

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»

На правах рукописи



Белоглазова Кристина Евгеньевна

**РАЗРАБОТКА ПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

03.01.06 – биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
кандидат биологических наук,
доцент Рысмухамбетова Г. Е.

Саратов - 2020

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Пленочные покрытия и их характеристика.....	11
1.2 Способы получения пищевых пленочных покрытий.....	17
1.3 Применение пленочных покрытий в различных отраслях промышленности	21
Глава 2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1 Объекты и методы исследований.....	25
2.1.1 Объект исследований.....	25
2.1.2 Создание пленочных покрытий.....	26
2.1.3 Определение структурно-механических свойств пленочных покрытий.....	27
2.1.4 Определение качества сельскохозяйственных продуктов.....	28
2.1.5 Общие микробиологические методы.....	28
2.1.6 Определение биodeградебельных свойств пленочных покрытий... ..	29
2.1.7 Расчет экономической эффективности производства пленочных покрытий	29
2.1.8 Статистическая обработка.....	29
2.2 Результаты исследований и их обсуждение.....	31
2.2.1 Подбор композиционной смеси для создания пленочных покрытий.....	31
2.2.2 Приготовление пленочных покрытий.....	37
2.2.3 Подбор режимов, параметров и соотношение полисахаридов.....	40
2.2.4 Изучение структурно-механических свойств пленочных покрытий.....	46
2.2.5 Способы нанесения пленочных покрытий на сельскохозяйственную продукцию.....	54
2.2.6 Влияние пленочных покрытий на плодоовощную	

сельскохозяйственную продукцию (картофель, шампиньоны, груша).....	58
2.2.7 Влияние пленочных покрытий на продукцию переработки зерна (хлебобулочные и кондитерские изделия).....	67
2.2.8 Влияние пленочных покрытий на сельскохозяйственную продукцию животного происхождения (свинина, карп).....	75
2.2.9 Исследование биodeградеability пленочных покрытий.....	82
2.3 Оценка экономической эффективности технологии.....	85
Заключение.....	89
Выводы.....	93
Список сокращений и условных обозначений.....	94
Список литературы.....	95
Приложения.....	108

Введение

Сельское хозяйство – отрасль, направленная на обеспечение населения продовольствием и получение сырья для других секторов промышленности, от состояния агропромышленного комплекса зависит и безопасность государства. В настоящее время сельское хозяйство формируется под воздействием роста требований потребителей и расширения возможностей производства высококачественной продукции на основе интеллектуализации, автоматизации и роботизации технологических процессов на всем протяжении цикла от производства до потребления.

Поиск новых «умных» упаковочных материалов для хранения продуктов и товаров является актуальной задачей, так как это позволит пролонгировать сроки хранения, сохранить и улучшить качество товара и продуктов. Пищевые пленки и покрытия представляют собой тонкие слои материалов, наносимые на продукцию растительного и животного происхождения с целью сохранения полезных веществ. Основные функции полимерных пленок заключаются в защите продуктов от механических повреждений, физических, химических и биологических воздействий [26]. В настоящее время большое количество исследований посвящено решению проблем, связанных с отходами пластмассовых материалов, поэтому перспективным является создание экологических упаковок [28,47]. С этой целью изучается возможность замены неразлагаемых полимеров на биodeградируемые из возобновляемых источников, отличающиеся при этом относительно низкой стоимостью и высокими потребительскими свойствами. В связи с этим широкое использование биоразлагаемых полимерных упаковок в качестве альтернативного варианта позволит не загрязнять окружающую среду. Использование биопленочных покрытий в пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе для хранения продуктов с короткими сроками годности, основано на таких свойствах, как доступная стоимость, универсальность, приемлемые оптические и структурно-

механические показатели, газонепроницаемость, высокая устойчивость к микроорганизмам и воде и сенсорной приемлемости [48].

Степень разработанности темы исследования. В последние годы растет спрос во многих отраслях промышленности, в том числе агропромышленном комплексе, медицине и фармацевтике на альтернативные экологические упаковочные материалы [46]. В связи с этим исследования в области создания и применения данных упаковочных материалов приобретают большую значимость.

Имеются сведения по производству пленочных покрытий с использованием полисахаридов различного происхождения. Например, известны высокоэластичные слоистые пленки, изготавливаемые из хитозана и пектина [37, 95], защитная среда для хранения очищенного картофеля в водном растворе с добавлением полисахарида микробного происхождения ксантана [39], биоразлагаемая пленка из хитозана и ксантана [40]. В большинстве случаев данные разработки имеют узкий спектр применения, так как ориентированы на конкретную продукцию. Кроме того, существенными недостатками данных пленок являются высокая себестоимость, значительная трудоемкость изготовления и наличие специализированного оборудования.

В связи с тем, что потребность в биоразлагаемых упаковочных материалах с высокими потребительскими свойствами постоянно растет, данные исследования по разработке пленочных покрытий на основе полисахаридов являются актуальными и имеют важное научное и практическое значение.

Цель работы – разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и изучение их свойств с перспективой дальнейшего использования. Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Подобрать компонентный состав и технологию производства пленочных покрытий в зависимости от способа нанесения.

2. Определить физико-химические и структурно-механические свойства пленочных покрытий.
3. Изучить влияние пленочных покрытий на качество сельскохозяйственной продукции и наметить перспективы их использования.
4. Исследовать биodeградебельные свойства пленочных покрытий.
5. Обосновать экономическую эффективность предлагаемой технологии.

Научная новизна работы. Впервые были созданы пленочные покрытия на основе полисахаридов – ксантана и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) в зависимости от способов нанесения: распыление – 0,60 и 2,73 %; кистью – 0,90 и 2,05 %; оборачивание вокруг продукта – 1,61 и 1,38 % соответственно. Обосновано введение в компонентный состав пленочных покрытий лецитина и глицерина. Изучены физико-химические, структурно-механические и биodeградебельные свойства пленочных покрытий в зависимости от способов нанесения. Установлено, что пленочные покрытия сокращают потери массы и пролонгируют сроки хранения сельскохозяйственной продукции: шампиньонов с 12 до 18 месяцев, картофеля с 18 до 24 месяцев, хлебобулочных (булочка «Домашняя») и кондитерских изделий («Круассан из слоеного теста») с 72 до 96 часов, свинины с 48 до 120 часов, карпа с 24 до 48 часов. Установлено, что пленочные покрытия экологически безопасны, так как способны полностью разлагаться в почве через 7 суток. Показан экономический эффект от внедрения разработки при производстве 225 т продукции в год при уровне рентабельности 40 %.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные, полученные в ходе анализа структурно-механических свойств пленочных покрытий и их растворов, восполняют недостающие сведения и формируют теоретическую базу для изучения свойств используемых полисахаридов – ксантана и карбоксиметилцеллюлозы. Применение данных полисахаридов для получения пленочных покрытий с заданными свойствами открывает

перспективы их дальнейшего использования в различных отраслях агропромышленного комплекса.

По материалам диссертационной работы получен патент на изобретение «Биоразлагаемое пищевое пленочное покрытие» (№ 2662008, 27.07.2018. Бюл. № 21) [38]. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторных занятий со студентами факультета ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Методология и методы исследования. Методологические подходы в решении поставленных задач основаны на применении как общенаучных методов – теоретико-методологического анализа литературных источников, так и эмпирических методов исследования в форме наблюдения, эксперимента, описания, измерения и сравнительно-сопоставительного анализа. Для достижения цели диссертационной работы, теоретического обоснования возможности создания и применения пленочных покрытий на основе полисахаридов использована совокупность адекватных методологических приемов, современные и общепринятые методы статистической обработки данных. Применение указанных методов, а также детальный анализ фактического материала позволили обеспечить объективность полученных результатов и выводов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Технология производства пленочных покрытий состоит из нанесения компонентного состава на продукты путем распыления, кистью и оборачивания.

2. Компонентный состав (ксантан и КМЦ) пленочного покрытия для его нанесения путем распыления состоит из 0,60 и 2,73 %; для способа нанесения кистью – 0,90 и 2,05 %; оборачивание вокруг продукта – 1,60 и 1,38 % соответственно.

3. Пленочное покрытие, созданное на основе 0,60 % ксантана и 2,73 % КМЦ, имеет динамическую вязкость раствора 1700 мПа·с, прочность – 2,1 Па, растяжимость – 10,83 мм, толщину – 0,019 мм; на основе 0,90 % ксантана и 2,05 % КМЦ – динамическую вязкость раствора 1210 мПа·с, прочность – 3,28 Па, растяжимость – 12,48 мм, толщину – 0,012 мм; на основе 1,60 % ксантана и 1,38 % КМЦ – динамическую вязкость раствора 1640 мПа·с, прочность – 3,05 Па, растяжимость – 17,12 мм, толщину – 0,088 мм.

4. Продукты с нанесенным пленочным покрытием обладают лучшими органолептическими показателями по сравнению с контрольными образцами и способствуют сокращению потери массы продуктов при замораживании: шампиньонов на 6 %; груши на 14 %; картофеля на 37 %; булочка «Домашняя» и «Круассан из слоеного теста» на 2 %; свинины охлажденной на 5 %; карпа охлажденного на 6 %.

5. Применение пленочных покрытий пролонгирует сроки хранения: шампиньонов и картофеля на 6 месяцев, булочки «Домашняя» и «Круассан из слоеного теста» на 24 часа; свинины охлажденной на 72 часа; карпа охлажденного на 48 часов.

6. Пленочные покрытия, созданные на основе ксантана, способны полностью разлагаться в почве через 7 суток.

7. Определен экономический эффект от внедрения разработки при производстве 225 т продукции в год при уровне рентабельности 40 %.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов обусловлена значительным объемом экспериментального материала, полученного с использованием высокоинформативных методов исследования с подтверждением данных математической статистики. Основные материалы диссертационной работы представлены на: Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи «Современные проблемы и тенденции развития агропромышленного комплекса» (Казань, 2017); V Международной научно-практической интернет-конференции «Приоритеты и научное обеспечение

реализации государственной политики здорового питания в России» (Орел, 2017); Международной научно-практической конференции «Биотехнология в комплексном развитии регионов» (Москва, 2016); IX Международной научно-практической конференции, посвящённой 20-летию специальности «Технология продукции и организация общественного питания» (Саратов, 2015); V Международной научно-практической конференции «Биотехнология: наука и практика» (Ялта, 2017); Международной научно-практической конференции «Новые подходы к разработке технологий производства и переработке сельскохозяйственной продукции» за 2018-2019 гг. (Волгоград, 2018; 2019); Международном интеграционном конгрессе «Евразийское междуречье: интеграция производства, науки и образования» (Уральск, 2017); Международном смотре-конкурсе органической (экологически чистой) продукции животноводства, птицеводства, пчеловодства (Уральск, 2017); 8-й Межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Гигиена, экология и риски здоровью в условиях современного производства» (Саратов, 2018); Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России» (Пенза, 2017); 7-й Всероссийской неделе наук с международным участием, посвященной всемирному дню здоровья (Саратов, 2018); Ежегодном конкурсе научно-инновационных работ среди студентов, аспирантов и молодых ученых (Саратов, 2016); IX Саратовском салоне изобретений, инноваций и инвестиций (Саратов, 2017); конкурсе министерства сельского хозяйства РФ по Саратовской области (Саратов, 2017); конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской работы СГАУ им. Н.И. Вавилова за 2015 – 2018 гг. (Саратов, 2016; 2017; 2018); Российской агропромышленной выставке «Золотая осень» (Москва, 2018); XVI Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии», посвященной 150-летию Периодической

таблицы химических элементов (Казань, 2019); Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства» (Алматы, 2019).

