

ОТЗЫВ
официального оппонента доктора биологических наук, доцента, члена-корреспондента РАН Сербы Елены Михайловны 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

Среди современных проблем, стоящих перед мировым сообществом, наиболее актуальной является проблема ухудшения качества окружающей среды. Она носит глобальный характер и связана, прежде всего, с устойчивым ростом промышленного производства, который сопровождается увеличением количества твердых бытовых и промышленных отходов. Суммарный объем отходов в России ежегодно составляет около 2,5 млрд. тонн. Только в жилищно-коммунальном хозяйстве образуются твердо-бытовые отходы, в среднем, 350 – 450 кг на человека в год. Помимо минеральных отходов в современных условиях производства ежегодно возрастает количество также полимерных отходов, которые представляют большую опасность для окружающей среды, чем минеральные. Полимерные отходы занимают одно из первых мест в составе твердо – бытовых отходов, по объему образования они уступают отходам из бумаги и картона, но по ежегодному приросту опережают на 4 %. В настоящее время производится примерно 150 видов пластиков, 30 % от этого числа представляют смеси разных полимеров. Практика последних десятилетий показала, что сформировался рынок полимеров крупнотоннажного производства. Объемы выпуска синтетических пластмасс, главным образом полиолефинов (полиэтилена и полипропилена), получаемых в процессах нефтеоргсинтеза, огромен и к настоящему моменту превысил 300 млн. т в год. Нельзя не отметить при этом, что до 98 % мирового объема полимерных материалов производится из не возобновляемого ископаемого сырья – нефти, газа, продуктов переработки угля, запасы которых истощаются. Наряду с вышесказанным, важно, что накопление полимерных материалов ведет к загрязнению окружающей среды и создает глобальную экологическую проблему. Под полигоны и свалки твердых бытовых отходов, в которых доля синтетических материалов приближается к 60-70 %, ежегодно отчуждается до 10 тыс. га земель, в том числе и плодородных, изымаемых из сельскохозяйственного оборота. Выход из этого глобального экологического «тупика» – в постепенном переходе на новые типы материалов, безопасные для природы и биоты. В последние годы все более актуальными становятся работы по созданию биоразлагаемых полимеров. И хотя призывы стимулировать потребление биоразлагаемых полимерных материалов в качестве упаковок, в период пандемии

коронавируса несколько поутихи, по мнению аналитиков, максимальное снижение в 2020-2021 гг. составит 2%, после нормализации эпидемиологической обстановки экологические инициативы будут усиливаться. Акцент сместится в сторону совершенствования технологий биоразлагаемых полимерных материалов и тренда на защиту окружающей среды. Необходимо учитывать, что полностью биоразлагаемых пластиков в мире на данный момент фактически не существует, хотя формально такие пластики заявлены, есть даже европейский стандарт EN 13432 (ему идентичен отечественный ГОСТ Р 54530-2011). Каждое из найденных решений имеет свои преимущества и недостатки, несет определенные риски для окружающей среды, которые необходимо соизмерять с потребительскими характеристиками, ценой, ресурсами, затраченными на производство. В настоящее время биопластики составляют примерно 1 % от 335 млн. тонн пластиков, производимых ежегодно. Согласно последним данным Европейского института биопластиков (European Bioplastics) и научно-исследовательского института nova-Institute (Хюрт, Германия), которые являются ведущими организациями в области исследования биополимеров, глобальные производственные мощности по выпуску биопластиков увеличиваются примерно с 2,11 млн тонн в 2018 году до 2,62 млн тонн в 2023 году. Крупными производственными центрами являются Азия и Европа. В 2018 году 65 % биопластиков было произведено именно в этих частях света. 16 % и 9 % рынка приходились на Северную и Южную Америку соответственно; 1 % — на Австралию. В России производство этих материалов находится в зачаточном состоянии.

С учетом вышеизложенного диссертационная работа Дышлюк Любови Сергеевны, направленная на разработку технологий биоразлагаемых упаковочных материалов, а именно получения антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности, является актуальной и перспективной.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии и организация высокотехнологичного промышленного производства фармацевтического желатина для капсул и его аналогов», договор № 02.G25.31.0011 от 12.02.2013 г.; а также ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме «Получение фармацевтических субстанций на основе микроорганизмов-антагонистов, выделенных из природных источников», соглашение №075-02-2018-1934 от 20.12.2018 г.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена комплексным подходом к анализу трудов отечественных и зарубежных ученых по вопросам разработки, оценки качества и безопасности биоразлагаемых упаковочных материалов, а именно антимикробных пленок на основе

полисахаридов и их производных для пищевой промышленности. Биоразлагаемые упаковочные материалы позволяют создать перспективную сырьевую базу и получить принципиально новые упаковочные материалы с использованием нанотехнологий, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с известными образцами.

