

«Утверждаю»

Проректор – начальник управления научной политики

МГУ имени М.В.Ломоносова, профессор



А.А. Федянин

14.11.2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертационную работу Прозоровой Илюзы Шамилевны «Разработка биотехнологии культивирования *Daedaleopsis tricolor* для получения антиоксидантов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология

Актуальность темы диссертации. Грибы, в последние годы, все больше привлекают внимание исследователей с точки зрения их использования в различных биотехнологических направлениях. Особый интерес вызывают дереворазрушающие базидиальные грибы. Они легко культивируются на относительно дешевых питательных субстратах, способны быстро накапливать значительную биомассу, обладают высокими питательными свойствами, могут синтезировать ценные для фармакологии метаболиты и сравнительно безопасны с токсикологической точки зрения. В связи с этим актуальным и перспективным представляется поиск новых штаммов и разработка технологий культивирования базидиальных грибов, способных расти на дешевых питательных средах, продуцировать большее количество биомассы и метаболитов с высокой антиоксидантной активностью для их практического использования.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В работе впервые проведены исследования, позволяющие ввести в культуру новые штаммы базидиальных дереворазрушающих грибов *Daedaleopsis tricolor* KS11, *Pycnoporellus fulgens* KS12 и *Trichaptum abietinum* KS10, представляющие

интерес для производства БАД с антиоксидантными свойствами. Проведены первые эксперименты по разработке перспективного упаковочного биокомпозитного материала на основе культивирования *T. abietinum* KS10 на лузге подсолнечника с добавкой 1 % овсяных отрубей.

Данное диссертационное исследование включает детальное изучение и описание физиологических и биохимических особенностей трех штаммов дереворазрушающих базидиальных грибов, отработку методик оптимизации условий культивирования и питательных сред для получения максимальной биомассы и выхода целевых метаболитов. Разработанный комплексный подход и накопленные сведения закладывают теоретическую базу для развития грибных биотехнологий. Практическое значение работы состоит в разработке сразу нескольких прикладных технологий. Во-первых, это оптимизированная методика погруженного культивирования *D. tricolor* KS11 для получения биомассы и экзометаболитов с антиоксидантными свойствами, для которой сформированы нормы качества на биомассу и экзометаболиты. Во-вторых, разработан способ получения биокомпозита, который может быть применен для создания упаковочных материалов, путем проведения твердофазного культивирования *T. abietinum* KS10.

Методы работы и оценка достоверности полученных результатов. Работа основана на результатах лабораторных экспериментов, выполненных с соблюдением всех необходимых требований. Все полученные результаты оценены на их статистическую достоверность; повторность опытов достаточна для их статистической обработки. Полученные результаты рассмотрены и проанализированы с учетом работ других авторов по близким темам. Таким образом, обоснованность основных научных положений и выводов, которые, безусловно, соответствуют проведенным исследованиям, не вызывает сомнений. Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации. Личный вклад автора присутствует на всех этапах работы. Особенно ценно то, что в итоге работа доведена до разработки технического регламента промышленного.

Структура диссертационной работы. Рассматриваемая работа изложена на 147 страницах машинописного текста формата А4, содержит 38 таблиц и 26 рисунков. Структурно диссертация состоит из введения, 7 глав основной части, заключения, списка литературы и 10 приложений.

Список литературы включает 183 работы, в том числе 134 на иностранных языках. Материалы диссертации были представлены на 5 международных и всероссийских конференциях, по результатам опубликовано 8 печатных работ, из них 1 статья в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных Scopus и Web of Science.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, определены объекты, цель и задачи работы, оценена степень новизны, теоретической и практической значимости работы. Приведены положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов, а также личный вклад автора в работу.

В **первой главе** представлен обзор литературы. В нем достаточно полно обобщены данные по исследованиям лекарственных и биологически активных веществ базидиальных грибов, биотехнологическому потенциалу видов из родов *Daedaleopsis*, *Pycnoporellus* и *Trichaptum*. Показаны современные направления создания биопродуктов на основе мицелиальной массы грибов, которые могут быть применены в различных сферах, в том числе в качестве лекарственных и косметических средств.