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 2 статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, и 1 патент.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, двух глав: обзора литературы и экспериментальной части, включающей описание объектов и методов исследований, результаты исследований и их обсуждений, а также заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Работа изложена на 123 страницах, содержит 20 таблиц, 25 рисунков. Список литературы включает 117 наименований, в том числе 60 зарубежных.

Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Пленочные покрытия и их характеристика

В последнее время пленочные покрытия используют в качестве первичной упаковки во многих отраслях агропромышленного комплекса. Как известно из литературных данных, в них упаковывается более 80 % товаров. Наиболее востребованы во всем мире пленки из таких материалов, как 29,3 % полипропилена, 18 % полиэтилена и 21,4 % пористые многослойные. При этом отмечается, что с каждым годом применение однослойных непористых и полистирольных пленок сокращается. Это связано с тем, что «умные» покрытия в значительной степени удовлетворяют современным потребительским требованиям, а также их производство обходится дешевле [63].

На сегодняшний день полимерный материал используется как в виде первичной упаковки (термоусадочные, стретч-пленки, скин-пленки и т. д.), так и в составе многосоставной и многослойной таре (контейнеры, мешки и пакеты). В пленки пищевого назначения упаковываются различные сельскохозяйственные продукты – мясо и мясные продукты, рыба и рыбные продукты, молочная продукция, хлеб, крупы и т. д. Полимерные пленки используют в качестве непищевого упаковочного материала, например, для товаров личной гигиены, бытовой химии, косметики и т. д. [76].

Непищевой полиэтилен используется для того, чтобы упаковывать различные виды непищевой продукции, например, средства гигиены, косметики, бытовой химии, удобрения, грунт [4].

Пищевой полиэтилен. К данной категории относятся те материалы, которые в своем составе не имеют вредных токсичных примесей, то есть являются безопасными для применения в пищевых целях. В то же время пищевой полиэтилен плохо подходит для хранения непищевых товаров [34].

Полиэтиленовые упаковочные пленки. Полиэтиленовая пленка представляется одним из самых популярных упаковочных и укрывных

материалов. Она обладает такими качествами, как многофункциональность, универсальность, а также хорошими теплоизоляционными и диэлектрическими свойствами [46].

В свое время полиэтиленовая пленка получила широкое распространение в быту и на производстве благодаря таким свойствам, как прозрачность (возможность визуально оценить упакованный продукт), эластичность (устойчивость на разрыв, прокол), способность сохранять тепло, паро- и водонепроницаемость, обеспечивать защиту от влаги, пыли, грязи [50]. Ввиду всех вышеперечисленных свойств она применяется для упаковки сельскохозяйственных продуктов, что исключает заветривание, придает красивый товарный вид, сохраняет свежесть [43].

Упаковочный материал из полиэтиленовой пленки чаще всего используется в качестве ручной упаковки для скоропортящихся продуктов и отличается самой низкой стоимостью по сравнению с другими видами тары [36].

Молочные пленки. Для расфасовки молока и продуктов его переработки используют мягкие пакеты и тубы, изготовленные из молочной пленки. Молочная пленка – это однослойная или многослойная структура (как правило, трехслойная, пятислойная) из полимерных материалов, полученных методом соэкструзии с внесением определенных добавок. В современном варианте молочные пленки представляют собой трехслойные пленки (два внешних белых и один внутренний черный светоизолирующий слой), которые позволяют значительно увеличить срок хранения молочных продуктов [93].

Стретч-пленки. Гибкий полимер, способный растягиваться в продольном и поперечном направлении, относится к стретч-пленкам и используется как упаковочный материал для пакетизации нестандартных товаров и продуктов. Преимуществом стретч-пленок являются такие свойства, как прочность, устойчивость к проколам, обеспечение защиты товаров от повреждения в процессе транспортировки и компактность

укладки. Полиэтилен – это основной материал для производства стретч-пленок, они могут быть прозрачными и окрашенными, перфорированными для оптимального расхода полимера и обеспечения возможности «дышать» продуктам. Перфорированная пленка наматывается на продукт или товар в один или несколько слоев при натяжении вручную или с помощью специальных устройств. Края пленки склеивают или соединяют сваркой. В основном стретч-пленка применяется как вторичная и транспортная упаковка [66]. В торговых сетях стретч-пленка в сочетании с пластиковыми лотками применяется для упаковки небольшой партии сельскохозяйственных продуктов. Благодаря проницаемости стретч-пленки для кислорода упакованное мясо некоторое время сохраняет хороший товарный вид в связи с образованием оксигемоглобина в контакте продукта с упаковкой. Однако необходимо понимать, что упакованное таким образом мясо имеет ограниченный срок хранения.

Изготовление таких пленок в России законодательно запрещено из-за крайне вредного воздействия данного производства на окружающую среду, вследствие этого на нашем рынке присутствуют исключительно импортные позиции стретч-пленки. Основными поставщиками являются Франция, Германия, Украина, Китай и Таиланд [57].

Водорастворимые пленки. Водорастворимые пленки подходят к использованию с сухими продуктами и высококонцентрированными жидкостями. Они могут изготавливаться из поливинилового спирта, нитрата и нитрита целлюлозы, биополимеров. Эти материалы могут быть получены как с помощью экструзии, так и путем выпаривания. Водорастворимые пленки экологичны, продукты их распада не являются токсичными. Водорастворимые пленки широко применяют в упаковке различного рода химикатов как для производственных, так для сельскохозяйственных и бытовых нужд (красители, яды, удобрения, пестициды и т. д.). Кроме того, эти материалы востребованы в фармацевтике, пищевой и текстильной промышленности [100].

Жесткие пленки. Жесткие непластифицированные (слабопластифицированные) пленки предназначены для термоформования. Преимущество данных покрытий заключается в их жиро-, маслостойкости, а также устойчивости к щелочам и кислотам. Благодаря этим способностям вредные вещества не экстрагируются в продукт. Немаловажным фактором является барьерная способность не пропускать кислород, а следовательно, не происходит окисление жиров, развитие микроорганизмов в упакованных продуктах. Данные покрытия отличаются особой пластичностью, прочностью, высокой прозрачностью и прекрасной способностью к воспроизведению деталей форм [74].

Термоусадочные покрытия (пленки). Применение этих покрытий происходит с помощью растяжения подогретого полимера и дальнейшего охлаждения. При этом необходимо учитывать, что температура нагрева должна превышать температуру размягчения материала, и в основном находится в диапазоне 120 – 160 °С. Под воздействием горячего воздуха пленка принимает форму товара и плотно прилегает к продукту, за счет чего уменьшается объем товарного места, обеспечивается защита от внешних воздействий (отличается достаточно высокой прочностью). Данный материал используется для упаковки сельскохозяйственных продуктов, а также товаров различного рода. Подходит для ручной и машинной упаковки. На термоусадочной пленке может быть выполнена печать логотипа производителя или размещена краткая информация о продукте [67, 72].

Неокрашенная термоусадочная пленка обладает отличной прозрачностью и блеском, а прочность упаковки позволяет защитить продукт от повреждений при транспортировке или случайном падении. Данная упаковка способствует увеличению сроков хранения различных продуктов питания и улучшению товароведческих характеристик.

Область применения термоусадочной пленки велика, но наиболее часто её применяют для упаковки хлебобулочных и кондитерских изделий, мясного и рыбного сырья, групповой транспортировки бутылок, банок с

молочными продуктами, алкогольными и прохладительными напитками и др. [73].

Вакуумная пленка представляет собой, как правило, многослойную композицию со слоями полиамида (ПА) для обеспечения защиты упакованного сельскохозяйственного продукта от воздействия кислорода окружающей среды и слоями полиэтилена (ПЭ) или полипропилена (ПП). На рынке упаковки представлено большое количество вакуумных пленок, различающихся видом материала, числом слоев и дополнительными свойствами [87].

Благодаря использованию вакуумной пленки значительно повышается срок хранения сельскохозяйственных продуктов, а также улучшается их внешний вид. В вакуумной пленке они не подвержены воздействию окружающей среды, которая может повлиять на их свойства и внешний вид, а также привести к окислению, потере вкусовых свойств, высыханию. При упаковке в вакуумную пленку происходит глубокая откачка воздуха с помощью специального оборудования. Современные машины позволяют производить процесс вакуумирования быстро и легко.

Преимущества вакуумной пленки:

- внутри упаковки не образуется конденсат;
- упакованный продукт защищен от влаги и грязи;
- устойчива к перепадам температур;
- используется для упаковки самых различных сельскохозяйственных продуктов;
- сохраняет внешний вид, влажность и свойства свежего продукта;
- увеличивает полезный объем за счет дробной фасовки [111].

Активные упаковки. Активные упаковки широко применяют в различных отраслях, опираясь на такие свойства, как бактерицидность, антиадгезионность, антисептичность, антифунгицидность. Благодаря таким

характеристикам товары и продукты защищены от внешних повреждений, воздействий, плесени и порчи, а также улучшается их товарный вид [110].

В настоящее время нередко в состав защитных оболочек и покрытий для сельскохозяйственных продуктов вводятся антимикробные препараты. Кроме того, в процессе производства активных упаковок применяют обработку озоном, ультрафиолетом или гамма-излучением для подавления роста микроорганизмов [115].

С целью повышения качества продуктов были разработаны водорастворимые покрытия на основе эфиров целлюлозы, например, для нанесения на сформованное тесто. Благодаря этому увеличивается устойчивость изделий к подгоранию, снижается упек и увеличивается срок свежести хлеба [70].

В последнее время по рекомендации биотехнологов в некоторых странах плодоовощную продукцию упаковывают в так называемую полезную пленку на основе хитозана и фермента лизоцима. По своему внешнему виду она похожа на обычную полиэтиленовую упаковку, но в то же время относится к съедобным пленкам с биологически активными добавками в составе [117].

Съедобные покрытия. Исследования с целью создания съедобных покрытий на основе природных полимеров – полисахаридов являются перспективным направлением в биотехнологии. В этих разработках использование производных крахмала и целлюлозы опирается на их пленкообразующие свойства. Например, их применение в качестве загустителей в сельскохозяйственном сырье позволяет получать пастообразную молочную, кондитерскую и плодоовощную продукцию [106]. Съедобные покрытия, имеющие в своем составе карбоксиметилцеллюлозу или модифицированный крахмал, способны уменьшить потери массы продуктов, а также замедлить процессы окисления и порчи в них. Известно, что покрытия на основе полисахаридов обладают положительным физиологическим влиянием, так как способны адсорбировать и выводить

ионы металлов, радионуклидов и другие вредные вещества. Введение ароматизаторов и красителей в съедобные покрытия позволяет иметь широкий ассортимент пленочных упаковок с разными вкусо-ароматическими свойствами. При производстве продуктов лечебно-профилактического питания использование такой съедобной оболочки открывает новые перспективы, так как появляется возможность изменить сенсорное восприятие потребителя и обогатить сельскохозяйственное сырье минеральными веществами [107].

