

ОТЗЫВ
**официального оппонента доктора технических наук, старшего научного сотрудника
Федотовой Ольги Борисовны 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

Повсеместное и массовое применение пластиковых изделий, в т.ч. и полимерной упаковки стало причиной образования огромного количества пластикового мусора. Этот мусор разрушается долго, становится причиной загрязнения окружающей среды. В России, по разным оценкам, годовой уровень накопления полимерных отходов составляет 710–750 тыс. т. И только 3–10 % подвергается вторичной переработке. Ученые и специалисты, находятся в поиске научно-обоснованных решений, направленных на пути интенсификации процессов разрушения использованной упаковки и создания биодеградируемых упаковочных материалов.

Одним из перспективных и успешно развивающимся направлением создания и использования упаковки пищевых продуктов, является, так называемая «активная» упаковка, особенно, антимикробная, способная ингибировать нежелательную микрофлору на поверхности продуктов питания. Использование такой упаковки способствует стабилизации продуктов при хранении, а в некоторых случаях и увеличивает сроки их годности.

В связи с вышеизложенным, создание биоразлагаемых упаковочных пленок антимикробного действия на основе гидроколлоидов, полученных из природного сырья, для пищевой отрасли является актуальным направлением научных и практических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке нескольких проектов и Федеральной целевой программы

Обоснованность научных положений, рекомендаций и достоверность результатов исследований подтверждается корректностью применения статистических методов обработки данных. Для статистической обработки результатов экспериментов применяли программное обеспечение Statistica 10.0. Для анализа данных использовали методы дисперсионного и регрессионного анализа, планирование эксперимента. Сравнение данных разных выборочных совокупностей проводили с использованием распределения Фишера, Стьюдента. Повторность проведения экспериментов не менее, чем трехкратная.

Проведенные автором научные исследования осуществлялись с использованием стандартных, общепринятых и специальных биологических и физико-химических методов исследования, к которым относятся спектрофотометрия, вискозиметрия, калориметрия, газовая хромато-масс-спектрометрия, лазерная дифракция и др.

Следует отметить убедительную апробацию результатов, вынесенных на защиту диссидентом, на симпозиумах, конгрессах, конференциях, семинарах различного уровня за рубежом и в России (более 15 мероприятий).

По материалам диссертационного исследования опубликовано более 80 печатных работ, в том числе 27 статей в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science: Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, Advances in Environmental Biology, Biology and Medicine, Chimica Oggi-Chemistry Today, Journal of Food Process Engineering, Foods and Raw Materials, Modern Applied Science, PLoS ONE, International Journal of Pharmacy and Technology, International

Biodeterioration & Biodegradation, Pharmaceuticals, Heliyon, а также 20 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных материалов диссертационных исследований.

Техническая новизна исследований подтверждена тем, что диссертантом получено 5 патентов РФ на изобретения.

Новизна научных исследований, результатов и выводов заключается в следующем:

- автором изучены термодинамические и реологические свойства водных растворов полисахаридов и их производных;
- разработаны научно-обоснованные составы биоразлагаемых упаковочных пленок на основе полисахаридов и их производных;
- на основании изучения действия выбранных полисахаридов на термодинамические и реологические свойства разработанных композиций, осуществлен их обоснованный выбор, согласно поставленной цели исследований;
- предложена методология создания пленок на основе полисахаридов и их производных с доказанными антимикробными свойствами для увеличения продолжительности хранения пищевых продуктов;
- установлены оптимизированные технологические параметры получения антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных методами экструзии с раздувом и плоскощелевой экструзии, позволяющие получить пленки с прогнозируемым комплексом свойств;
- выявлены закономерности миграции антимикробных компонентов (наночастиц серебра, меди и оксида цинка) из пленок в модельные среды *in vitro* и в различные пищевые продукты животного происхождения. Показана динамика изменения кинетических величин миграции наночастиц в ряде выбранных модельных сред.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов заключается в том, что сформулированы теоретические предпосылки и методологические принципы создания антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований реализованы в разработке рецептур антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности, а также научно-обоснованных технологий производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных методами экструзии с раздувом и плоскощелевой экструзии.

Разработаны и утверждены технические условия и технологическая инструкция по производству антимикробных пленок для пищевой промышленности (ТУ 9283-251-0206833152018 и ТИ 9283-251-020683315-2018). Проведена промышленная апробация технологии на предприятии отрасли – ООО «Артлайф», о чем составлены соответствующие акты, приведенные в Приложении.

Соискателем проведена оценка экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных, свидетельствующая о высокой рентабельности (35,5 %) создаваемого производства антимикробной пленки на основе полисахаридов и их производных и коротком сроке окупаемости (2,8 лет), что позволяет рекомендовать ее для внедрения на территории Российской Федерации.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом

Диссертационная работа 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.

