

ОТЗЫВ

**официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Лодыгина Алексея Дмитриевича на диссертационную работу
Дышлюк Любови Сергеевны «Теоретическое обоснование и
практическая реализация технологий получения антимикробных
пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой
промышленности», представленную на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология
(в том числе бионанотехнологии)**

Актуальность темы исследования. Проблема использования и утилизации тароупаковочных материалов на основе углеводородного сырья особенно остро стоит в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК Российской Федерации как с экологической, так и с экономической точек зрения. Перспективным направлением решения данной проблемы является разработка отечественных биоразлагаемых полимерных материалов, являющихся безопасными при использовании в пищевых целях, в частности, на основе полисахаридов (крахмал, альгинат, пектин, каррагинан, агар, хитозан), белков (глютен, желатин, казеин) и их композитов, которые могут быть получены из возобновляемых вторичных сырьевых ресурсов пищевой и перерабатывающей промышленности.

Значительный интерес представляет разработка биоразлагаемых упаковочных материалов с управляемыми антимикробными характеристиками для увеличения продолжительности хранения и обеспечения биологической безопасности молочных и мясных продуктов. Несомненно, включение биоразлагаемых упаковочных материалов в технологический цикл производства продуктов питания является одним из ключевых факторов внедрения наилучших доступных технологий на предприятиях пищевой промышленности. Учитывая вышесказанное, диссертационная работа Дышлюк Л.С., направленная на разработку технологии антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности, является актуальной и своевременной.

Оценка содержания диссертации. Диссертационная работа Дышлюк Л.С. представлена в традиционном изложении, состоит из введения, семи глав, результатов и выводов, списка использованных литературных источников и приложений. Основной текст изложен на 309 страницах, содержит 56 таблиц, 148 рисунков. Список литературных источников включает 385 наименований, из них 270 зарубежных источников.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

Представлены положения, выносимые на защиту. Обосновано соответствие диссертационной работы паспорту научной специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

В первой главе представлен подробный анализ научно-технической литературы о тенденциях развития технологий биоразлагаемых упаковочных материалов с антимикробными свойствами. Автор описывает классификацию, свойства, области применения биоразлагаемых полимеров, анализирует основные технологии их получения химическими и биотехнологическими способами. Рассмотрены модифицирующие добавки, используемые для придания полимерным материалам антимикробных свойств, а также основные группы микроорганизмов, участвующих в разложении отходов на полигонах ТБО. Соискателем детально проработана отечественная и зарубежная литература по теме диссертации, анализ которой позволил сформулировать цель и задачи исследований. Изложение материала свидетельствует о глубоких познаниях диссертанта по изучаемой проблеме и навыках их практического использования. Аналитический обзор написан грамотным литературным языком с использованием общепринятой научной терминологии и помогает интерпретировать известные данные и полученные результаты исследований.

Во второй главе «Организация, объекты и методы проведения исследований» представлено описание организации работы, объектов и методов исследования. Детально проработана схема проведения исследований. Весь комплекс исследований разделен на 3 блока: теоретические, экспериментальные исследования и практическая реализация полученных результатов. При решении поставленных задач диссертационной работы автором использованы стандартные, общепринятые и специальные биологические, физико-химические и реологические методы исследования. Использование в работе современных методов исследований, математической обработки и интерпретации полученных данных свидетельствует о достоверности полученных результатов.

В третьей главе «Разработка оптимальных составов биоразлагаемых полимеров на основе полисахаридов и их производных и исследование их свойств» автором изучено совместное действие компонентов биоразлагаемых полимеров на термодинамические свойства композиций. В ходе исследований установлено, что все изотермы сорбции паров воды при температуре 25 °C пленками, полученными на основе композиций полисахаридов и их производных, имеют вид, типичный для полимерных систем, для которых характерен резкий рост величины сорбции в области при p/p_0 0,4–0,6, что свойственно плотно упакованым и растворимым в сорбате полимерам. В результате анализа зависимостей энергии Гиббса смешения полисахаридов и их

производных от состава композиций автором выбраны тринадцать растворов полисахаридов для дальнейших исследований.

Также в данной главе описаны результаты изучения совместного действия компонентов биоразлагаемых полимеров на реологические свойства композиций. Выявлено, что для всех изучаемых композиций полисахаридов и их производных наблюдается увеличение энергии активации вязкого течения при повышении прочности полученных структурных образований. Продемонстрировано снижение энергии активации с увеличением скорости сдвига во всех вариантах эксперимента. Соискателем протестированы свойства пленок на основе полисахаридов и их производных: деформационно-прочностные свойства, химическая стойкость, газопроницаемость, кинетика биоразложения и экотоксикологические показатели. Подтверждено, что все тестируемые пленки являются биоразлагаемыми в модельных условиях, имитирующих природные биоценозы. Установлена безопасность разработанных пленок для природных экосистем.