1.2 Способы получения пищевых пленочных покрытий

На сегодняшний день съедобную упаковку по биodeградируемости на молекулярном уровне можно условно разделить на 2 группы. К первой группе – микробиальной – относят съедобный биополимерный материал, который деградирует в окружающей среде под действием бактерий или грибов. Ко второй группе относятся те полимеры, которые разлагаются в результате химических реакций (окисления или гидролиза) с помощью внутриклеточных и неклеточных ферментов желудочно-кишечного тракта животных или человека [53]. Традиционно съедобную упаковку выпускают в виде покрытия, пленки, пакета и листа, их основное отличие заключается в толщине. Так, полимер, нанесенный тонким слоем на продукт, называют покрытием, а если продукт оборачивают заранее приготовленным материалом толщиной до 250 мкм, то это пленка; лист – упаковочный материал толщиной более 250 мкм [63, 74]. В настоящее время фармацевтическая промышленность в качестве упаковочного материала для таблеток использует съедобные мягкие и твердые капсулы [81].

Существует несколько основных способов нанесения упаковочного материала, например, продукт, может быть обернут пленкой, выпускаются даже специальные пакеты и сумки. Для обертывания выпускают листы, изготовленные с помощью ламинирования из нескольких слоев пленок. Для нанесения путем распыления, окунания или кисти растворы покрытий

наносят непосредственно на сам продукт, и уже в процессе высыхания формируются покрытия или пленки, в зависимости от толщины слоя.

Пищевые пленки получили наибольшее распространение как средство упаковки вследствие невысокой стоимости и возможности ручной упаковки без использования дополнительных устройств.

Пищевые пленки изготавливаются из поливинилхлорида высокого давления и поэтому отличаются не только прозрачностью, но и высокими прочностными характеристиками, отвечающими самым строгим требованиям, предъявляемым к упаковке.

Поливинилхлоридная пленка (ПВХ) используется для упаковки товаров и продуктов как ручным, так и автоматизированным способом. Существует два метода производства такой пленки: «выдувной» и «выливной» [29]. К несомненным преимуществам ПВХ-пленки относятся:

- влаго- и газопроницаемость, способствующие сохранению первоначального вида и вкусовых качеств продуктов;
- устойчивость к воздействию низких и высоких температур в процессе хранения;
- устойчивость к механическим воздействиям (разрыв и прокол);
- обладает «памятью», то есть способностью к восстановлению первоначальных форм;
- низкая себестоимость в качестве упаковочного материала для развесных и штучных сельскохозяйственных продуктов;
- имеет отличный блеск и прозрачность, что значительно улучшает внешний вид упаковки [25].

Съедобная упаковка – это тип упаковки в виде пленки, которая является интегральной частью продукта и потенциально съедобна [28]. Поэтому целесообразнее применять данный вид пленки в качестве первичного съедобного упаковочного материала для пищевых продуктов, которые впоследствии помещают во внешнюю (вторичную) тару [98]. Природным натуральным примером служат цитрусовые, у которых имеется

как тонкая кожица, так и плотная кожура [78]. Известно, что съедобную пленку как первичную упаковку для предотвращения прилипания к бумаге наносят на конфеты и карамель, поэтому бумажная обертка, выполняющая роль внешней тары, беспрепятственно снимается с упакованных изделий.

Для создания съедобных упаковок используют такие широко известные пищевые продукты или их компоненты, как белки (казеин, глютен, желатин, коллаген и т. д.), жиры (жирные кислоты, ацетоглицериды, глицериды), углеводы (эферы целлюлозы, декстрины, альгинаты, полисахариды, производные крахмала) и др.

Для съедобных белковых пленок характерны такие положительные свойства, как газонепроницаемость (O_2 и CO_2) и растворимость в воде, спирте и маслах. К отрицательным качествам относят гигроскопичность и низкую прочность. Для повышения водостойкости и пластичности в процессе изготовления пленок вводят жиры, моносахара или их сироп, полиспирты, натуральный мед [33].

От компонентного состава съедобных пленок и покрытий зависит пищевая ценность, которая в свою очередь подразделяется на усвояемую (перерабатываемая организмом) и неусвояемую (выводится из организма вместе с другими шлаками). Важным требованием безопасности неусвояемых пленок является их гигиеническая безвредность, в том числе и при постоянном употреблении в течение всей жизни. Для этого было установлено допустимое суточное потребление определенных веществ в мг на 1 кг массы тела [26]. В большинстве случаев для создания усвояемых пленок используют основные нутриенты: углеводы, белки и жиры. В свою очередь неусвояемые упаковки производят из природных восков, полисахаридов и камедей, спиртов и др. [103].

Структурно-механические и технологические свойства пленочного покрытия напрямую зависят от способа производства полимерных пленок. Известно, что для каждого полимера подбирается оптимальный способ производства из ряда существующих. При внесении изменений в процесс

производства можно получить пленки с учетом специфических особенностей назначения продукции [45].

Пленкообразующие компоненты. К пленкообразующим компонентам предъявляются высокие потребительские требования, так как они повышают качество сельскохозяйственных продуктов. Перечень требований выглядит следующим образом:

- защищать от физических, химических и биологических воздействий;
- не быть токсичными и аллергенными;
- обеспечивать стабильность структуры продукта;
- создавать внутреннее равновесие газовой среды в упаковке;
- сохранять состояние компонентов на первоначальном уровне;
- производство должно быть технологичным и экономически целесообразным [47].

В последнее время в качестве первичной упаковки для колбасы используется съедобная пленка на основе соевого белка. Для того чтобы улучшить такой показатель как прочность соевой пленки, разработчики предложили погружать оболочки в раствор ацетата натрия с дальнейшим промыванием в водно-солевом растворе. Для повышения пластичности в состав соевых пленок рекомендуют вводить глицерин или пропандиол, а для уменьшения паропроницаемости вводят жирные кислоты. Согласно рекомендациям разработчиков, соевая пленка имеет широкий спектр применения как для упаковки мяса, рыбы, птицы, так и снековой продукции и т. д. [82].

Способы получения пленочных покрытий. В большинстве случаев съедобные упаковки из полисахаридов получают в процессе растворения в воде, ее смеси с этиловым спиртом или в чистом этиловом спирте. В свою очередь пленки на основе хитозана растворяют в органических кислотах. Затем раствор пленочного покрытия с помощью специального

приспособления (скребка) наносится тонким слоем на гладкую стеклянную, металлическую или пластмассовую поверхность с последующей сушкой [1].

1.3 Применение пленочных покрытий в различных отраслях промышленности

В настоящее время для упаковки мясных продуктов перспективно использование пленки на основе концентрированных ягодных соков. Данная оболочка благодаря своему способу получения является источником углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов. Производство этой оболочки состоит в следующих операциях. Вначале получали концентрат с влажностью 60 % с помощью вакуумного выпаривания ягодного сока первого отжима при температуре ниже 50 °С. Затем концентрат досушивали при атмосферном давлении и температурах ниже 50 °С до влажности 15 % для соков черной смородины и 22 % для соков красной смородины. Полученный концентрат представлял собой вязкую пастообразную массу, в которую погружали готовые вареные колбасные изделия. Впоследствии после высушивания на поверхности продукта формировалась тонкая пленка. Применение крахмала и желатина в составе съедобной оболочки в качестве гелеобразующих компонентов позволяло регулировать толщину наносимой пленки на изделиях от 0,07 до 0,08 мм. Данные оболочки можно применять для упаковки паштетов или готовых деликатесных мясных продуктов, так как возможно увеличение длины без разрывов этих пленок при растяжении 55 % и 85 % с крахмалом и желатином соответственно. От сорта ягод зависит и цвет съедобной пленки. Благодаря уникальности данной оболочки повышается привлекательность внешнего вида продукта в сравнении с изделиями, упакованными в традиционную целлофановую пленку. Таким образом, применение съедобных пленок позволит не только повысить потребительские свойства продукта, но и увеличить биологическую и энергетическую ценность [52].

Для уменьшения впитывания жира почти в два раза в процессе жарки полуфабрикаты из мяса, рыбы, картофеля и лука покрывают пленками на основе углеводов. Например, компания Beloit создала оригинальное покрытие Fry Shield, состоящее из раствора низкометоксилированного пектина, хлебных крошек и хлорида кальция [96]. В Японии при разработке подобных композитных смесей в качестве одного из компонентов использовали геллановую камедь KELGOGEL [82]. Этот полимер производят микроорганизмы *Pseudomonas elodea*, его свойства уникальны, так как он в присутствии солей ионов Na и Ca образует гель. Добавление аскорбиновой кислоты в раствор геллановой камеди позволяет приобрести пленке антиокислительные свойства [87]. Известно, что нанесение такой пленки на поверхность нарезанных яблок замедляет их потемнение в процессе хранения. Такое использование съедобных пленок позволило создать новую тенденцию в упаковке свежесмытых ягод, нарезанных фруктов и других продуктов и получило название «ready-to-eat». Благодаря использованию новой технологии «ready-to-eat» или RTE (готовые к употреблению) для сельскохозяйственной продукции появилось еще одно дополнительное свойство пленки – антимикробное.

Известны пленки из глютена (сухая пшеничная клейковина), которые позволяют увеличивать срок хранения куриных яиц до 30 суток. Глютен – это белок злаковых, который в воде не растворяется, но зато растворим в щелочных средах [75]. Применение глютенных пленок у ряда потребителей вызывает опасения, и в большинстве случаев необоснованные. Это связано с тем, что некоторая часть населения больна глютенной энтеропатией (целиакией), но их доля в мире составляет всего 0,5 – 1,0 %.

Применение съедобных пленок и покрытий при жарке продуктов опирается на антижировые свойства, т. е. возможности создавать барьер между продуктом и жиром. Благодаря этому свойству использование таких пленок становится достаточно популярным у производителей. Съедобное покрытие или его составляющие наносят либо на сам продукт, либо вводят в

состав панировки (кляр). Пищевое покрытие, применяемое для жарки во фритюре, должно обладать следующими свойствами:

- низкая влаго- и жиропроницаемость;
- высокая эластичность;
- высокая прочность;
- препятствование появлению трещин в процессе хранения.

Особо перспективными компонентами для создания антижировых пленок являются полимеры, полученные из простых эфиров целлюлозы (метилцеллюлоза, гидроксиметилпропилцеллюлоза).

В настоящее время применение антимикробных съедобных пленок и покрытий в процессе консервирования сельскохозяйственных продуктов является перспективным направлением, так как создает биodeградируемые упаковки на основе современных инновационных воззрений. Основная идея разработки антимикробных пленок на основе полисахаридов или белков состоит в ингибировании роста бактерий на поверхности продуктов. Но это не означает, что можно нарушать санитарные требования и нормы в технологическом процессе. Необходимо понимать, что антимикробные пленки только дополнительно повышают безопасность сельскохозяйственных продуктов, поскольку препятствуют росту патогенных микроорганизмов [23].