Диссертационная работа содержит достаточно большой объем исходных данных, имеет теоретические расчеты, пояснения, иллюстративный материал (графики и рисунки).

По каждой главе и работе в целом сформулированы аргументированные выводы. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации. Работа носит законченный характер, написана логичным, ясным языком, стиль изложения доказательный.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, необходимые для реализации поставленной цели, научная новизна и практическая значимость. Обосновано соответствие работы паспорту специальности 03.01.06. Приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Аналитический обзор» представлен подробный анализ научно-технической литературы о тенденциях развития технологий биоразлагаемых упаковочных материалов с антимикробными свойствами. Освещены классификация, свойства, области применения биоразлагаемых полимеров. Проанализированы основные технологии получения биоразлагаемых полимеров химическими и биотехнологическими способами. Описаны модифицирующие добавки, используемые для придания полимерным материалам антимикробных свойств. Рассмотрены основные группы микроорганизмов, участвующих в разложении отходов на полигонах ТБО. На основании приведенных литературных данных определена актуальность, сформулированы цель и задачи собственных исследований.

Во второй главе «Организация, объекты и методы проведения исследований» представлено описание организации работы, объектов и методов исследования. Весь комплекс исследований разделен на 3 блока: теоретические исследования, экспериментальные исследования и практическая реализация результатов исследований.

В третьей, четвертой, пятой, шестой и седьмой главах приведены результаты собственных исследований и их обсуждение.

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. Установлено, что все изотермы сорбции паров воды при температуре 25 °С пленками, полученными на основе композиций полисахаридов и их производных, имеют вид, типичный для полимерных систем, для которых характерен резкий рост величины сорбции, свойственный плотно упакованным и растворимым в сорбате полимерам. В результате анализа зависимости энергии Гиббса смешения полисахаридов и их производных от состава композиций, выбраны триадцать растворов полисахаридов для дальнейших исследований.

Соискателем изучено совместное действие компонентов биоразлагаемых полимеров на реологические свойства композиций. Показано, что для всех изучаемых композиций наблюдается увеличение энергии активации вязкого течения при повышении прочности полученных структурных образований. Установлено снижение энергии активации с увеличением скорости сдвига во всех вариантах эксперимента.

Автором исследованы деформационно-прочностные свойства, химическая стойкость, газопроницаемость, кинетика биоразложения и экотоксикологические показатели образцов оопленок на основе полисахаридов и их производных. Выявлено, что все тестируемые пленки являются биоразлагаемыми в модельных условиях, имитирующих параметры естественных биоценозов. Установлено, что по степени токсического воздействия на природные экосистемы образцы биоразлагаемых пленок относятся к V (практически неопасные) и IV классу опасности (малоопасные).

В четвертой главе «Разработка методологии конструирования пленок с антимикробными свойствами и исследование их свойств» на основании результатов изучения антибактериальных и фунгицидных свойств наночастиц автором выбраны биоцидные объекты для введения в состав биоразлагаемой матрицы: наночастицы серебра, меди и оксида цинка.

Представлены результаты исследований антибактериальных и фунгицидных свойств выбранных наночастиц. При этом, использован широкий спектр тест-штаммов. Разработан способ введения бактерицидных агентов в структуру упаковочных материалов. Для определения биоразложения разработанных образцов пленок, использован модифицированный метод ИСО, учитывающий особенности состава микробных популяций, формирующихся на полигонах ТБО Кемеровской области. Из отходов полигонов ТБО и почвогрунтов карьеров Кемеровской области автором выделены и идентифицированы 18 видов бактерий, которые и использованы в эксперименте.

В этой же главе представлены и обсуждены результаты исследования структурно-механических свойств пленок и их экотоксичность.

В пятой главе «Оптимизация технологического процесса получения антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных» автором проведен полнофакторный эксперимент с двумя вариабельными параметрами по оптимизации технологических параметров получения антимикробной пленки на основе полисахаридов и их производных методами экструзии с раздувом и плоскощелевой экструзии. По итогам проведения многофакторного эксперимента рекомендованы рациональные температурно-временные значения технологических параметров процессов.

В шестой главе «Изучение миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в различные среды» автор проанализировал закономерности миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в широкий спектр модельных сред *in vitro* при разных температурных режимах. Рассчитаны коэффициенты диффузии, константы скорости и начальные скорости миграции биоцидных компонентов из образцов пленок в эти среды.

Кроме того, в данной главе изучены закономерности миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в пищевые продукты животного и растительного происхождения: творог, сливочное масло, мороженое, куриное мясо, свежие томаты. Показана корреляция полученных данных с результатами исследования закономерностей миграцииnano-размерного серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в модельные среды *in vitro*.

