

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-воспитательной работе
ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет пищевых производств»
к.т.н, доцент Бикбулатова А.А.



» *Бикбулатова* 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет пищевых производств»

Диссертация «Комплексная биоконверсия подсолнечной лузги в препараты кормового и пищевого назначения» в виде рукописи по специальности 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ» выполнена на базе кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства науки и высшего образования РФ (ФГБОУ ВО «МГУПП»).

В период подготовки диссертации соискатель Фоменко Иван Андреевич работал в должности ассистента кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП» (с 01.09.2019 по 31.08.2020), старшим преподавателем кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП» (с 01.09.2020 по настоящее время).

В 2017 году окончил ФГБОУ ВО «МГУПП» по направлению 19.03.01 Биотехнология, в 2019 году окончил ФГБОУ ВО «МГУПП» по направлению 19.04.01 Биотехнология.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2021 г. ФГБОУ ВО «МГУПП».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Иванова Людмила Афанасьевна, основное место работы: ФГБОУ ВО «МГУПП» кафедра «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза», профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность темы исследования. По прогнозам, к 2050 году население мира достигнет примерно 9,7 млрд. человек. Такому населению потребуется 1250 млн. т мяса и молочных продуктов в год для нормального обеспечения белком животного происхождения при текущих уровнях потребления. Растущий спрос заставит человечество искать альтернативные источники белка, которые смогут заменить или дополнить растительные белки, которые в настоящее время используются в качестве корма для животных.

Одним из решений этой проблемы является использование микробных белков, синтезируемых грибами, дрожжами или бактериями. Дрожжевые белки считаются хорошо

сбалансированными по аминокислотному составу и являются источником витаминов (в основном группы В и D). Дрожжи быстро растут, накапливают большое количество белка, по сравнению с мицелиальными грибами имеют низкий риск загрязнения спорами и их легко отделять от питательной среды. Также они содержат меньшее количество нуклеиновых кислот (5–12 %), чем бактерии (8–14 %), что упрощает очистку белка для применения при производстве пищевых продуктов. Показано также, что некоторые виды дрожжей могут оказывать положительное воздействие на здоровье сельскохозяйственных моногастрических животных и рыбы благодаря присутствию биоактивных и иммуностимулирующих соединений, таких как β -глюканы и α -маннан.

Сырьем для дрожжевой биоконверсии могут служить различные растительные отходы пищевой и перерабатывающей промышленности. Основные требования к сырью – низкая стоимость, а также бесперебойность поставок его больших партий. Одним из вариантов сырья может быть лузга подсолнечника, в значительных количествах накапливающаяся на Российских маслоэкстракционных заводах. В зависимости от сорта масличной культуры, лузжистость семени может достигать 30 % от массы неочищенного семени.

По данным ИКАР урожайность подсолнечника в России в 2020 году составила 13,8 – 13,9 млн т, экспорт составил 1,6 млн т, то есть около 12 млн т подсолнечника было переработано внутри страны. После лущения семян образовалось около 3 млн т лузги. В настоящее время перерабатывается 40 % образующейся лузги, остальные 60 % захоранивают или утилизируют путем сжигания. Использование подсолнечной лузги в качестве субстрата для получения белкового продукта на основе дрожжей позволит сократить количество образующихся отходов.

Личный вклад диссертанта заключается в проведении сбора и анализа литературных данных, планировании и реализации научных экспериментов, обобщении и систематизации полученных результатов, оформлении диссертации, представлении полученных результатов на конференциях и в виде научных публикаций.

Степень достоверности результатов подтверждена применением современных физико-химических и биологических методов анализа, актом проведения испытаний разработанных технологий в отделе технологий препаратов на основе бактериальных и грибных культур (отдел № 2) ОАО «Биохиммаш» (г. Москва) и в опытно-промышленном цехе ООО «ПромБит» (г. Ефремов) (Приложение 3 и 4). Основные продукты, полученные по разработанным технологиям, проанализированы в испытательной лаборатории ОАО Институт «Прикладной биохимии и машиностроения» (Приложение 5).