Дополнительное внесение органических кислот (винная, яблочная, лимонная, пропионовая, лауриновая и т. д.), их солей, ферментов (овотрансферрин, лизоцим), экстрактов и эфирных масел растений в состав съедобных пленок и покрытий способно ускорить процессы ингибирования.

Согласно литературным данным при создании упаковок в качестве антимикробных компонентов перспективно применять те природные полимеры растительного, животного и микробного происхождения, у которых высокие показатели безопасности для живого организма [30].

Для продуктов питания рекомендуют следующие материалы, входящие в состав съедобных пленок:

- овощей, грибов, фруктов и ягод: хитозан + уксусная кислота (спаржевая фасоль [74], гранат [73], нарезанные яблоки [101]); карбоксиметилцеллюлоза + лимонная кислота (мандарины [104]); карбоксиметилцеллюлоза + каррагинан (грибы [114]); пектин + лактат кальция (дыня [75]);
- мяса, рыбы и морепродуктов: белок молочной сыворотки (замороженный анчоус [91], замороженный лосось [100]); карбоксиметилцеллюлоза + экстракт розмарина (говядина [58]).

Анализ литературных источников по рассматриваемой проблеме позволяет заключить, что в настоящее время во всем мире остро стоит проблема поиска безопасных, технологичных и дешевых упаковочных материалов для сельскохозяйственных продуктов. Поиск и применение новых биodeградируемых составляющих для покрытий уменьшает не только экологическую опасность, но и позволяет увеличить срок хранения и повысить качество товаров и продуктов.

В силу этого изобретение новых видов пищевых покрытий имеет важное научное и практическое значение.

Исходя из анализа обзора литературы была поставлена следующая цель: разработка биodeградебельных пленочных покрытий, изучение их свойств и возможности применения в разных сферах агропромышленного комплекса.

Глава 2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объекты и методы исследований

Экспериментальную работу по созданию пленочных покрытий на основе полисахаридов проводили в период с 2015 по 2019 год, на кафедре «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ.

2.1.1 Объект исследований

В ходе эксперимента объектами исследования были:

Ксантан, производитель «Родежилъ» (Франция), внеклеточный полисахарид, являющийся продуктом особого вида брожения (бактерии вида *Xanthomonas campestris*) [44];

Хитозан, производитель «Хитозановые технологии», (Россия), структурный гомополисахарид, полисахарид животного происхождения (панцирь ракообразных);

Карбоксиметилцеллюлоза, производитель «Fluca», (Швейцария), растительный полисахарид;

Лецитин, производитель «Lecigran, Cargil», (Германия), жироподобное органическое вещество, представляющее собой комплекс фосфолипидов;

Полуфабрикаты из картофеля «Сырой, очищенный, нарезанный брусочками», СанПиН 2.3.2.1324-03 [49];

Полуфабрикаты из груши «Груша, нарезанная ломтиком»;

Полуфабрикаты из шампиньонов «Шампиньоны зачищенные, нарезанные ломтиками», ГОСТ Р 55465-2013 [6];

Хлебобулочное изделие булочка «Домашняя», согласно «Сборнику рецептур мучных кондитерских и булочных изделий»;

Кондитерское изделие «Круассан», согласно «Сборнику рецептур мучных кондитерских и булочных изделий»;

Полуфабрикаты из мяса «Свинина. Отрубы, мелкокусковые», ГОСТ

31778-2012 [10];

Полуфабрикаты из рыбы «Карп. Целиком, потрошенный, с головой», ГОСТ 814-96 [18].

2.1.2 Создание пленочных покрытий

Пленочные покрытия изготавливали согласно патенту «Биоразлагаемое пищевое пленочное покрытие» (№ 2662008, 27.07.2018. Бюл. № 21) [38].

На первом этапе были разработаны 2 состава композиционных смесей на основе полисахаридов: ксантана, карбоксиметилцеллюлозы, хитозана.

Состав пленочного покрытия № 1: ксантан («Родежилль», Франция), хитозан («Хитозановые технологии», Россия), 3%-й раствор лимонной кислоты, 3%-й раствор метилцеллюлозы (Fluca), глицерин медицинский, вода дистиллированная. Схема приготовления пленочного покрытия № 1 представлена на рисунке 2.

Состав пленочного покрытия № 2: ксантан («Родежилль», Франция), лецитин соевый (Lecigran, Cargil), 3%-й раствор метилцеллюлозы (Fluca), глицерин медицинский, вода дистиллированная. На рисунке 3 приведена схема приготовления пленочного покрытия № 2.

Производство пленочного покрытия № 1. Ксантан растворяли в дистиллированной воде при температуре 25 – 27 °С, хитозан растворяли в 3%-м растворе лимонной кислоты при нагревании до 25 – 27 °С. Затем полученные растворы ксантана и хитозана объединяли и перемешивали до полного растворения образующихся сгустков. Для того чтобы пленка была прочной и равномерно отделялась от подложки, после перемешивания сгустков в полученный раствор добавляли глицерин и 3%-й раствор карбоксиметилцеллюлозы.

Пленочное покрытие № 2. Лецитин растворяли в дистиллированной воде при температуре 90 – 95 °С. Ксантан растворяли в дистиллированной

воде при температуре 39 – 41 °С. Карбоксиметилцеллюлозу растворяли в дистиллированной воде при температуре 49 – 53 °С. Затем полученные растворы ксантана и карбоксиметилцеллюлозы объединяли и перемешивали до полного растворения образующихся сгустков. Для того чтобы пленка была прочной, в полученный раствор добавляли глицерин и нагревали до температуры 100 °С. После этого пленочное покрытие охлаждали. Полученные пленки были без цвета и запаха, в случае производственной необходимости их можно окрашивать различными красителями. В зависимости от формы подложки пленки были круглые, прямоугольные, квадратные, с загнутыми краями и т. д. На эксплуатационные свойства пленок вносимые изменения, касающиеся цвета и формы, не влияли.

Дальнейшие исследования проводили с пленочным покрытием № 2, так как пленочное покрытие № 1 имело следующие недостатки: процесс создания был более трудоемким, так как растворение хитозана в органической кислоте занимало длительное время, требовало специального оборудования, а также наличие кислого послевкуся.

2.1.3 Определение структурно-механических свойств пленочных покрытий

Динамическую вязкость растворов опытных образцов пленочных покрытий определяли с помощью ротационного вискозиметра Themo Haake Viskoteter R-7 (Нидерланды). Для исследований использовали ротор R5, скорость вращения составила от 60 – 100 об/мин.

Толщину застывших пленочных покрытий определяли с помощью прибора Roadweller RW-TM-01 (Китай). Исследования проводились в нормальных условиях: температура воздуха 22 °С, относительная влажность воздуха 65 %.

Определение показателей прочности и растяжимости пленочных покрытий на основе полисахаридов проводили с помощью прибора «СТЗ

4500 Brookfield» (США).

2.1.4 Определение качества сельскохозяйственных продуктов

Подготовку проб пищевых продуктов (овощей, фруктов, грибов, кондитерских и хлебобулочных изделий) к испытанию осуществляли по стандартным методикам [13].

Подготавливали и хранили свинину согласно ГОСТ 31778-2012 «Мясо. Разделка свинины на отрубы. Технические условия» [10].

Исследования органолептических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 7269-2015 по 5-балльной шкале [9].

Органолептическую оценку охлажденного карпа, упакованного в биокоррегируемую пленку, проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия» [18].

Показатели качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции овощей, фруктов, грибов и хлебобулочных изделий оценивали по ГОСТ Р 56827-2015 [6], ГОСТ 7176-85 [7], ГОСТ 27519-87 [8], ГОСТ 5897-90 [21], ГОСТ 5667-65 [22].

Определение содержания токсичных элементов в свинине определяли согласно ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» [19].

2.1.5 Общие микробиологические методы

Микробиологические исследования овощей, фруктов, грибов, хлебобулочных изделий и мясного сырья проводили по общепринятым методикам мясных полуфабрикатов согласно ГОСТ 10444.15-94 [16], ГОСТ 31747-2012 [15], ГОСТ 28560-90 [12], ГОСТ 31659-2012 [14], ГОСТ 32031-2012 [13], ГОСТ 10444.2-94 [17].

2.1.6 Определение биодegradации пленочных покрытий

Для исследования биодegradации в почве использовали универсальный грунт торговой марки «Родная земля», название «Родная земля для рассады». Состав грунта: торф, известковый мел, доломитовая мука, минеральные удобрения. Питательные вещества: азот (NH_4+NO_3) – 120 – 280 мг/л; фосфор (P_2O_5) – 290 – 610 мг/л; калий (K_2O) – 290 – 610 мг/л; кислотность рН KCL солевой суспензии 4,9-6,6.

2.1.7 Расчет экономической эффективности производства пленочных покрытий

Оценку экономической эффективности производства пленочных покрытий проводили по методике, описанной О. Н. Гегечкори [3].

2.1.8 Статистическая обработка

Статистическую обработку результатов экспериментов проводили методом (Лакин, 1990) [31]. Расчеты и построение таблиц осуществляли с помощью программы «Microsoft Office Excel 2010», входящей в пакет программ «Microsoft Office 2010».

Общая схема эксперимента представлена на рисунке 1.

