «Биотехнология функционального напитка на основе *Medusomyces gisevii* с добавлением экстрактов растительного происхождения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 4.3.3 – Пищевые системы и 4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Актуальность диссертационной работы Степановой А.А. сформирована современными тенденциями в пищевой биотехнологии, направленными на управление характеристиками функциональных продуктов при их создании. В условиях повышенных требований к качеству пищевого сырья и динамичного развития рынка функциональных продуктов, поиск путей глубокой биотехнологической переработки отечественного сырья становится приоритетной задачей. Работа автора полностью коррелирует с задачами Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 г., в которых создание качественных и безопасных продуктов питания выделено, как одно из приоритетных направлений.

Научный интерес к симбиотической культуре *Medusomyces gisevii* (объекту исследования) объясняется её высоким метаболическим потенциалом. Однако традиционные подходы производства напитков на её основе не позволяют в полной мере реализовать возможности симбиоза по синтезу биологически активных соединений. Диссертант предложил эффективное решение этой задачи использованием бинарных фитокомпозиций из регионального лекарственного сырья, которое существенно обогатило напиток витаминами и аминокислотами, переводя процесс ферментации в категорию направленной биотехнологии. Особое значение имеет выявленные автором синергетический эффект и биотрансформация полифенолов в легкоусвояемые формы, которые открывают новые возможности для создания функциональных напитков с высокой антиоксидантной активностью, что делает диссертационное исследование несомненно актуальным и своевременным.

Научная новизна. Диссертантом выявлен характер влияния фитоэкстрактов на метаболический цикл *Medusomyces gisevii*. Доказано, что введение бинарных композиций экстрактов женьшеня, тимьяна и/или тысячелистника инициирует качественную трансформацию полифенольного комплекса, обеспечивающую синергетический рост антиоксидантного потенциала системы.

Аргументирована роль базового чайного субстрата, как определяющего фактора биохимического состава продукта. Установлено, что химический состав иван-чая создает оптимальные условия для интенсификации синтеза витаминов группы В, в то время как компоненты черного чая выступают питательным субстратом для активного синтеза незаменимых аминокислот.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследования заключается в накоплении и систематизации данных о метаболическом потенциале симбиоза *Medusomyces gisevii* в комбинированных питательных средах. Выявленные закономерности биотрансформации полифенольных соединений и кинетики накопления витаминов сформировали теоретическую базу создания новых видов функциональных продуктов с заданными биологическими свойствами. Практическая значимость представленной работы определяется созданными технологическими решениями, новизна которых подтверждена технической документацией (ТУ 10.89.19-295-02068309-2024 и ТИ 10.89.19-295-02068309-2024), и патентом РФ № 2857775.

Достоверность и обоснованность научных положений диссертационной работы Степановой А.А. гарантируются использованием современного оборудования и классических методов исследования, достаточным объемом и однородностью распределения эмпирических данных. Полученные результаты представлены научной общественности в 12 научных работах в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК и/или индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science, а также докладами на международных или российских научных конференциях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Содержание диссертационного исследования Степановой А.А. полностью соответствует пунктам 11, 13, 15 паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы, а также пунктам 5, 6, 25 паспорта научной специальности 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ.

Анализ содержания работы. Диссертационная работа включает введение, аналитический обзор литературы, методы, результаты исследования, заключение, список используемой литературы и приложения.

Диссертация изложена на 161 странице, включает 50 таблиц, 22 рисунка, 10 формул. Список используемых источников содержит 153 наименования.

Структура диссертационного исследования характеризуется четкой логической последовательностью и реализована в три этапа: теоретическое, экспериментальное обоснования и практическая реализация предложенных решений.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, последовательное решение которых позволило достичь заявленного научного результата. Положения, выносимые на защиту, полностью отражают научную новизну, а также теоретическую и практическую значимости исследования в области биотехнологии пищевых систем.

В рамках первого этапа автором проведен всесторонний анализ и систематизация теоретического материала по теме исследования.

Второй, экспериментальный этап исследования, посвящен формированию доказательной базы достоверности результатов работы. На основании выбранного комплекса современных методов исследования автором проведен скрининг растительного сырья и изучена динамика накопления аминокислот и антиоксидантной активности в контрольных образцах без обогащения фитокомпозициями. Это позволило научно обосновать выбор 5-суточной ферментации, как периода достижения максимальной биологической ценности продукта, ставшей основой ферментативного обогащения при разработке рецептурных композиций. Завершающим этапом стала идентификация биологически активных веществ в готовых системах, что подтвердило эффективность взаимодействия симбиоза с растительными экстрактами при рекомендованных значениях технологических параметров процесса ферментации.