Проведена оценка безопасности разработанных антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных в соответствии с требованиями МУ 1.2.2638-10 Роспотребнадзора.

В седьмой главе «Практическая реализация результатов исследований» автором представлены разработанные принципиальные схемы производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных двумя методами: экструзия с раздувом, экструзия через плоскощелевую фильтру.

Разработаны технологические схемы производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных методами экструзии с раздувом и экструзии через щелевую фильтру, подобрано необходимое технологическое оборудование. Осуществлен расчет энергетических затрат на реализацию технологии производства антимикробной пленки на основе полисахаридов и их производных.

В ходе изучения влияния разработанных пленок на хранимоспособность различных групп пищевых продуктов показана 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. Рассчитаны экономические показатели: рентабельность производства (35,5%) и срок окупаемости (2,8 лет).

Основные положения диссертации подтверждены всем ходом проведенного исследования и получили развернутое и содержательное обоснование в тексте диссертации.

По результатам анализа диссертационной работы выявлены следующие вопросы, замечания, пожелания:

1. Автор проводит исследования безопасности разработанных пленок в соответствии с Методическими указаниями Роспотребнадзора (2010), включая выбор модельных сред и формулирования выводов о безопасности. Это не вполне корректно. Следовало бы, приоритетно, базироваться на требованиях ТРТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

2. При формулировании научной новизны, которая в работе, безусловно есть, допущены небрежности. Очевидно, что абзацы: «выбранные пленки из полисахаридов и их производных, полученные методом литья из водных растворов, исследованы на деформационно-прочностные и т.д....далее по тексту», а также «Выбраны бактерицидные компоненты ... далее по тексту» к научной новизне отношения не имеют. Это данные раздела «Объекты и методы исследований».

3. Автор, к сожалению, не ввел понятие «условное обозначение образцов». В главе три табл.3.1.1 стр.111-112 дан состав исследуемых композиций с обозначением, затем, эти обозначения дополняются обозначением вводимого элемента (например, Ag, Cu, Zn). Отсутствие условных обозначений образцов затрудняет восприятие работы.

4. Для обоснования условий биоразложения автор пишет, «учитывая, что полимерные отходы на полигонах ТБО подвергаются действию различных температур в разные климатические сезоны, способность пленок деградировать в природных условиях, изучали при четырех температурах 0,5,10 и 25 (град.С). Почему, при такой предпосылке, отсутствуют исследования при отрицательных температурах?

5. Есть определенные замечания, связанные с компоновкой работы: Автор слишком увлекается описанием характеристик экструдеров. Считаю, что в экспериментальную часть совсем не обязательно было вставлять спецификации на основное технологическое оборудование, используемое для выпуска опытных образцов пленок (табл.7.2.1 на стр.291-292 и табл.7.2.2 на стр. 294). Целесообразно данную информацию было вынести в Приложения.

6. Неясно отношение данных, представленных в Приложениях «И» к рассматриваемой диссертационной работе, касательно организации процесса производства и испытаний растительного аналога фармацевтического желатина и капсул из него.

7. В диссертационной работе отмечено увеличение срока годности разнообразных продуктов: хлеба, петрушки, мясных изделий, однако, результатов исследований изменения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в рукописи работы не обнаружено. В связи с этим, возникает несколько вопросов-

7.1 Чем автор объясняет существенное увеличение сроков годности означенных продуктов?

7.2 Почему в качестве контроля использована полиэтиленовая пленка, которая, в реальных условиях, например, при упаковке колбасы не используется?

7.3 Проводили ли сравнение хранения продуктов в образцах полисахаридных пленок без наночастиц?

7.4 Изучали ли способность разработанных пленок к термосвариванию и формированию герметичных соединений?

Высказанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают положительной оценки диссертационного исследования.

Заключение

Рецензируемая работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., №842 и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных

автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по разработке технологии производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертационное исследование Дышлюк Любови Сергеевны соответствует паспорту специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Диссертационная работа Дышлюк Л.С. по актуальности, объему выполненной теоретической части, новизне полученных данных и выводов, практической реализации полученных научных данных, по качеству и количеству публикаций полностью соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (в редакции 01.10.2018), а ее автор Дышлюк Любовь Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Ведущий научный сотрудник,
Ученый секретарь Федерального
Государственного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский
институт молочной промышленности»
(ФГАНУ «ВНИМИ»),
доктор технических наук
115093, Москва, ул.Люсиновская,
д.35, кор.7 т.8(499)237-03-33
o-fedotova@vnimi.org

Ольга Борисовна Федотова

Подпись руки Федотовой Ольги Борисовны удостоверяю:

Начальник отдела кадров

Мария Андреевна Маркина

18 января 2021 г.