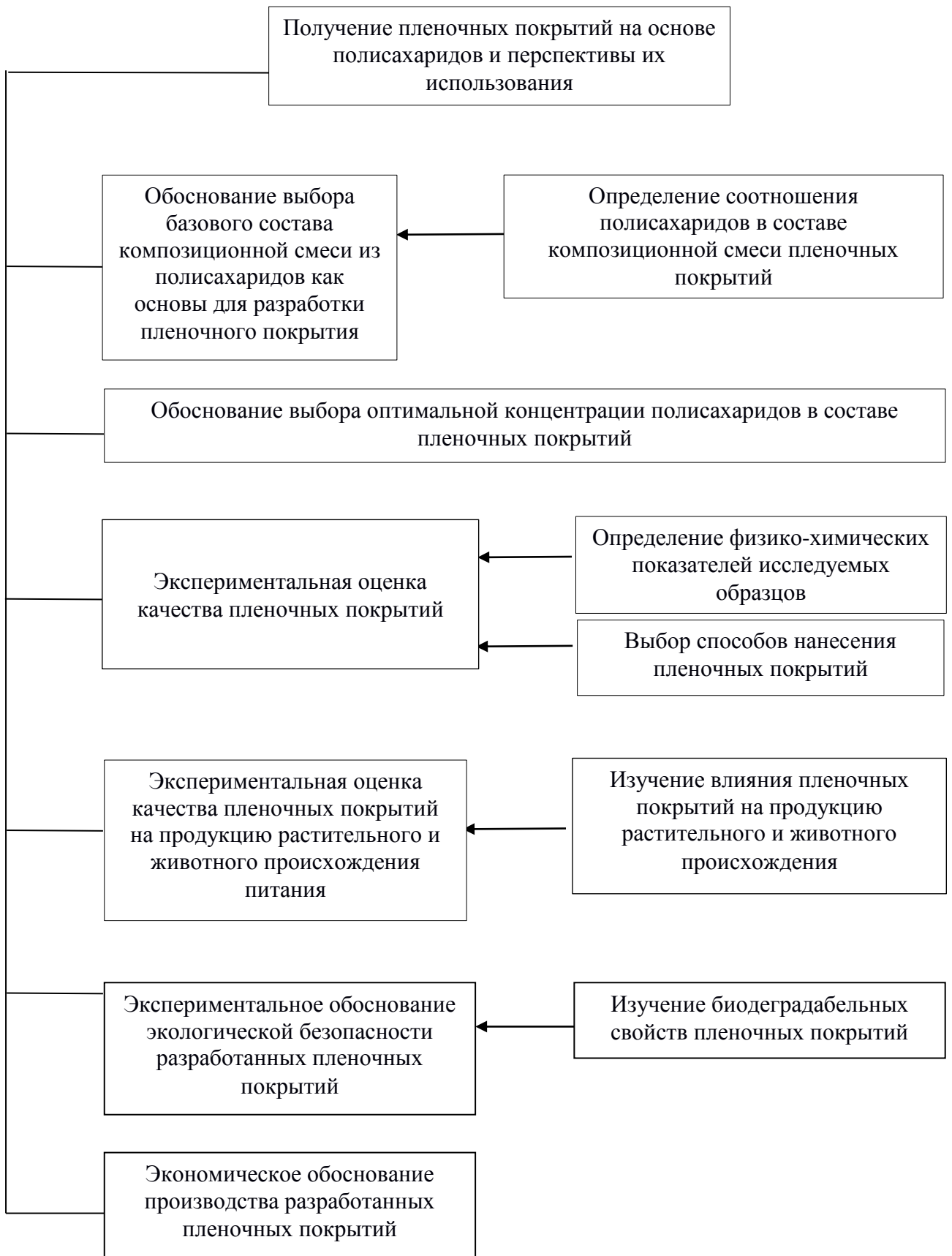


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

2.2 Результаты исследований и их обсуждение

2.2.1 Подбор композиционной смеси для создания пленочных покрытий

В ходе изучения последних литературных данных нами было выяснено, что распространенными компонентами для создания пленок являются: ксантан, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), хитозан, пектин, гуаран [48].

Для исследования в качестве аналога нами были изучены характеристики пленочного покрытия (патент РФ № 2532180) разработанного по методу М. Н. Денисовой [40]. В ходе экспериментов при изменении в составе запатентованного пленочного покрытия было разработано пленочное покрытие № 1 (Таблицы 1).

Таблица 1 – Состав пленочного покрытия на основе полисахаридов

Компоненты	Ед. изм.,	Производитель	Патент РФ № 2532180 «Пищевое пленочное покрытие»	Пленочное покрытие № 1
Ксантан	мас. %	«Родежилль», (Франция)	50 – 55	0,8
Хитозан	мас. %	«Хитозановые технологии», (Россия)	10 – 15	0,6
Вода дистиллированная	мас. %	–	5 – 10	97,4
Лимонная кислота	мас. %	-	5 – 10	0,2
Глицерин	мас. %	«Глицерин», (Россия)	5 – 10	0,2
3 %-й раствор метилцеллюлозы	мас. %	«Fluca»	остальное	–
КМЦ	мас. %	«Fluca»	–	0,8
Итого			100,0	100,0

В ходе экспериментов нами был изменен количественный состав пленочного покрытия, разработанного по методу М. Н. Денисовой, при этом технология приготовления осталась прежняя (Рисунок 2).

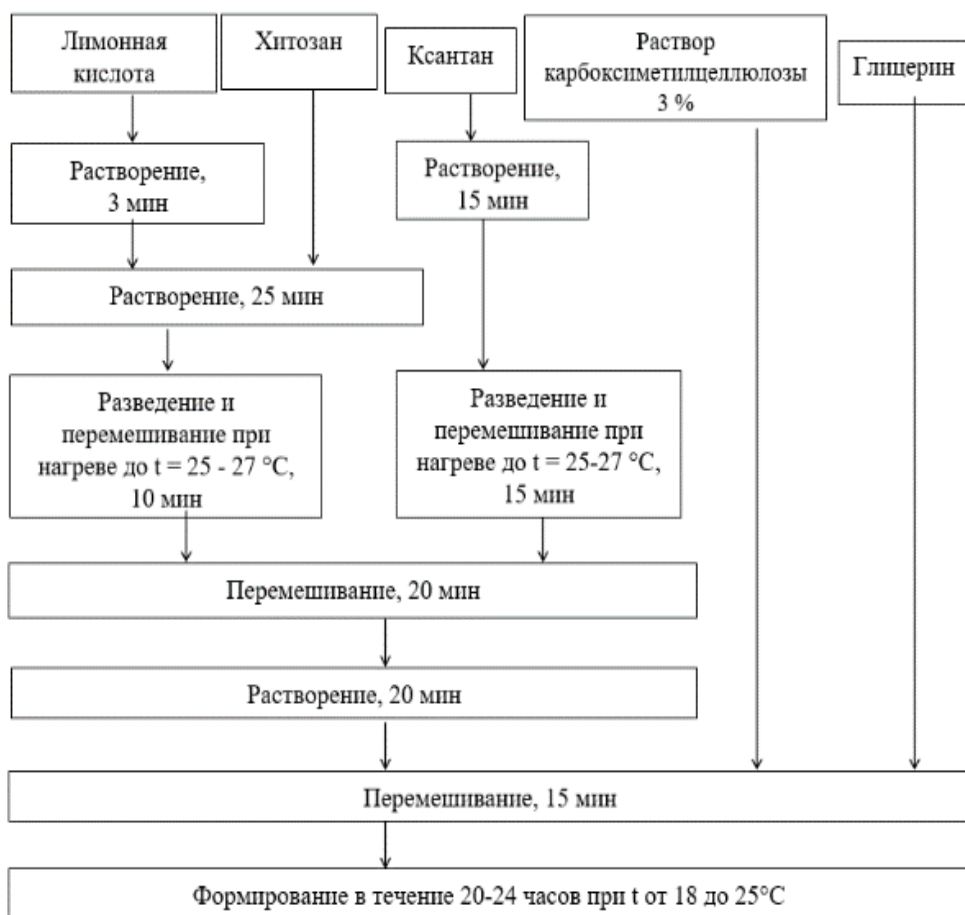


Рисунок 2 – Технологическая схема приготовления разработанного пленочного покрытия № 1

Изменение количественного состава компонентов позволило получить пленочное покрытие с другими структурно-механическими свойствами.

Преимущества и недостатки пленочного покрытия № 1:

1. Раствор пленочного покрытия № 1 был более вязкий по отношению к образцу, приготовленному по методу М. Н. Денисовой (2014).

2. Формирование пленочного покрытия № 1 происходило на подложке в течение 20 – 24 часов при температуре от 18 до 25 °С, а пленочного покрытия, приготовленного по методу М. Н. Денисовой (2014), в течение 50 – 70 часов при температуре от 0 до 25 °С.

3. При проведении сенсорной оценки пленочные покрытия № 1 и приготовленное по методу М. Н. Денисовой (2014) отличались послевкусием.

В ходе дальнейших исследований по внесению изменений в технологию и состав опытных образцов пленок (хитозан заменили на соевый лецитин) нами был модифицирован метод производства упаковочных материалов и получено пленочное покрытие № 2.

При создании пленочных покрытий немаловажным фактором являются свойства выбранных компонентов, поскольку каждый из них выполняет определенную роль. В связи с тем, что загустителем был выбран ксантан, он придал раствору пленочного покрытия ряд преимущественных характеристик, которые представлены в таблице 2.

Структурообразователем был выбран полисахарид растительного происхождения – карбоксиметилцеллюлоза, свойства которого представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Потенциальные свойства ксантана в растворе

Характеристики ксантана	Подробное описание характеристик ксантана
Влияние температуры на реологические свойства раствора	После понижения температуры от 75 до 25 °С реологические свойства раствора ксантана сильно не изменяются, так как при переходе макромолекул ксантана происходит обратимое снижение вязкости раствора и его свойства сохраняются
Загущающая способность водных систем	При концентрации ксантана от 0,1 % уже повышается вязкость раствора. Гелеформирование в растворе происходит при концентрации ксантана 1,0 %, при этом вязкость раствора составляет 2,8 Па при скорости сдвига 5,4 сек ⁻¹
Совместимость с органическими растворителями, с кислотами и основаниями, с солями металлов	Растворы ксантана устойчивы в присутствии 30 % глицерина, гликолей, этилового и изопропилового спирта. Выдерживают длительное присутствие 10 % лимонной кислоты, 20 % и 10 % – уксусной, 5 % серной кислот. Растворы сохраняют реологические свойства в присутствии гидроксида натрия и силиката натрия. Ксантан загущает большинство солевых растворов (5 – 20 % NaCl, KCl, CaCl ₂ или MgCl ₂).
Синергизм	Увеличение вязкости отмечается при взаимодействии с водонабухающими глинами
Стабилизация сдвига	Для 1,0 % раствора ксантана статический предел текучести составляет 20 Па
Влияние pH среды	Введение ксантана в высоковязкие кислые и щелочные среды эффективно. Ксантан сохраняет свои реологические свойства в пределах pH среды от 2 до 12

Таблица 3 – Потенциальные свойства карбоксиметилцеллюлозы в растворе

Характеристики КМЦ	Подробное описание характеристик КМЦ
Загущающая способность водных систем	Способствуют загустению всех водных растворов при малых концентрациях
Синергизм	Вязкость не изменяется в течение длительного времени. Обладает устойчивыми стабилизирующими и связывающими свойствами
Органолептические свойства	Не имеет запаха и вкуса, физиологически безвредна; устойчива к солнечному свету
Структурообразующие свойства	Образует прозрачную и прочную пленку; водные растворы хорошо загустевают; удерживает воду; оказывает стабилизирующий и связывающий эффект

В дальнейших исследованиях было внесено изменение в технологию приготовления и состав пленочного покрытия № 1, а именно вместо хитозана нами использовался соевый лецитин – жироподобное органическое вещество,

представляющее собой комплекс фосфолипидов, потенциальные свойства лецитина представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Потенциальные свойства соевого лецитина

Характеристики соевого лецитина	Подробное описание характеристик соевого лецитина
Пищевая ценность	В 100 г содержится: 764 ккал; 99,90 г жиров; 5136 мг омега-3 жирных кислот, 40179 мг омега-6 жирных кислот; 8,21 мг витамина Е (11 % от суточной нормы); 182 мкг витамина К (64 % от суточной нормы); 350 мг холина (20 % от суточной нормы)
Физиологическая	Улучшает уровень холестерина, может укреплять иммунитет, помогает организму справляться с физическим и психологическим стрессом, может улучшать когнитивную функцию, может предотвращать остеопороз, может предотвращать рак
Выступает в роли источника холина	Соевый лецитин содержит фосфатидилхолин, являющийся одной из первичных форм холина. Это макронутриент, который играет важную роль в работе печени, движении мышц, обмене веществ, функции нервной системы и правильном развитии мозга

Схема приготовления пленочного покрытия № 2 представлена на рисунке 3.