Достоверность научных положений, сформулированных в диссертационной работе, подтверждена результатами экспериментальных исследований, выполненных с применением актуальных методов анализа на современном оборудовании; математических методов планирования экспериментов и обработки полученных результатов, а также программным обеспечением. Научные положения, выводы и рекомендации, данные в диссертации, логично обоснованы; в работе отсутствуют противоречащие друг другу положения и выводы. Основные результаты работы представлены на симпозиумах, конгрессах, конференциях, семинарах и совещаниях различного уровня за рубежом и в России. Содержание диссертационной работы опубликовано в более чем восьми-десяти печатных работах, в том числе в 27 статьях, 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 в 20 статьях журналов, рекомендованных ВАК для публикации основных материалов диссертационных исследований, в 5 патентах РФ .

Научная новизна диссертационной работы

Научно обоснована концепция создания инновационных биоразлагаемых полимерных материалов для комплексного решения проблемы экологии, сохранности продуктов питания и здоровья человека на основе создания технологий производства антимикробных пленок на базе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности. В соответствии с выдвинутой научной концепцией предложен новый подход и методы введения в состав полимерной матрицы бактерицидных агентов.

- Осуществлен выбор перспективных образцов пленок на основе природных полисахаридов и их производных (агар-агар, каррагинан, гидроксипропилметилцеллюлоза). Представлены результаты исследований совместного действия компонентов биоразлагаемых полимеров на термодинамические и реологические свойства композиций;
- Получены новые экспериментальные данные о деформационно-прочностных, экотоксикологических свойствах, химической стойкости, газопроницаемости и кинетики биоразложения полученных пленок на основе полисахаридов и их производных;
- Научно обоснован выбор бактерицидных компонентов для придания пленкам на основе полисахаридов и их производных антимикробных свойств:

наночастицы серебра (диаметр частиц 3–4 нм), меди (диаметр частиц 8–10 нм) и оксида цинка (диаметр частиц 5–7 нм); а также разработана технология введения в состав полимерной матрицы выбранных бактерицидных агентов.

- Выявлены закономерности миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в модельные среды *in vitro*, а также в базовые пищевые продукты торговых сетей.

Новизна технических решений подтверждена 5 патентами РФ.

Теоретическая и практическая значимость

Комплексный подход к решению поставленных научно-исследовательских задач позволили докторанту обосновать инновационные технологии получения биоразлагаемых полимерных материалов на основе технологий получения антимикробных пленок на базе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности.

Практическая значимость работы состоит в следующем:

- разработке рецептур антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности;
- формулировании требований к технологическим процессам, связанных с получением антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности методами экструзии с раздувом и экструзии через щелевую фильтру;
- разработке и утверждении технических условий и технологической инструкции по производству антимикробных пленок для пищевой промышленности (ТУ 9283-251-0206833152018 и ТИ 9283-251-020683315-2018);
- подтверждении практической значимости технологических решений результатами аprobации технологии на ООО «Артлайф» в соответствии с разработанной технологической инструкцией ТИ 9283-251020683315-2018, что отражено в актах выработки опытной и промышленной партий антимикробной пленки для пищевой промышленности, а также в акте внедрения результатов исследований;
- оценке экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных, показавшей высокую рентабельность (35,5 %) создаваемого производства антимикробной пленки на основе полисахаридов и их производных и короткий срок окупаемости (2,8 лет), что позволяет рекомендовать его для внедрения на территории Российской Федерации;
- в подтверждении новизны разработанных технологических решений патентами РФ № 2454458 «Способ получения биосенсорного электрода для определения моно- и полисахаридов», № 2425879 «Способ получения поверхностно модифицированных наночастиц для иммобилизации биологических веществ», № 2570905 «Способ получения биодеградируемой термопластичной композиции», № 2651034 «Биоразлагаемая полимерная композиция из вторичного крахмалсодержащего сырья», № 2693776 «Состав для получения биоразлагаемой полимерной пленки на основе природных материалов».

Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней».

Анализ и оценка отдельных разделов диссертации, позволяет говорить о том, что последовательность представления материала логична, работа изложена с использованием специальной терминологии, экспериментальный материал описан, статистически обработан и проиллюстрирован в достаточной мере.

Диссертация состоит из введения, семи глав, результатов и выводов, списка использованных источников литературы (385 наименований) и приложений. Основной текст изложен на 309 страницах, содержит 56 таблиц, 148 рисунков.

Автореферат включает 43 страницы, достаточно полно отражает содержание работы, материалы которой, в свою очередь достаточно полно представлены в публикациях автора.

Диссертация и автореферат по содержанию, структуре и объему соответствуют требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней».