На третьем этапе осуществлена практическая реализация разработанных решений. Диссертантом сформирована и представлена технологическая схема производства напитков, предложен и научно обоснован регламент всех производственных стадий. Разработанный технологический цикл включает операции, обеспечивающие максимальную сохранность термолабильных биологически активных соединений и высокие показатели качества готовой продукции. Проведенный расчет технико-экономических показателей не только подтверждает рентабельность, но и обосновывает коммерческую эффективность внедрения технологии на предприятиях пищевой отрасли.

Замечания и вопросы по диссертационной работе. Высоко оценивая представленную работу в целом, следует выделить ряд замечаний, требующих дополнительного пояснения со стороны автора:

1. При расчете коэффициента синергизма автором проводилось сопоставление фактического содержания суммы флавоноидных соединений в обогащенном напитке с расчетной суммой показателей ферментированного чайного гриба и вносимого растительного экстракта. Учитывая сложность биохимических процессов в такой многокомпонентной системе, чем именно автор объясняет выявленное превышение фактических показателей над

теоретическими? Можно ли утверждать, что образцы экстракта выступили не только источником нутриентов, но и стимулятором метаболизма симбиоза?

2. В технологической схеме предусмотрена стадия вакуум-выпаривания растительных экстрактов. Как обоснован выбор температурного режима и глубины вакуума? Учитывалось ли влияние этих параметров на риск термической деградации наиболее чувствительных флавоноидных соединений?

3. Внедрение в технологическую схему таких энергозатратных и дорогостоящих стадий, как вакуум-выпаривание и мембранная фильтрация, неминуемо ведет к удорожанию производственного процесса. Насколько оправданы данные затраты с точки зрения себестоимости готовой продукции и её конкурентоспособности на рынке функциональных напитков?

4. При разработке рецептур напитков автором использовались водно-этанольные растительные экстракты. Как в лабораторных условиях обеспечивалось удаление экстрагента для достижения безалкогольного статуса готового продукта и насколько выбранный температурный режим внесения экстрактов в чайную основу безопасен для сохранности термолабильных биологически активных соединений?

5. Известно, что ассоциация микроорганизмов чайного гриба характеризуется вариабельностью состава в зависимости от условий культивирования и количества циклов использования. Как в промышленной технологии можно гарантировать стабильность метаболической активности симбиоза, для однородности значений аминокислотного и витаминного профиля напитка от партии к партии?

6. Известно, что растительное сырье различается химическим составом. Как в промышленной технологии решается вопрос стандартизации вносимых экстрактов, для обеспечения заявленного функционального статуса каждой партии напитка?

Несмотря на высказанные замечания, носящие преимущественно дискуссионный характер, работа выполнена на высоком профессиональном уровне, отличается глубиной проработки технологических вопросов и завершенностью предложенных решений.

Заключение о соответствии работы критериям положения о присуждении ученой степени кандидата технических наук. Диссертационная работа Степановой Анны Александровны является завершенным научно-квалификационным исследованием, в котором решена актуальная задача создания биотехнологии образцов ферментированных напитков с функциональными свойствами, и вносит существенный вклад в развитие современных подходов биотехнологии пищевых продуктов.

Разработанные технологические решения позволяют обеспечить стабильный состав готового продукта с биологически активными веществами отечественного растительного сырья. Это открывает перспективы выпуска конкурентоспособных функциональных напитков с гарантированными качественными показателями, как части мероприятий реализации программ импортозамещения в пищевой отрасли.

По своей актуальности, объему проведенных исследований, научной новизне и практической ценности диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Степанова Анна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 4.3.3 – Пищевые системы и 4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой пищевой
инженерии аграрного производства,
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский
государственный аграрный университет»

Тихонова Наталья Валерьевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»
620000, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта 42
Контакты: 89193923709, tihonov75@bk.ru

Подпись Тихоновой Н.В.
заверяю:
учёный секретарь совета
ФГБОУ ВО Уральский гос. аграрный ун-т