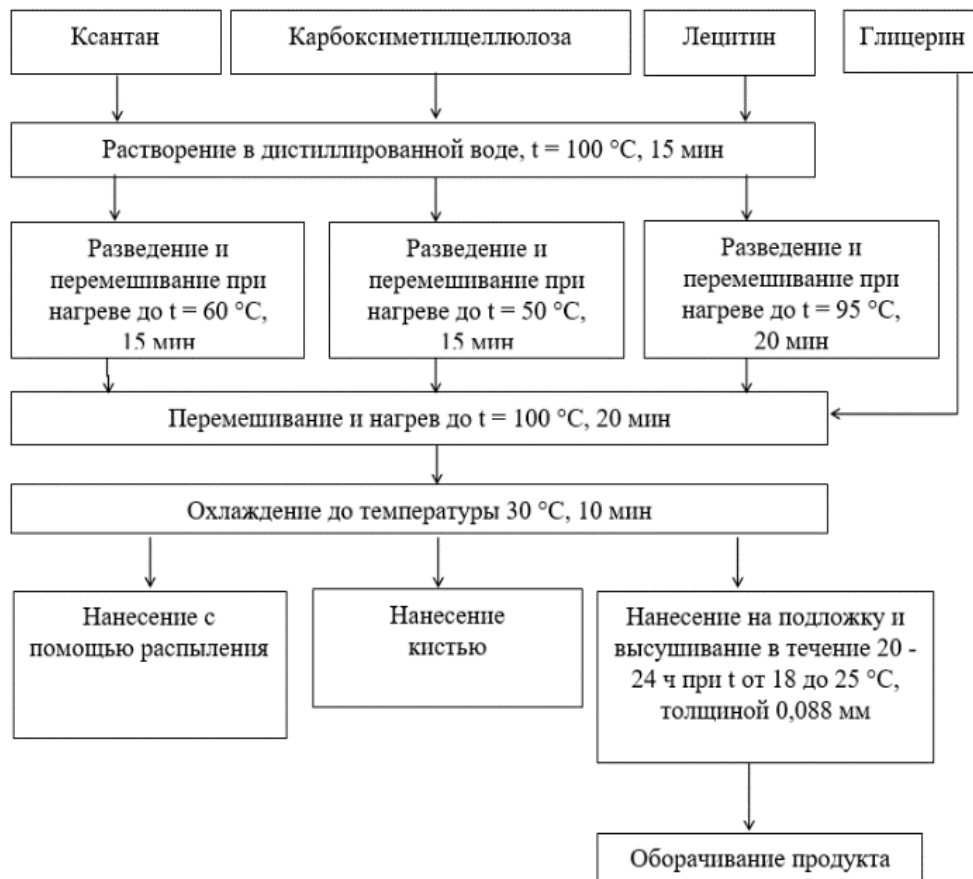


Рисунок 3 – Схема приготовления пленочного покрытия № 2

2.2.2 Приготовление пленочных покрытий

В процессе исследований на начальном этапе было создано 2 пленочных покрытия.

Технология приготовления пленочного покрытия № 1. Ксантан растворяли в дистиллированной воде при температуре 25 – 27 °С, хитозан растворяли в 3%-м растворе лимонной кислоты при нагревании до 25 – 27 °С. Затем полученные растворы ксантана и хитозана объединяли и перемешивали до полного растворения образовавшихся сгустков. Для того чтобы пленка была прочной и равномерно отделялась от подложки, после растворения сгустков в полученный раствор добавляли глицерин и 3%-й раствор карбоксиметилцеллюлозы.

Технология приготовления пленочного покрытия № 2. Лецитин растворяли в дистиллированной воде при температуре 90 – 95 °С. Ксантан растворяли в дистиллированной воде при температуре 39 – 41 °С. Карбоксиметилцеллюлозу растворяли в дистиллированной воде при температуре 49 – 53 °С. Затем полученные растворы ксантана и карбоксиметилцеллюлозы объединяли и перемешивали до полного растворения образовавшихся сгустков. Для того чтобы пленка была прочной, в полученный раствор добавляли глицерин и нагревали до температуры 100 °С. После этого пленочное покрытие охлаждали.

Полученные пленки были без цвета и запаха, в случае производственной необходимости их можно окрашивать различными красителями. В зависимости от формы подложки пленки были круглые, прямоугольные, квадратные, с загнутыми краями и т. д. На эксплуатационные свойства пленок вносимые изменения, касающиеся цвета и формы, не влияли. (Рисунок 4).

Дальнейшие исследования проводили с пленочным покрытием № 2, так как пленочное покрытие № 1 имело следующие недостатки: процесс создания был более трудоемким: растворение хитозана в лимонной кислоте

занимало длительное время, требовало специального оборудования, а также отмечалось кислое послевкусие.

Проводили изучение свойств разработанных пленочных покрытий № 1 и № 2 по сравнению с покрытием, приготовленным по методу М. Н. Денисовой [40], результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика пленочных покрытий

Характеристика	Пленочное покрытие № 1	Пленочное покрытие № 2			Патент РФ № 2532180
		Образец 3	Образец 5	Образец 10	
Вкус	Кислое послевкусие	Не имеет вкуса	Не имеет вкуса	Не имеет вкуса	Не имеет вкуса
Аромат	Без запаха	Без запаха	Без запаха	Без запаха	Без запаха
Цвет	Белый, прозрачный	Белый, прозрачный	Белый, прозрачный	Мутновато-желтый	Белый, прозрачный
Прозрачность	Высокая	Высокая	Высокая	Нормальная	Высокая
Растворение одного из компонентов в органической кислоте	Хитозан в лимонной кислоте	–	–	–	Хитозан в лимонной кислоте
Наличие специального оборудования	+	–	–	–	+
Способ упаковки	Ручной	Машинный	Ручной и машинный	Ручной и машинный	Ручной

Как видно из таблицы 5, разработанное пленочное покрытие № 2 имело ряд преимуществ по сравнению с запатентованным покрытием, а именно не требовало растворения хитозана в органической кислоте, наличия специального оборудования. Кроме того, применять данную упаковку можно как ручным, так и машинным способом, тем самым увеличивая скорость и быстроту нанесения пленочных покрытий. Преимущества пленочного покрытия № 2 по сравнению с № 1 заключались в отсутствии кислого послевкусия, специального оборудования и возможности применять 2 способа упаковки. В то же время отметили, что при толщине покрытия 0,088 мм цвет становился мутновато-желтым.



а

б

Рисунок 4 – Внешний вид пленочных покрытий: а – пленочное покрытие № 1; б – пленочное покрытие № 2

2.2.3 Подбор режимов, параметров и соотношений полисахаридов

Нами было изучено влияние температуры нагрева на растворимость ПС в водном растворе с разными концентрациями.

Первоначально для создания пленочного покрытия (пленки) нами были приготовлены опытные образцы № 1 – № 17 в следующих соотношениях ксантана и КМЦ – 10:90, 15:85, 20:80, 25:75, 30:70, 35:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, 90:10 соответственно, при температурах нагрева 40 °С и 50 °С. Было замечено, что при дозировках ксантана от 30 до 40 % и КМЦ от 60 до 70 % и нагреве свыше 41 °С полисахариды совместно не растворялись (Таблица 6).

Таблица 6 – Соотношение полисахаридов для создания пленочного покрытия № 2 при разных температурах

Полисахариды	Удельная масса компонентов, %																
	Образцы																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Температура 40 °С																
Ксантан	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
КМЦ	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	Температура 50 °С																
Ксантан	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
КМЦ	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Примечание – предел отклонений $\pm 2\%$; - полисахариды не растворились; + полисахариды растворились

В ходе исследования было отмечено, что ксантан в концентрациях от 30 до 50 % и КМЦ – от 50 до 70 % и при температуре нагрева от 40 до 80 °С в воде не растворялся (Рисунок 5).

В дальнейшем было обнаружено, что при выборе температуры 50 °С (оптимальной для растворения растворов полисахаридов) в образцах 3, 5 и 10 получался прочный, устойчивый гель, но не слишком вязкий. Из литературы известно, что оптимальная температура для лучших реологических свойств раствора ксантана является температура не выше 75 °С, а для КМЦ – 50 – 60 °С [44]. Таким образом, при повышении температуры до 60 °С получили пленочное покрытие с лучшими свойствами, так как уменьшилась вязкость раствора и стало возможным размешивать полученный гидроколлоидный гель на магнитной мешалке (WiseStirMSH – 20D). Поэтому для дальнейших исследований были выбраны следующие соотношения полисахаридов – ксантана и КМЦ (%) – 20:80, 30:70, 55:45 при температуре 60 °С (Рисунок 6).

Далее в ходе исследований соевый лецитин добавляли в пленку в концентрации от 1,0 до 3,0 %. В процессе эксперимента отметили, что оптимальной концентрацией явилась 2,4 %, так как при бóльшей концентрации происходило изменение цвета раствора, а в меньшей дозировке пленочное покрытие было менее гибким (Таблица 7).

Таблица 7 – Характеристика пленочного покрытия № 2 при разных концентрациях лецитина

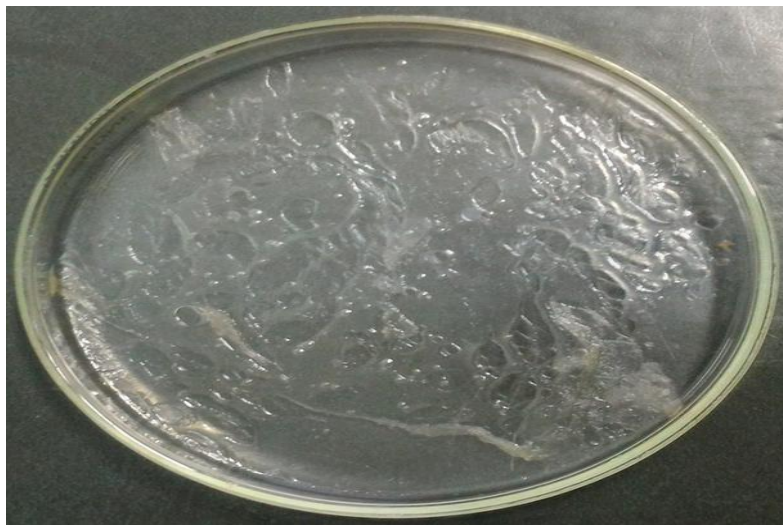
Удельная масса лецитина, %	Характеристика
1,0	Пленка прозрачная, с наличием комков и сгустков, не обладает гибкостью после застывания
1,3	
1,5	
1,8	
2,0	
2,2	
2,4	Пленка слегка мутновато-желтая, без наличия сгустков, обладает гибкостью при застывании
2,6	Пленка мутновато-желтая, без наличия сгустков, обладает гибкостью при застывании
2,8	Пленка желтого оттенка, без наличия сгустков, обладает гибкостью при застывании
3,0	

Примечание – предел отклонений $\pm 0,2$ %

Кроме того, в результате подбора компонентного состава в качестве пластификатора был выбран глицерин, и на основании литературных данных [40] была выбрана концентрация 5 %. Данная дозировка позволила увеличить гибкость пленочных покрытий. Кроме того, опытные образцы 10 после высушивания легко отделялись от подложки, при этом себестоимость пленочных покрытий увеличивалась незначительно.



