

### **Отзыв официального оппонента**

кандидата технических наук, доцента **Цыганка Сергея Николаевича** на диссертационную работу **Малинина Артема Владимировича** «Разработка технологических подходов получения биоактивных упаковочных материалов для пищевых систем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

**Актуальность темы диссертационной работы.** Обеспечение продовольственной безопасности, связанное с сохранностью сырья и продуктов переработки является важнейшей задачей. В том числе это обусловлено тем, что продовольственные потери не только являются материальным экономическим ущербом, но и источником неоправданного загрязнения окружающей среды.

Важную роль в сохранности сырья и продуктов переработки играет транспортная и потребительская упаковка, обладающей всеми необходимыми свойствами. Для этих целей широко используются полимерные пленочные материалы разнородного химического состава, что является дополнительным источником загрязнения окружающей среды, например, возможная миграция микропластиков в матрицу пищевых продуктов с последующим формированием потенциальной угрозы для здоровья потребителя. В качестве альтернативного решения для обеспечения сохранения качества пищевой продукции может стать разработка новых биоматериалов, которые не только обеспечивают сохранность сырья и продуктов переработки, но и сигнализируют об их качественных изменениях.

В связи с этим диссертационная работа Малинина А.В., посвященная разработке технологических подходов получения биоактивных упаковочных материалов для пищевых систем, является актуальной и своевременной.

**Обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в диссертационной работе Малинина А.В., научно обоснованы и базируются на подробном теоретическом анализе, а их достоверность подтверждена значительным объемом изученных литературных источников и массивом полученных автором экспериментальных данных. Экспериментальные исследования выполнены в условиях повторяемости с применением комплекса корректной математической и статистической обработкой результатов. Полученные результаты согласуются с общетеоретическими основами и практическими данными других авторов.

Экспериментальные исследования проводились в период с 2019 по 2024 гг. на базе научно-исследовательских лабораторий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»: НОЦ «Нанотехнологии»; международной НИЛ «Синтез и анализ пищевых ингредиентов», НИЛ «Природоподобные конвергентные технологии и экоматериалы» кафедры пищевых и биотехнологий Высшей медико-биологической школы, Центр прикладных исследований и разработки новых конструкционных материалов ЮУрГУ (НИУ).

Методологической основой работы являются труды отечественных и зарубежных ученых, касающихся получения биоматериалов-сенсоров пролонгирующего действия для упаковки пищевых систем. Для решения поставленных задач применялись общенаучные подходы, при проведении экспериментальных исследований использовались классические и специальные методы исследований.

Основные результаты и положения диссертационной Малинина А.В. опубликованы в 22 научных работах, из них 13 статей в журналах, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, одна публикация в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, получено в соавторстве четыре патента РФ.

**Научная новизна полученных результатов.** Диссертационная работа Малинина А.В. содержит элементы научной новизны, соответствующие пунктам 8, 11, 13 и 36 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3. Пищевые системы. Автором научно обоснована и доказана с использованием квантово-химических вычислений целесообразность применения комплекса антоцианов экстракта черники в качестве пигмента-сенсора в составе полисахаридной матрицы биоактивного экоматериала. Впервые доказана эффективность применения низкочастотного ультразвукового воздействия (при заданных энергетических характеристиках) для получения биоактивных пленочных экоматериалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, контролируемой биоразлагаемостью и безопасностью для упаковки, сигнализирующей о процессах порчи продукта. Обоснована и экспериментально доказана эффективность использования эмульсии Пикеринга, структурированной комплексом альгината натрия (Alg-Na) и наночастиц оксида цинка (НЧ ZnO), в составе биоматериалов-сенсоров для усиления барьерных и бактерицидных свойств упаковки. Показана эффективность применения биоматериалов-сенсоров, чувствительных к pH, при упаковке разных видов пищевых систем для оценки динамики изменения их качества с использованием колориметрической шкалы.

### **Значимость полученных результатов для науки и практики.**

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы Малинина А.В. заключается в применении научно обоснованного подхода к технологии получения растительных биоматериалов-сенсоров на основе растительного сырья с применением кавитационных эффектов низкочастотного ультразвука с целью улучшения эксплуатационных свойств биоматериалов для последующего контроля качества пищевых систем и в разработке технологии получения биоматериалов-сенсоров для мониторинга и контроля пищевых систем и апробации разработанных биоматериалов.

Практическую значимость диссертационной работы подтверждают полученные патенты РФ: №2708557 «Способ производства модифицированного крахмала»; № 2731695 «Способ получения биоразлагаемого композиционного материала на основе растительных биополимеров (варианты)»; № 2784190 «Способ получения полисахаридного композиционного материала на основе ультразвукового воздействия»; № 2812707 «Способ получения пищевого ингредиента на основе эмульсии Пикеринга».

Материалы диссертации используются в учебном процессе на кафедре пищевых и биотехнологий Южно-Уральского государственного университета для студентов направлений подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» и 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения», 19.04.01 «Биотехнология».

Результаты, полученные в ходе работы над диссертацией, обладают практической ценностью и могут быть использованы в пищевой промышленности, в том числе при производстве упаковки для пищевых продуктов различной функциональной направленности.