В четвертой главе «Разработка методологии конструирования пленок с антимикробными свойствами и исследование их свойств» доктором изучены антибактериальные и фунгицидные свойства наночастиц серебра, меди, оксида цинка, диоксида кремния и диоксида титана и на основании проведенных исследований выбраны биоцидные объекты для введения в состав пленок на основе полисахаридов: наночастицы серебра, меди и оксида цинка. Автором предложен способ введения бактерицидных агентов в структуру упаковочных материалов. Изучены деформационно-прочностные свойства, химическая стойкость, газопроницаемость, кинетика биоразложения и экотоксикологические показатели пленок на основе полисахаридов и их производных с добавленными антимикробными агентами. В процессе хранения пленок с антимикробными свойствами не зафиксировано динамики структурно-механических свойств. Установлено, что все полученные антимикробные пленки являются практически неопасными или малоопасными (V и IV классы опасности).

В пятой главе «Оптимизация технологического процесса получения антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных» соискателем проведен полнофакторный эксперимент с двумя вариабельными параметрами по оптимизации технологических параметров получения антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных методами экструзии с раздувом и экструзии через щелевую фильтру. В результате проведения регрессионного анализа автором рекомендованы рациональные значения технологических параметров процесса экструзии с раздувом (температура плавления смеси полисахаридов и их производных, скорость

линии) и экструзии через щелевую фильтру (температура плавления смеси полисахаридов и их производных, температура охлаждения сформованного экструдата), позволяющие получить пленки с оптимальными прочностными характеристиками.

В шестой главе «Изучение миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в различные среды» проанализированы закономерности миграции биоцидных компонентов из антимикробных пленок в модельные среды *in vitro* (вода, 3%-й водный раствор уксусной кислоты, 15%-й водный раствор этанола, синтетическая жirosодержащая среда) при разных температурных режимах. Рассчитаны коэффициенты диффузии, константы скорости и начальные скорости миграции наночастиц металлов из образцов пленок в модельные среды.

Автором установлены закономерности миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в пищевые продукты, широко представленные в торговых сетях: творог, сливочное масло, мороженое, куриное мясо, свежие томаты. Соискателем установлена корреляция полученных данных с результатами исследования закономерностей миграции биоцидных компонентов из антимикробных пленок в модельные среды *in vitro*.

Проведена оценка безопасности для организма человека антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных. Установлена безопасность пленок, содержащих наночастицы серебра и меди, в соответствии с требованиями МУ 1.2.2638-10 «Оценка безопасности контактирующих с пищевыми продуктами упаковочных материалов, полученных с использованием нанотехнологий».

В седьмой главе «Практическая реализация результатов исследований» представленные разработанные соискателем принципиальные и технологические схемы производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных двумя методами: экструзия с раздувом, экструзия через щелевую фильтру. Обоснован подбор необходимое технологическое оборудование для реализации разработанной технологии. Приведены результаты расчета энергетических затрат на реализацию технологии производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных. В ходе изучения влияния разработанных пленок на хранимоспособность различных групп пищевых продуктов автором установлена возможность увеличения сроков хранения от 1,5 до 2,3 раз в зависимости от вида продукта.

Автором проведена оценка экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных, а также оценка эффективности полученных

результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем. Рассчитаны экономические показатели: рентабельность производства (35,5%) и срок окупаемости (2,8 года). Проведена оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем, свидетельствующая о возможности выхода созданной антимикробной пленки на российский рынок.

Диссертационная работа завершается выводами, в которых отражены результаты экспериментальных исследований, выполненных автором и приведенных в диссертации. Сформулированные выводы соответствуют целям и задачам, поставленным в диссертации, и логически вытекают из результатов проведенных исследований.

Диссертационная работа написана грамотно, аккуратно оформлена, иллюстрирована графическими и табличными материалами, построена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Представленные результаты исследований свидетельствуют о том, что диссертант Дышлюк Л.С. провела большой объем теоретических и экспериментальных исследований.

Достоверность и новизна основных положений диссертации. Большой объем выполненных соискателем экспериментальных исследований с использованием классических, современных методов и статистической обработки подтверждает достоверность результатов и обоснованность научных положений диссертационной работы. Автором грамотно спланирована экспериментальная часть.

Экспериментальная часть работы выполнена на высоком уровне с использованием современных методов исследования (спектрофотометрия, вискозиметрия, калориметрия, газовая хромато-масс-спектрометрия, лазерная дифракция и др.). Для подтверждения достоверности полученных результатов в работе используются методы математической статистики.

Научные положения, предоставленные к защите, подтверждаются основными выводами диссертации и отражают новые результаты, полученные соискателем. Положения и основные выводы диссертационной работы теоретически обоснованы и находятся в рамках современных представлений микробиологии, органической химии и биохимии, реологии.