Во введении обоснована актуальность выбранного направления исследований, сформулированы научная новизна и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, цель и задачи исследований.

В первой главе дан критический анализ и обобщена информация по свойствам и строению биоразлагаемых полимеров, технологиям получения последних химическими и биотехнологическими способами, а также модифицирующих добавок для придания полимерным материалам антимикробных свойств, основных групп микроорганизмов, участвующих в разложении отходов на полигонах твердых бытовых отходов. На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы, намечены методы их решения.

В второй главе обоснованы постановка эксперимента, объекты и методы исследований. Приведена характеристика объектов, методов исследований в соответствии с реализуемой целью и задачами работы, а также схема исследований.

В третьей главе представлены результаты исследования компонентов биоразлагаемых полимеров по термодинамическим, реологическим свойствам разработанных композиций. Приведены данные по изучению деформационно-прочностных, экотоксикологических свойств, химической стойкости, газопроницаемости и кинетики биоразложения пленок, полученных на основе комбинаций полисахаридов и их производных.

В четвертой главе обоснован выбор бактерицидных компонентов для придания пленкам на основе полисахаридов и их производных антимикробных свойств. Разработан подход по введению в состав полимерной матрицы бактерицидных агентов – наночастиц серебра, меди и оксида цинка. Представлены результаты изучения деформационно-прочностных, экотоксикологических свойств, химической стойкости, газопроницаемости и кинетики биоразложения антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных.

В пятой главе проведены исследования по оптимизации технологических параметров получения антимикробной пленки на основе полисахаридов и их производных методом экструзии с раздувом, а также методом экструзии через щелевую фильтру.

В шестой главе представлены результаты изучения закономерностей миграции наночастиц серебра, меди и оксида цинка из антимикробных пленок в модельные среды *in vitro* и в различные пищевые продукты. Дан анализ показателей безопасности антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных.

В седьмой главе приведены принципиальная схема производства антимикробных пленок и расчет материальных потоков. Дано описание технологической схемы производства антимикробных пленок на основе полисахаридов и их производных, произведен расчет энергетических затрат. Представлена оценка экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии.

По результатам, представленным в каждом разделе диссертационной работы, предоставлено краткое обсуждение полученных результатов и сделаны соответствующие выводы. Представленные в заключительном разделе диссертационной работы основные выводы соответствуют поставленным целям и задачам исследования, научно обоснованы и подтверждены экспериментальными данными, полученными автором.

В приложениях проиллюстрирована антимикробная активность растворов наночастиц серебра, меди, оксида цинка, диоксида титана и диоксида кремния, приведены результаты исследования антибактериальных и фунгицидных свойств образцов пленок на основе полисахаридов и их производных с добавками биоцидных агентов. Представлены результаты изучения фенотипических, физиолого-биохимических свойств микроорганизмов, выделенных из отходов полигонов ТБО и почвогрунтов карьеров Кемеровской области, и результаты определения степени биоразложения пленок на основе полисахаридов с добавками антимикробных агентов. Приведены результаты изучения динамики органолептических, физико-химических и микробиологических показателей пищевых продуктов, упакованных в антимикробную пленку, в процессе хранения. В приложениях предоставлены копии государственных контрактов и соглашений на выполнение научно-исследовательских работ, патенты на изобретения, нормативные документы, отчеты о научно-исследовательской работе.

Основные положения диссертационной работы изложены в 80 печатных работах, в том числе в 27 статьях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science и 5 патентах РФ.

Содержание автореферата соответствует материалам, изложенным в тексте диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты, полученные в диссертационной работе Дышлюк Л.С., и сформулированные на их основе выводы могут быть рекомендованы для использования в пищевой, медицинской и биотехнологической промышленности для производства биоразлагаемых полимеров, в частности антимикробных пленок.

Результаты диссертационной работы соискателя могут быть основой для проведения дальнейших научных исследований по вопросам нанотехнологий, а также использованы в учебном процессе: включены в лекционные курсы и практику научных исследований при реализации дисциплин для подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров для пищевой и медицинской промышленностей, а также промышленной экологии и биотехнологии для бакалавров, магистрантов и аспирантов.

Наряду с общей высокой положительной оценкой работы, к ней имеются следующие **замечания и предложения:**

1. В представленной к защите диссертационной работе безусловно присутствует **концептуальный подход** к решению поставленных научно-исследовательских задач, а именно обоснованию инновационных технологий получения биоразлагаемых полимерных материалов с антимикробными свойствами на основе полисахаридов и их производных. Однако, в разделах «Научная новизна» и «Теоретическая значимость» диссертационной работы на этом акцент не сделан, а написание этих важнейших обоснований больше похоже на выводы о проделанной работе. Считаю, что это является существенной недоработкой автора.