**Общая характеристика диссертационной работы.** Диссертационная работа Малинина А.В. построена по традиционному принципу и состоит из введения, основной части из пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложений. Диссертационная работа изложена на 124 страницах печатного текста, включает 27 таблиц, 18 рисунков, 159 источников литературы отечественных и зарубежных авторов, 5 приложений.

Во введении представлены основные положения диссертационной работы: актуальность, степень разработанности темы исследования, цель, задачи, научная концепция и научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе представлен аналитический обзор российских и зарубежных открытых информационных источников по теме исследования.

Рассмотрены проблемы сохранения продовольственных ресурсов, подходов и методов их минимизации на разных этапах товародвижения. Выполнены: анализ современных методов пролонгирования сроков годности пищевых продуктов и возможности применения для этих целей биоактивных компонентов в составе упаковочных материалов; анализ существующих технологий получения биоактивных экоматериалов для упаковки и хранения продуктов питания. Выдвинута рабочая гипотеза, определены задачи, на основе конвергенции современных методов исследований, установлена последовательность этапов экспериментальных исследований.

Во второй главе описана методология диссертационного исследования. Представлена схема диссертационного исследования, в соответствии с которой определены объекты и методы исследований.

В третьей главе представлены результаты экспериментального обоснования ресурсной базы для получения биоактивных упаковочных материалов: крахмал картофельный (лабораторно извлеченный из местного сырья – сорта Ред Скарлет), крахмал кукурузный, целлюлоза льняная, альгинат натрия и хитозан.

В четвертой главе представлены результаты разработки технологических подходов для получения матрицы биоактивного упаковочного материала.

В пятой главе представлены результаты исследования пленочных материалов-сенсоров для идентификации изменений качества пищевых систем при хранении по маркеру «изменение показателя pH».

В заключении обобщены результаты и представлены выводы, которые характеризуют решение задач, сформулированных для достижение поставленной цели.

Приложения включают свидетельства о государственной регистрации патентов на изобретения, акты апробации и титульные листы технологических инструкций.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертационной работы и отражает все наиболее важные положения в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Таким образом, основные положения диссертации подтверждены результатами проведенных исследований и получили развернутое и содержательное обоснование в тексте диссертации. Основные результаты и выводы соответствуют цели и задачам исследования, анализу полученных данных, приведенных в работе.

**Замечания по работе.** По результатам анализа диссертации и автореферата Малинина А.В. в порядке дискуссии имеются вопросы, замечания и пожелания.



1. При построении поверхностей отклика в зависимости от режимов низкочастотного ультразвукового воздействия (рисунок №9) не ясно, почему был ограничен верхний диапазон мощностей ультразвукового воздействия в 700 Вт.

2. Не обоснован выбор частоты ультразвукового воздействия в 20 кГц. К низкочастотному ультразвуку можно также отнести частоты в 18 кГц и 22 кГц.

3. При кавитационном нагреве происходит поглощение акустических колебаний обрабатываемой средой, вследствие этого происходит нагрев последней. В диссертационной работе не указано, как изменялась температура и осуществлялась ли термостабилизация обрабатываемой среды в процессе ультразвукового воздействия.

4. Не совсем корректно показана мощность ультразвукового воздействия в соответствии с техническими характеристиками ультразвукового гомогенизатора Q700 Sonicator. Необходимо указывать акустическую мощность (измеряемую калориметрическим методом), вводимую в обрабатываемую среду.

5. В диссертационной работе не ясно, почему были выбраны времена ультразвукового воздействия в 3 минуты, 5 минут и 10 минут.

6. При расчете экономической эффективности не указано, входит ли стоимость ультразвукового гомогенизатора Q700 Sonicator в материальную и техническую оснащенность.

В качестве пожеланий можно указать следующее.

1) при разработке промышленной ультразвуковой технологии получения биоактивных упаковочных материалов для пищевых систем следует обратить внимание на ультразвуковые технологические аппараты отечественных производителей;

2) как правило, ультразвуковое воздействие в промышленных объемах осуществляется в проточных ультразвуковых реакторах, работающих при напорном давлении, которое не превышает 0,5-1 атм. Известно, что повышение избыточного давления позволяет кавитационному пузырьку запасть бОльшей энергией и, как следствие, дать бОльший кавитационный эффект. Это необходимо учитывать в экспериментальных исследованиях на стадии разработки технологии.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на основные теоретические и практические результаты работы.

В целом диссертационная работа Малинина А.В. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором на современном методическом уровне. По структуре, объему проведенных исследований, их аналитической проработке и уровню практической значимости представленная диссертационная работа соответствует п. п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 26.01.2023 г.), предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Малинин Артем Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Официальный оппонент:  
кандидат технических наук (специальность  
05.17.08 – процессы и аппараты  
химических технологий), доцент, и.о.  
заведующего кафедрой методов и средств  
измерений и автоматизации Бийского  
технологического института (филиал)  
федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Алтайский  
государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»

Цыганок Сергей Николаевич  
06.08.2025 г.

БТИ ФГБОУ ВО «АлтГТУ»

Почтовый адрес: 659305, Сибирский федеральный округ, Алтайский край, г.  
Бийск, улица имени Героя Советского Союза Трофимова, 27  
Тел. +7-913-237-62-39  
e-mail: grey@bti.secna.ru

Подпись Цыганка С.Н. удостоверяю:



*Замф / Замкова А.В.*  
*Спец. по кадрам ТКУСЛ*