Научная новизна работы заключается в установлении влияния фракционного состава композиций полисахаридов и их производных на термодинамические и реологические свойства водных растворов, разработке методологии получения пленок на основе полисахаридов и их производных с управляемыми антимикробными свойствами для увеличения продолжительности хранения пищевых продуктов, в экспериментальном обосновании и оптимизации технологических параметров получения

антибиотических пленок на основе полисахаридов и их производных методом экструзии с раздувом и методом экструзии через щелевую фильтру, а также в анализе закономерностей миграции антибиотических компонентов (наночастиц серебра, меди и оксида цинка) из пленок в модельные среды *in vitro* и в различные пищевые продукты.

В целом, научная новизна, а также достоверность полученных соискателем данных, положений и выводов сомнений не вызывают.

Ценность для науки и практики. Результаты исследований послужили основой для разработки методологических принципов создания антибиотических пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности. Практическая значимость результатов работы в разработке научно-обоснованных технологий производства антибиотических пленок на основе полисахаридов и их производных методами экструзии с раздувом и экструзии через щелевую фильтру.

Разработан и утвержден комплект технической документации на антибиотические пленки для пищевой промышленности (ТУ 9283-251-0206833152018 и ТИ 9283-251-020683315-2018). Проведена промышленная апробация технологии на ООО «Артлайф», подтвердившая воспроизводимость и тиражируемость разработанных технологий в промышленных условиях.

Проведена оценка экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии производства антибиотических пленок на основе полисахаридов и их производных, свидетельствующая о ее высоком инновационном потенциале.

Новизна принятых соискателем научно-технических решений подтверждена пятью патентами РФ на изобретение.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований широко обсуждались на симпозиумах, конгрессах, конференциях, семинарах и совещаниях всероссийского и международного уровней в период с 2014 по 2019 гг., опубликованы в открытой печати в более чем 80 печатных работах, в том числе в 27 статьях в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, в 20 статьях в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных материалов диссертационных исследований, в 1 монографии, 7 учебных пособиях.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации. Автореферат написан по классической схеме и полностью отражает содержание и основные результаты исследований, изложенные в диссертационной работе.

В порядке дискуссии по диссертационной работе имеются замечания и пожелания:

1. В таблицах 1.1.1, 1.1.2 (страницы 19-22 диссертации) вызывает сомнение целесообразность рассмотрения биоразлагаемых полимерных материалов, не применяемых по тем или иным причинам в пищевой промышленности.

2. В тексте диссертации, в первую очередь, в аналитическом обзоре используется достаточно большое количество аббревиатур, в связи с чем уместно было привести список используемых сокращений.

3. В разделе 2.2 диссертации (с. 87) не указаны нормативно-технические документы, регламентирующие требования к отдельным видам полимерных материалов (агар-агар, каррагинаны, гидроксипропилметилцеллюлоза).

4. В разделе 3.2 диссертации «Изучение совместного действия компонентов биоразлагаемых полимеров на реологические свойства композиций» требует пояснения выбор температур для построения кривых течения полимерных материалов и зависимостей динамической вязкости от напряжения сдвига композиций полисахаридов и их производных: 45 °C для композиций первой серии и 95 °C – для композиций второй, третьей и четвертой серий, а также выбор интервалов температур изучения вязкости (30-50 °C для композиций первой серии и 70-100 °C для композиций второй, третьей и четвертой серий).

5. При анализе данных, представленным на рисунке 4.1.1 «Распределение наночастиц серебра в коллоидном растворе» более корректно говорить не о среднем, а о преобладающем размере наночастиц.

6. В выводах по разделу 4.1 диссертации «Выбор природы бактерицидного компонента для придания пленкам на основе полисахаридов и их производных antimикробных свойств» требует пояснения, какие методы синтеза наночастиц серебра, меди и оксида цинка были рекомендованы для дальнейшего практического использования.

7. В разделе 6.1. диссертации «Изучение закономерностей миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из antimикробных пленок в модельные среды *in vitro*» не обоснован выбор значений температур: 4, 25 и 37 °C.

Сделанные замечания не снижают научную и практическую значимость выполненных исследований и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Дышлюк Л.С. на тему «Теоретическое обоснование и практическая реализация технологий получения antimикробных

пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности» соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой разработана технология получения антимикробных упаковочных материалов для пищевой отрасли. На основе современных достижений биотехнологии автором обоснован экономически выгодный, технологически целесообразный способ производства антимикробных пленок на основе полисахаридов.

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), а его автор Дышлюк Любовь Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Заведующий кафедрой прикладной
биотехнологии федерального
государственного автономного
образовательного учреждения «Северо-
Кавказский федеральный университет»,
доктор технических наук, доцент

Алексей Дмитриевич Лодыгин

25.01.2021г.


355017, г. Ставрополь, у. Пушкина, 1, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»
Тел. (8652) 95-68-08
Факс: 8(8652) 95-68-03
www.ncfu.ru
e-mail allodygin@yandex.ru



ПОДПИСЬ 
УДОСТОВЕРЯЮ
начальник Управления
делами СКФУ


Логачева А. Р.