Результаты экспериментов представлены как средние (M) при 3-кратной повторности со стандартными ошибками средних (\pm SEM). Разность двух средних величин признавалась статистически значимой при отсутствии перекрывания их доверительных интервалов. Для обработки результатов исследований применялись методы математической статистики. Данные анализировались в программном пакете «Statistica» (версия 12.6, StatSoft). При статистической обработке полученных данных определяли доверительный интервал среднего арифметического для $p = 0,05$.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены на международной конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (VI Международная научно-практическая конференция, Воронеж, 2019 г.), международной конференции «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства» (X Международная научно-практическая

конференция, Киев, 2020 г.), международном форуме «Биотехнология: состояние и перспективы развития» (Москва, 2020 г.), международной конференции «Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности» (VIII Международная научная конференция, Волгоград, 2021 г.), международной конференции «Теоретические и практические вопросы современной науки» (77я Международная научная конференция, Москва, 2021 г.), международной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности» (VIII Международная научная конференция, Казань, 2021 г.), международной конференции «Продовольственная безопасность: биотехнология и цифровизация АПК» (Международная научно-практическая конференция в рамках Глобального продовольственного форума, Москва, 2021 г.)

Научная новизна. Научно обоснованы и экспериментально подтверждены параметры процесса щелочной делигнификации и ферментативного гидролиза полисахаридов подсолнечной лузги, заключающиеся в последовательном измельчении, обработке 4 %-ным раствором гидроксида натрия и коммерческим ФП «ЦеллоЛюкс-Ф».

С применением методов математического моделирования выявлены рациональные условия биокаталитической деструкции полимеров подсолнечной лузги. Показано, что использование биокаталитического метода обработки делигнифицированной подсолнечной лузги позволяет получить ферментолитат, содержащий 3,4 % РВ, из которых глюкоза – 73,65 %; целлобиоза – 12,49 %; олигосахариды – 13,86 %.

Выявлено, что последовательное обезжиривание и денуклеинизация дрожжевой биомассы *Kluyveromyces marxianus* Y-4557 позволяет получить белковый ингредиент для пищевой промышленности (концентрат), сбалансированный по незаменимым аминокислотам и отвечающий требованиям, предъявляемым к белковым концентратам (не менее 60 % белка, не более 2 % липидов и нуклеиновых кислот).

Теоретическая и практическая значимость работы. Основные положения и выводы диссертационного исследования являются основой для разработки биотехнологий белковых препаратов для сельского хозяйства и пищевой промышленности на основе трудноутилизуемых биополимеров.

Определены рациональные параметры механической, химической и биокаталитической предобработки подсолнечной лузги, позволяющие получить основу питательной среды (ферментолитат) для дрожжевых культур.

Разработаны и апробированы технологии получения кормовых дрожжей на основе штаммов *Kluyveromyces marxianus* Y-4557 и *Candida parapsilosis* D-18 с содержанием сырого протеина не менее 55 %, перевариваемостью в условиях *in vitro* более 95 % за 3 ч.

Разработаны технологические решения по получению белковых концентратов на основе микробной биомассы *Kluyveromyces marxianus* Y-4557 с содержанием истинного белка 65 %, липидов и нуклеиновых кислот менее 2 %.

Разработаны ресурсосберегающие технологии получения водорастворимой субстанции фитомеланинов и ферментного препарата кормового назначения на основе штамма *Muceliophthora thermophila* F-859.

Разработан комплект технической документации (ТУ и ТИ) на получение сухих кормовых дрожжей «КД-Км-60».

Получен патент РФ на изобретение № 2762425. Проведена опытно-промышленная апробация разработанных технологий на базе технологического отдела ООО «ПромБит» (г.

Ефремов, Россия) и отдела № 2 ОАО Институт «Прикладной биохимии и машиностроения» (г. Москва, Россия).