2. Хотелось бы получить от автора более подробное объяснение научного и теоретического обоснования к подходу выбора пищевых продуктов, взятых для изучения вопроса миграции наночастиц из полимерных пленок, т.к. полученные результаты исследования идут в разрез с эмпирическим правилом «подобное растворяется в подобном». Например, автором показано, что максимальная скорость миграции наноразмерного серебра характерна для модельной жirosодержащей среды D. Однако, миграция наночастиц серебра закономерно снижается при хранении пищевых продуктов в следующей последовательности: сливочное масло > творог > **томаты** > мороженое > куриное мясо, тогда сделанный автором вывод, что полученные результаты согласуются с результатами, представленными на модельных средах *in vitro*, требуют более детального объяснения.

Кроме того, автором установлена, *in vitro*, зависимость миграции наночастиц из биопленок от температуры, но в материалах по исследованию этого процесса при хранении пищевых продуктов этот момент недостаточно полно отражен ни в автореферате, ни в самой диссертации.

3. В диссертационной работе представлены материалы по изучению возможности введения бактериоцинов, производимых молочнокислыми

бактериями и другими микроорганизмами-антагонистами, выделенных из природных источников Кемеровской области, в пленки на основе полисахаридов и их производных (в разделе 4.2 Разработка научных подходов по введению в состав полимерной матрицы бактерицидных агентов – наночастиц серебра, меди и оксида цинка стр.167-170, приложение Б стр.370-373). Однако, данный материал не имеет прямого отношения к нанотехнологиям, к которым автор придерживается при разработке технологий получения антимикробных пленок на базе полисахаридов и их производных, кроме того результаты данного исследования не представлены в автореферате.

4. Представленная диссертационная работа содержит комплексный подход к решению поставленных научно-исследовательских задач и обоснованию инновационных технологий получения биоразлагаемых полимерных материалов на основе технологий получения антимикробных пленок на базе полисахаридов и их производных для пищевой промышленности. Интерес к данной проблеме имеет глубокие корни и насчитывает несколько десятков лет, в настоящее время, имеется значительный научный материал по этому вопросу, что и показано автором в главе «Аналитический обзор...». Однако, автор, проводя свои изыскания, не дает сравнительной характеристики ни по одному показателю с известными и признанными биоразлагаемыми полимерными материалами, а именно антимикробными пленками (стр.21-30 диссертации), что в свою очередь обедняет диссертационную работу и осложняет понимание значимости последней.

5. Автором разработаны технологии введения в состав полимерной матрицы выбранных бактерицидных агентов и создан упаковочный материал на основе предлагаемых биопленок, однако, при этом хотелось бы получить информацию о скорости и степени деградации предлагаемого упаковочного материала во внешней среде под действием естественных природных факторов и оценить возможность образования при этом свободных наночастиц и токсических компонентов.

6. В работе имеются редакционные неточности и не совсем корректные выражения. Кроме того в диссертационной работе в качестве основы антимикробных пленок для пищевой промышленности исследовались полисахариды и их производные на основе агар-агара, каррагинана, гидроксипропилметилцеллюлозы, тогда как список публикации по представленной работе включает научные статьи не связанные напрямую с темой диссертации (Статьи, индексируемые в международных базах цитирования Scopus и Web of Science под №№ 9,19,20,28; Статьи в журналах, рекомендованных ВАК №№ 31,34).

Сделанные по работе замечания не отражаются на основных положениях, представленных автором к защите, не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, а представленные к защите результаты позволяют плодотворно использовать их в пищевой промышленности.

Заключение

По своему содержанию диссертационная работа Дышлюк Любови Сергеевны соответствует паспорту специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Диссертация 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 (редакция от 01.10.2018 г.) и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по разработке технологии получения антимикробных упаковочных пленок на основе полисахаридов и их производных для увеличения сроков хранения пищевой продукции, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие страны, и решена научная проблема, имеющая важное социально-экономическое значение, – обеспечение населения качественной и безопасной продукцией.

По структуре и содержанию, теоретическому уровню, научной новизне и практической значимости диссертационная работа **Дышлюк Любови Сергеевны** соответствует установленным критериям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук **по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)**.

Заместитель директора по научной работе
Всероссийского научно-исследовательского
института пищевой биотехнологии – фили-
ала Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследо-
вательского центра питания, биотехноло-
гии и безопасности пищи, доктор биологиче-
ских наук, доцент, член-корреспондент РАН

111033, г. Москва, ул. Самокатная, д.4б
Тел.: 8495-362-45-72
E-mail: serbae@mail.ru


Елена Михайловна Серба

21.01.2021г.

Подпись Сербы Е.М. подтверждают