а



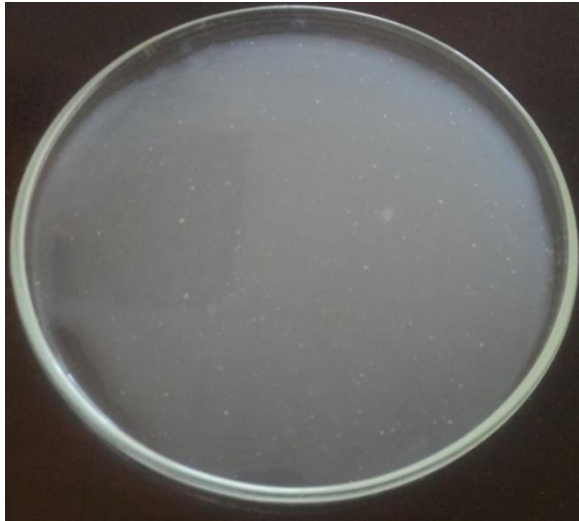
б



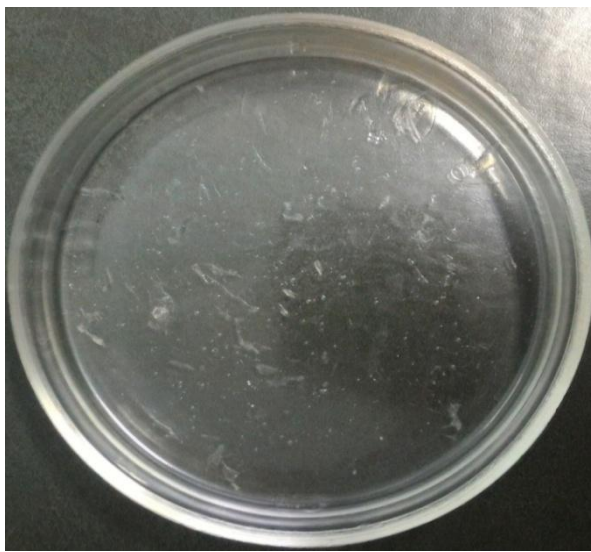
в

Рисунок 5 – Опытные образцы пленочного покрытия № 2: а – образец 4; б – образец 6; в – образец 14)

45



а



б



в

Рисунок 6 – Внешний вид пленочных покрытий № 2: а – образец 3; б – образец 5, в – образец 10

Как видно на рисунке 6, концентрация полисахаридов влияла на внешний вид пленочных покрытий (в зависимости от толщины пленочного покрытия они получались прозрачными или немного мутноватыми), чем больше концентрация полисахаридов, тем более выражены пузырьки воздуха (их количество больше).

Так же было отмечено, что чем больше концентрация полисахаридов, тем более плотная пленка получалась, и она была рекомендована нами для оборачивания вокруг продукта (образец 10). При меньшей концентрации полисахаридов пленочные покрытия получались более вязкими, их можно было наносить с помощью кисти (образец 5) и с помощью распыления (образец 3).

В дальнейшем для разных способов нанесения нами были определены следующие составы пленочных покрытий (Таблица 8).

Таблица 8 – Состав пленочного покрытия в зависимости от способов нанесения

Компоненты	Образец 3	Образец 5	Образец 10
Ксантан, %	0,60±0,02	0,90±0,01	1,61±0,01
КМЦ, %	2,73±0,02	2,05±0,01	1,38±0,01
Лецитин, %	2,40 ± 0,01	2,40 ± 0,01	2,40 ± 0,02
Глицерин, %	5,00±0,01	5,00±0,02	5,00±0,02
Вода, %	90,47±0,01	90,85±0,02	90,81±0,02
	Способ нанесения		
	распыление	кисть	оборачивание

2.2.4 Изучение структурно-механических свойств пленочных покрытий

Как известно из литературных источников, на реологические свойства растворов влияют компонентный состав, их структура, концентрация, сродство полимера к растворителю, температура и др. [35].

В ходе исследований нами были определены реологические свойства растворов: ксантана в концентрации 0,60 %, 0,90 %, 1,61 %; КМЦ в концентрации 2,73 %, 2,05 %, 1,38 % и образцы 3, 5, 10 пленочного покрытия № 2.

Для каждого способа нанесения использовали методику приготовления растворов с учетом таких индивидуальных особенностей, как способность к образованию устойчивой суспензии на стадии диспергирования полимера в воде, растворимость в воде, вязкость образуемого раствора, поведение при нагревании и охлаждении раствора и др.

В процессе исследований проводили сравнительную характеристику опытных образцов, приготовленных на основе пленочного покрытия № 2 с разной концентрацией полисахаридов (Таблица 9).

Таблица 9 – Пленочные покрытия с разным содержанием полисахаридов

Образцы пленочного покрытия № 2	Ксантан, %	КМЦ, %
3	0,60±0,02	2,73±0,02
5	0,90±0,01	2,05±0,01
10	1,61±0,01	1,38±0,02

Готовые растворы представляли собой прозрачную субстанцию, которая при следующих условиях (температура воздуха 22 °С, относительная влажность воздуха 65 %) застывала и образовывала покрытия или пленки.

В одном из уравнений Кессона [35] предположено, что за счет сил взаимодействия между частицами дисперсной фазы образуются длинные цепи в виде нитей, которые при малых скоростях сдвига двигаются как единое целое. По мере увеличения скорости происходит разрыв нитей на мелкие части, а при очень высоких скоростях сдвига они полностью разрушаются, и вязкость зависит только от взаимодействия между отдельными частицами. Если изменения вязкости связаны не только со скоростью, но и со временем, то говорят о тиксотропии, антитиксотропии или реопексии. Условием этого является переход в гель-золь [35].

Динамическая вязкость растворов пленочных покрытий представлена на рисунке 7.

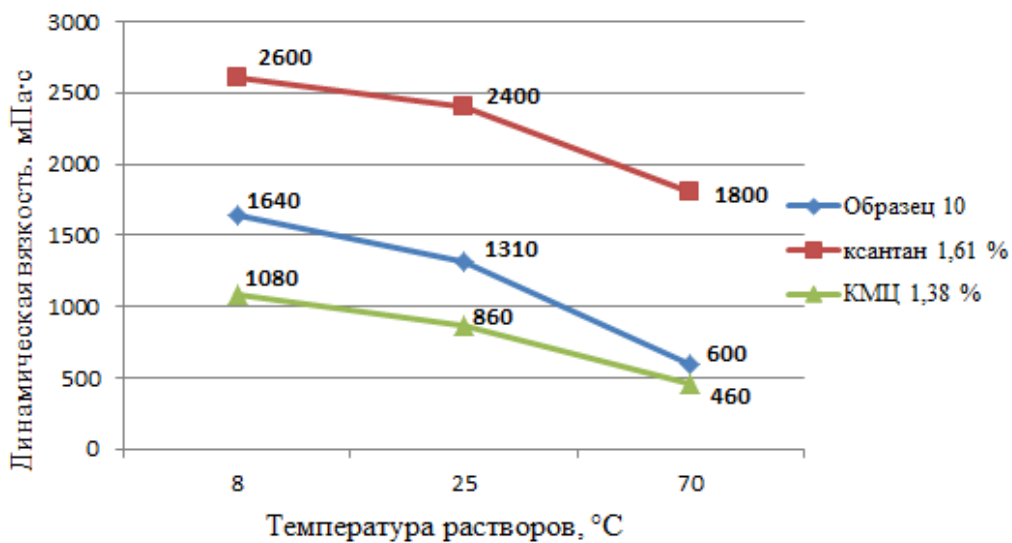
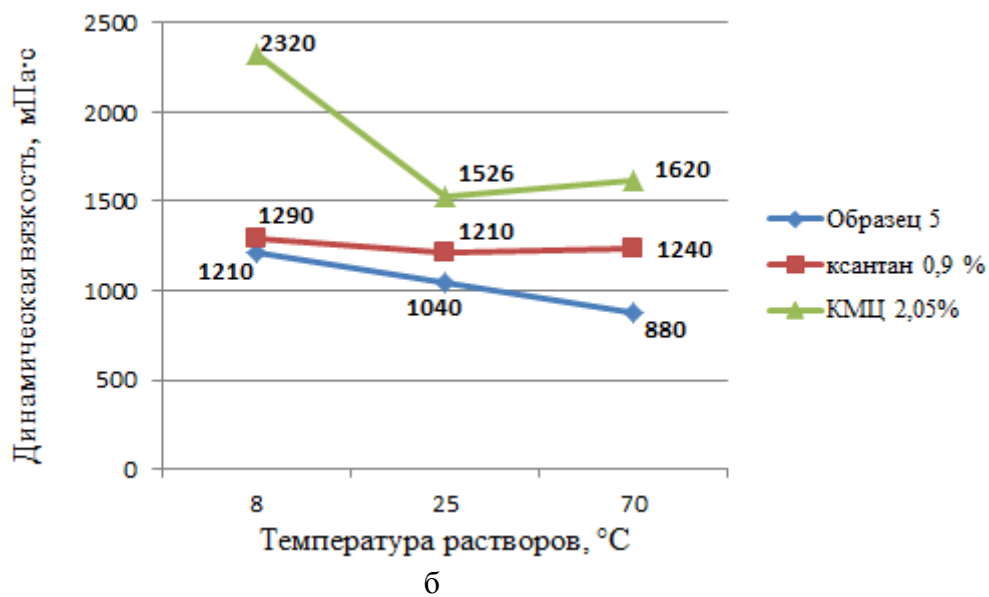
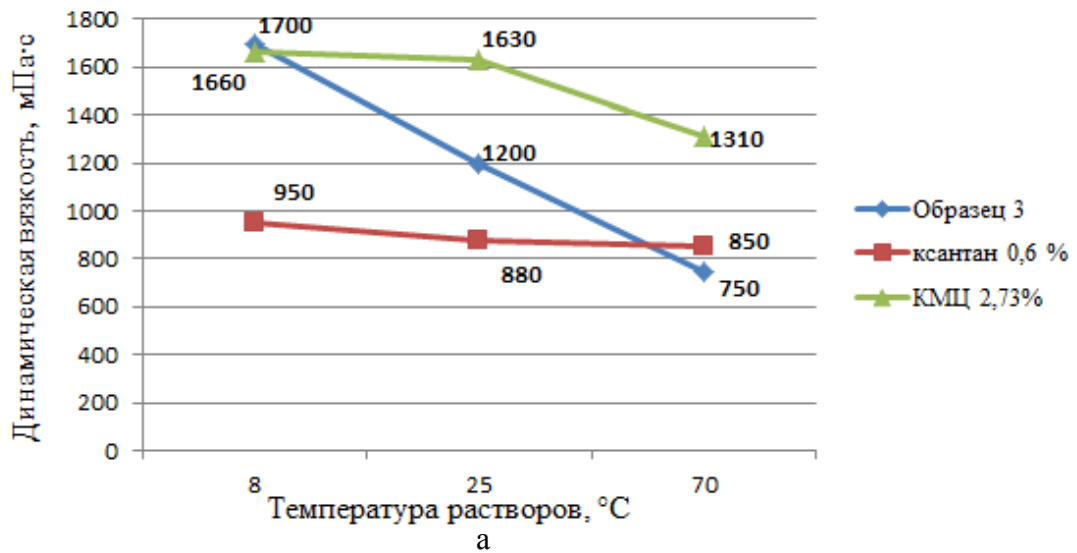


Рисунок 7 – Динамическая вязкость растворов пленочных покрытий: а – образец 3; б – образец 5; в – образец 10

В таблице 10 представлены данные об изменении вязкости растворов в зависимости от температуры.