Отдельные положения работы использованы при издании 2-х учебных пособий (лабораторный практикум по дисциплине «Биотехнология ферментных препаратов» (2020 г.) и учебное пособие «Микробислогическая оценка качества сырья и биотехнологической продукции молекулярно-генетическими и протеомными методами» (2020 г.)), рекомендованных для студентов, обучающихся по направлениям 19.03.01 Биотехнология (бакалавриат) и 19.04.01 Биотехнология (магистратура).

Ценность и полнота изложенных научных материалов. Материалы диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ», а именно пункта: «2. Трофологические цепи; новые источники и способы переработки пищевого сырья с использованием биотехнологических методов (приемов)», «4. Экзо – и эндоферментные системы, их регулирование. Ферментативный катализ. Кинетика процессов модификации свойств сырья и пищевых систем при применении ферментных препаратов, биологически активных веществ, пищевых многофункциональных и белоксодержащих добавок», «6. Производство и использование стартовых культур, бактериальных заквасок, биопрепаратов».

Основные результаты исследований опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 5 в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 2 в научных изданиях, рецензируемых Scopus и WoS.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

Статьи в изданиях, индексируемых Scopus и WoS

1. **Фоменко И.А.** Разработка технологии белкового концентрата из дрожжевой биомассы *Kluyveromyces marxianus* Van der Walt (1965) / И.А. Фоменко, И.А. Дегтярев, Л.А. Иванова, Н.Г. Машенцева // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56. – № 6. – С. 1172–1182.
2. Ivanova L.A. Overview of Mycelial Fungi - Lignin Destructors / L.A. Ivanova, **I.A. Fomenko**, L.A. Churmasova, T.P. Kuzmicheva // KnE Life Sciences. – 2022. № 7 (1) – P. 175–180.

Статьи в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов ВАК РФ

3. **Фоменко И.А.** Делигнификация подсолнечной лузги как исходная стадия ферментативного гидролиза / И.А. Фоменко, Л.А. Иванова, А.А. Мижева // Проблемы развития АПК региона. - 2021. – № 3 (47). – С. 170–175
4. **Фоменко И.А.** Влияние ферментных препаратов с различной субстратной специфичностью на гидролиз лузги семян подсолнечника. / И.А. Фоменко // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2021. – № 3 (55). – С. 121–124.
5. **Фоменко И.А.** Скрининг дрожжевых культур как потенциальных продуцентов полноценного белка на отходах масличного производства. / И.А. Фоменко, А.А. Мижева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2021. – № 4 (56). – С. 132–137.
6. **Фоменко И.А.** Получение водорастворимых фитомеланинов с использованием различных минеральных кислот / И.А. Фоменко, Л.А. Иванова, Л.А. Чурмасова, И.А. Дегтерев // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. - 2021. – № 2 (17). – С. 64–68.
7. **Фоменко И.А.** Разработка способа активации продуцентов в технологии целлюлолитических ферментных препаратов. / И.А. Фоменко, Л.А. Иванова, Т.П.

Кузьмичева, А.Э. Жданова // Естественные и технические науки. - 2021. – № 4 (155). – С. 60–64.

Патенты на изобретения

8. Патент № 2762425. Российская Федерация, МПК А 23 К 10/18, А 23 К 10/30. Способ биоконверсии подсолнечной лузги в кормовой продукт с высоким содержанием белка / **Фоменко И.А.**, Иванова Л.А., Комбарова С.П., Бельский И.Д., Дегтярев И.А., Мижева А.А.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств». – № 2021112214; заявл. 28.04.2021; опубл. 21.12.2021, Бюл. № 36. – 12 с.

Статьи в других научных изданиях

9. Иванова Л.А. Разработка технологии получения фитомеланинов из отходов масличного производства. / Л.А. Иванова, **И.А. Фоменко**, Д.А. Сергеева // Health, Food & Biotechnology. - 2019. – № 1 (2). – С. 136-146

10. Иванова Л.А. Мицелиальные грибы рода *Aspergillus*, *Fusarium* и *Alternaria* – продуценты целлюлолитических ферментов. / Л.А. Иванова, Л.А. Чурмасова, **И.А. Фоменко**, Т.П. Кузьмичева // Наукосфера. - 2020. – № 5. – С. 37–43.