Во **второй главе** описаны материалы, использованные в работе, и основные методы исследования, а именно выделение и особенности культивирования *Daedaleopsis tricolor* KS11, *Pycnoporellus fulgens* KS12, *Trichaptum abietinum* KS10 на плотных и жидких питательных средах, методы идентификации и характеристики штаммов, получения экстрактов метаболитов, качественных и количественных анализов продуктов, а также методы проведения статической обработки полученных результатов.

В **третьей главе** приведены результаты подбора условий культивирования полученных штаммов грибов на плотных и твердых питательных средах. Особенно ценен здесь комплексный подход, включающий определение оптимального источника углерода и азота для каждой культуры гриба, а также выявление температурного оптимума. Практический интерес представляет и отработанная методика твердофазного культивирования *Trichaptum abietinum* KS10 на подсолнечной лузге для получения биокомпозита, который может быть использован в качестве экологически безопасного упаковочного материала.

В **четвертой главе** представлен подбор условий и оптимального источника азотсодержащего субстрата для погруженного культивирования выбранных штаммов грибов, обеспечивающий их интенсивный рост, максимальное накопление биомассы и продукции экзометаболитов (простых фенолов и веществ с антиоксидантной активностью) и эндометаболитов (пигментов меланиновой природы), что крайне важно для промышленного масштабирования технологии их выращивания. В результате этой части исследования был отобран один, наиболее перспективный, штамм – *Daedaleopsis tricolor* KS11, на котором и было в дальнейшем сконцентрировано основное внимание.

В **пятой главе** обоснован выбор культуры *D. tricolor* KS11 как перспективного продуцента биомассы, экзо- и эндометаболитов, а также проведена оптимизация состава питательной среды по углерод и азотсодержащим субстратам для его погруженного культивирования с помощью математического метода планирования эксперимента. А также выполнен следующий шаг, а именно оценка возможности масштабирования процесса культивирования и синтеза биомассы для того, чтобы продолжить разработку биотехнологии культивирования штамма в промышленных условиях.

В **шестой главе** автором диссертационной работы детально описана биотехнология погруженного культивирования *D. tricolor* KS11 для получения двух продуктов – биомассы и экзометаболитов. В первую очередь составлена аппаратурно-технологическая схема биотехнологического процесса производства для ферментера объемом 1500 л и рассчитано, что за 1 производственный цикл можно получить 6,9 кг биомассы и 2,7 кг экзометаболитов. Очень ценно, что также разработаны и нормы качества на получаемые продукты. Рассчитан материальный баланс производства и сделано заключение о возможности реализации предлагаемой технологии на малых предприятиях пищевого профиля.

В **седьмой главе** представлено технико-экономическое обоснование разработанной биотехнологии культивирования гриба *D. tricolor* KS11. Продемонстрированы его перспективы и доказана экономическая целесообразность получения антиоксидантов на основе оригинального штамма.

Завершает работу краткое **закключение**, которое по сути является выводами квалификационной работы. Выводы диссертации обоснованы, вытекают из ее содержания и соответствуют целям и задачам исследования.

Не менее значимой частью работы являются **приложения**, в которых детально описаны и проиллюстрированы особенности роста исследуемых культур при разных условиях, даны результаты оценки сходства полученных оригинальных нуклеотидных последовательностей с данными Генбанка. Приведен «Акт о внедрении результатов диссертационной работы Прозоровой И.Ш.», «Заклучение по исследованию токсикологической безопасности биомассы *Daedaleopsis tricolor* KS11» и проект технических условий «Добавка биологически активная к пище на основе экзометаболитов гриба *Daedaleopsis tricolor* KS11».

Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов. Полученные данные могут быть положены в основу разработки аналогичных биотехнологий получения биомассы и экзометаболитов на основе культур полезных грибов. В результате внедрения разработанной схемы культивирования *D. tricolor* KS11 могут быть созданы эффективные БАД и лекарственные препараты, что расширит их спектр для оздоровления населения. Показано, что реализация технического предложения позволит осуществить 63 производственных цикла в год, а производительность биомассы составит 434,7 кг и экзометаболитов 170,1 кг., рассчитанная стоимость препаратов находится на уровне с другими пищевыми добавками и БАД, аналогичного действия и экономически обоснована. Таким образом, полученные автором результаты способствуют решению проблемы импортозамещения БАД для Российской Федерации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. В данной квалификационной работе разработана оригинальная технология жидкостного культивирования гриба *D. tricolor* KS11, которая может быть положена в основу создания аналогичных разработок получения биомассы и экзометаболитов других видов грибов со сходными требованиями, что может ускорить введение их в биотехнологию и расширить спектр продуктов, на основе которых могут быть созданы эффективные БАДы и фармакологические препараты, обладающие высокой активностью. В целом, эти БАД могут решить проблемы импортозамещения.

При обсуждении работы возникли некоторые **вопросы и замечания:**

1. В работе нигде не указано в какой коллекции хранятся штаммы, использованные в данном исследовании, а это обязательно требование микологических работ, особенно прикладного направления. Было бы целесообразно депонировать охарактеризованные штаммы во всероссийскую коллекцию промышленных микроорганизмов и оформить на них патенты.

2. В нескольких местах (в научной новизне, результатах на стр. 51 и первом выводе работы) написано, что «культуры депонированы в базу данных GenBank». Что не является корректным, так как в базу данных депонируются не сами культуры, а только информация о последовательности нуклеотидов определенных геномных участков исследуемых штаммов. В данном случае это были нуклеотидные последовательности участка ядерной ДНК, включающего последовательность рибосомальной субъединицы 5.8S рДНК и внутренние транскрибируемые спейсеры – ITS1-5.8S рДНК-ITS2, который традиционно используется для идентификации грибов.

3. В методической части, раздел «2.8.1 Секвенирование по методу Сэнгера» (стр. 39) не хватает информации о способе выделения грибной ДНК, а сразу описывается процедура постановки сиквенсной реакции.

4. Необычным для оформления диссертационной работы оказалось то, что раздел «закключение» по сути является несколько расширенными выводами, а раздел «выводы» отсутствует.

Приведенные замечания носят исключительно формальный характер и не относятся к существу проведенной работы, они не могут снижать ее ценности и значения.

Работа в целом производит очень хорошее впечатление, хочется отметить большой объем материала обработанного и проанализированного, как классическими, так и современными методами, а также разностороннее исследование проблемы. Диссертационную работу Прозоровой Илюзы Шамилевны отличает удачная компоновка материала, позволившая структурировать данные, и хорошее его изложение. Научные положения, выносимые на защиту обоснованы. Текст диссертации соответствует тексту автореферата. Личный вклад автора присутствует на всех этапах работы. Особенно ценно то, что в итоге работа доведена до

разработки технического регламента для масштабируемо промышленного производства.

В заключение можно отметить, что диссертация Прозорова Илюзы Шамилевны на тему «Разработка биотехнологии культивирования *Daedaleopsis tricolor* для получения антиоксидантов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлено научно обоснованное технологическое решение для поиска высокопродуктивных штаммов базидиальных грибов и разработки биотехнологии их культивирования, имеющее важное значение для получения биомассы, метаболитов и создания, в дальнейшем, пищевых и биологически активных добавок. Материалы, представленные в работе по своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, объему выполненных исследований соответствуют требованиям паспорта специальности 1.5.6. Биотехнология. Диссертация отвечает критериям, установленным в пунктах 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Прозорова Илюза Шамилевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, протокол заседания № 4 от 05 ноября 2025 года.

Заведующий кафедрой микологии и альгологии,

д.б.н., профессор  /Александр Васильевич Кураков/

Ученый секретарь кафедры микологии и альгологии,

в.н.с, д.б.н., без звания, специальность 03.02.12 – микология

 /Алина Витальевна Александрова/

Декан биологического факультета

МГУ имени М.В.Ломоносова,

Академик



/ М.П. Кирпичников /

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Почтовый адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1. +7 (495) 939-10-00

Адрес электронной почты: info@rector.msu.ru

Вход. № 05-8638
«25» 11 2025 г.
подпись 