11. Керимова Г.М. Скрининг мицелиальных грибов для биоконверсии подсолнечной лузги / Г.М. Керимова, С.Е. Кочнева, **И.А. Фоменко** // Наукосфера. - 2021. – № 6 (1). – С. 60–64.

12. **Фоменко И.А.** Мицелиальные грибы *Aspergillus* и *Trichoderma* продуценты кормовых целлюлолитических ферментных препаратов на отходах АПК / **И.А. Фоменко**, А.Э. Жданова // Заметки ученого. - 2021 – № 8. – С. 475–481

Статьи в сборниках научных трудов, материалов конференций

13. **Фоменко И.А.** Получение фитомеланинов из растительного сырья / И.А. Фоменко, Л.А. Иванова, Т.М. Жила // Сборник научных статей и докладов 6й Международной Научно-практической конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение». – Воронеж. - 2019. – 669 с.

14. **Фоменко И.А.** Скрининг мицелиальных грибов как потенциальных продуцентов кормовых целлюлолитических ферментов на отходах масличного производства / И.А. Фоменко, Т.П. Кузьмичева, И.Д. Бельский // Материалы международного форума «Биотехнология: состояние и перспективы развития». – Москва. - 2020. – 468 с.

15. Дегтярев И.А. Изучение возможности получения белковых концентратов из дрожжевой биомассы *Kluyveromyces marxianus* / И.А. Дегтярев, **И.А. Фоменко**, Л.А. Иванова // Материалы 10й Международной научно-практической интернет-конференции «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты». – Киев. - 2020. – 809 с.

16. **Фоменко И.А.** Белковая недостаточность в питании человека / И.А. Фоменко // Сборник научных работ 77й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения. – Москва: ЕНО. - 2021. – 336 с.

17. **Фоменко И.А.** Применение дрожжевых ингредиентов в пищевой промышленности / И.А. Фоменко // Сборник статей 8й Международной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности». – Казань. - 2021. – 198 с.

18. **Фоменко И.А.** Микробный синтез целлюлолитических ферментов / И.А. Фоменко // Сборник научных статей 8й Международной научной конференции «Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности». – Волгоград: ООО «Конверт». - 2021. – 184 с.

ВЫВОДЫ

Диссертация «Комплексная биоконверсия подсолнечной лузги в препараты кормового и пищевого назначения» Фоменко Ивана Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП».

На заседании присутствовало 19 человек:

д.т.н, проф. Алексеенко Е.В. д.б.н., проф., академик РАЕН Бутова С.Н., д.т.н., проф. Дубцова Г.Н., д.т.н., проф. Иванова Л.А., д.т.н., проф. Борисенко Е.Г., д.т.н., проф. Мартыненко Н.Н., д.т.н., проф. Машенцева Н.Г., к.т.н., доц. Тарасова В.В., к.т.н., доц. Индисова Г.Е., к.т.н. Каночкина М.С., к.т.н. Максимкин А.А., к.т.н. Николаева Ю.В., к.т.н., доц. Чурмасова Л.А., к.б.н., доц. Ли Е.В., к.т.н., доц. Щёголева И.Д., к.б.н., доц. Суслиянок Г.М., к.б.н., доц. Лаптева Е.А., ст. преп. Вольнова Е.Р., проф. каф. «Технологии бродильных производств и виноделия» д.т.н., доц. Карпенко Д.В.

Результаты голосования: «За» – 19 чел., «Против» – 0 чел., «Воздержались» – 0 чел.

Протокол № 7 от «16» декабря 2021 г.

Зав. кафедрой «Биотехнология и технология
продуктов биоорганического синтеза»

ФГБОУ ВО «МГУПП»

доктор техн. наук, профессор



Алексеенко Е.В.

Секретарь кафедры «Биотехнология и технология
продуктов биоорганического синтеза»

ФГБОУ ВО «МГУПП»

кандидат техн. наук, доцент



Николаева Ю.В.