Таблица 10 – Сравнение вязкости растворов в зависимости от температуры

Температура растворов, °С	Образец 3			Образец 5			Образец 10		
	к	Ксантан 0,60 %	КМЦ 2,73 %	к	Ксантан 0,90 %	КМЦ 2,05 %	к	Ксантан 1,61 %	КМЦ 1,38 %
+ 8	1700	950	1160	1210	1290	2320	1640	2600	1080
+ 25	↓	↓ в 1,36 раза	↓ в 0,73 раза	↓	↓ в 0,86 раза	↓ в 0,68 раза	↓	↓ в 0,55 раза	↓ в 0,15 раза
+ 70	↓	↓ в 0,88 раза	↓ в 0,57 раза	↓	↓ в 0,71 раза	↓ в 0,54 раза	↓	↓ в 0,33 раза	↓ в 0,13 раза

Примечание – ↓ падение динамической вязкости; к – контроль

Исходя из данных, представленных в таблице 10, можно сделать следующий вывод: раствор образца 3 имел меньшую динамическую вязкость по сравнению с растворами полисахаридов 0,60 %-го раствора ксантана и 2,73 %-го раствора КМЦ, но являлся более эластичным. Это связано с тем, что процесс гелеобразования ксантановой камеди возможен при использовании его в комбинации с карбоксиметилцеллюлозой. Температура гелеобразования КМЦ выше комнатной температуры, но за счет эффекта синергизма полисахаридов температура гелеобразования композитной смеси снижалась до комнатной температуры. У раствора образца 5 благодаря эффекту синергизма при температуре + 25 °С наблюдали падение динамической вязкости в сравнении с растворами полисахаридов 0,90 %-го раствора ксантана и 2,05 %-го КМЦ. При этом при нагревании до температуры + 70 °С у раствора опытного образца 5 было отмечено повышение вязкости за счет усиления структурообразовательных свойств

ксантана в композитной смеси. У раствора образца 10 отмечалась схожая динамика с 1,38 %-м раствором карбоксиметилцеллюлозы при нагреве до + 25 °С, при этом при повышении температуры до + 70 °С у раствора опытного образца 10 динамическая вязкость уменьшилась в 0,33 раза по сравнению с 1,61 %-м раствором ксантановой камеди. Полученное покрытие было эластичным и похоже по физическому свойству (вязкости) с пленочным покрытием, изготовленным из ксантана и КМЦ.

Как видно из рисунка 7, использование в качестве загустителя ксантана с разной концентрацией и в качестве гелеобразователя и пластификатора КМЦ позволяет получать более эластичное пленочное покрытие. Это объясняется тем, что ксантановая камедь за счет строения молекулы адсорбирует воду с образованием трехмерной сетки из двойных спиралей, по структуре близкой к гелю, но с меньшей вязкостью. Из-за этого свойства камедь чаще всего применяется как загуститель или стабилизатор. Использование КМЦ в композитной смеси позволяет создавать вязкие растворы пленочных покрытий, способные долгое время оставаться пластичными. Данные свойства композитной смеси полисахаридов позволяют улучшить структурно-механические свойства готовой пленки на этапе её нанесения на продукт.

При определении прочности пленочных покрытий в качестве контроля была взята пищевая полиэтиленовая пленка фирмы «Фрекен БОК», Россия.

Как видно из рисунка 8, прочность однослойных пленочных покрытий с разным содержанием ксантана и КМЦ составляла в образце 3 – 2,1 Па, в образце 5 – 3,28 Па, в образце 10 – 3,05 Па, у контроля многослойной пленки – 3,12 Па. У образца 3, рекомендуемого для нанесения распылением, прочность в 0,67 раза меньше, чем у контроля, это обусловлено меньшей толщиной одного слоя. У образца 5, наносимого с помощью кисти, прочность в 1,05 раза больше, чем у пищевой полиэтиленовой пленки фирмы «Фрекен БОК». Это связано с тем, что из-за увеличения концентрации ксантановой камеди происходит повышение прочности. Образец 10,

используемый для оборачивания, практически не уступает в прочности контрольному образцу. Это объясняется тем, что при концентрациях ксантана от 1 до 4 % повышается пленкообразующая способность [44].

Как видно из рисунка 9, растяжимость однослойных пленочных покрытий с разным содержанием ксантана и КМЦ составляет: образец 3 – 10,83 мм, образец 5 – 12,48 мм, образец 10 – 17,12 мм, в то время как растяжимость контрольного образца многослойной пленки составила 12,48 мм.

Подбор способов нанесения пленочных покрытий зависит также от свойств растяжимости получаемого покрытия. Так, для распыления на продукты питания подобран образец 3 с наименьшей растяжимостью – 10,83 мм. Благодаря тонкому слою нанесения не требуется в дальнейшем его удалять с поверхности продукта. Наибольшая растяжимость у образца 10 (17,12 мм), который рекомендуется для оборачивания, так как данная упаковка равномерно покрывает поверхность продукта и может быть в дальнейшем полностью удалена. Для нанесения пленочного покрытия с помощью кисти (образец 5) подобрано пленочное покрытие с растяжимостью 12,48 мм, данный опытный образец выбран за счет равномерного обволакивания продукта, что позволяет химическим связям удерживать композитный состав на поверхности продукта и при необходимости покрытие легко смывается водой.

На рисунке 10 представлены данные о толщине однослойных пленочных покрытий с разным содержанием ксантана и КМЦ, которые составляют: у образца 3 – 0,012 мм, у образца 5 – 0,019 мм, у образца 10 – 0,088 мм, у контроля – 0,040 мм.

Толщина распыленного пленочного покрытия (образец 3) значительно меньше, чем у контрольного (в 3,6 раза), так как благодаря распылению наносится один слой, но этого достаточно для обеспечения барьерных свойств, а контроль является 4-слойной пленкой. Образец 5 имел толщину в 2,05 раза меньше, чем контроль, но сопоставим по остальным физическим

параметрам, при этом пленочное покрытие, как нами было в дальнейшем установлено, способно пролонгировать сроки хранения сельскохозяйственной продукции. Пленочное покрытие для способа нанесения обрачиванием (образец 10) в 2 раза толще, чем контрольная пленка, что обусловлено большой концентрацией ксантановой камеди в композитной смеси.

Таким образом, исследуемые пленочные покрытия, созданные на основе полисахаридов, по ряду физических свойств (прочность, растяжимость, толщина) вполне сопоставимы, а в некоторых случаях превосходят пищевую полиэтиленовую пленку. Прочность образца 5 выше, чем у контроля на 0,16 Па при толщине, меньшей почти в 2 раза. Увеличение толщины пленочного покрытия образца 10 почти в 2 раза улучшило его растяжимость на 4,64 мм по сравнению с коммерческой пленкой. Созданные в работе пленочные покрытия являются конкурентоспособными и могут широко применяться в различных отраслях агропромышленного комплекса.

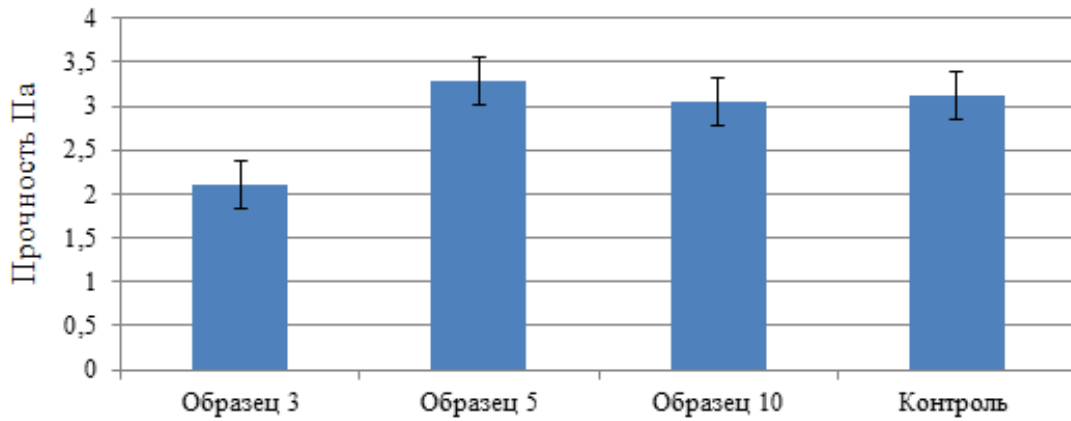


Рисунок 8 – Прочность пленочного покрытия № 2

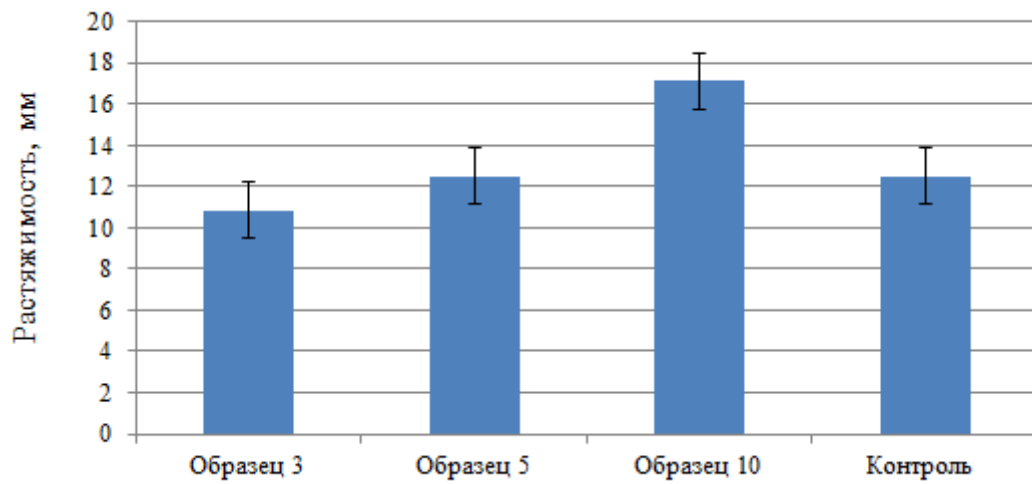


Рисунок 9 – Растяжимость пленочного покрытия № 2

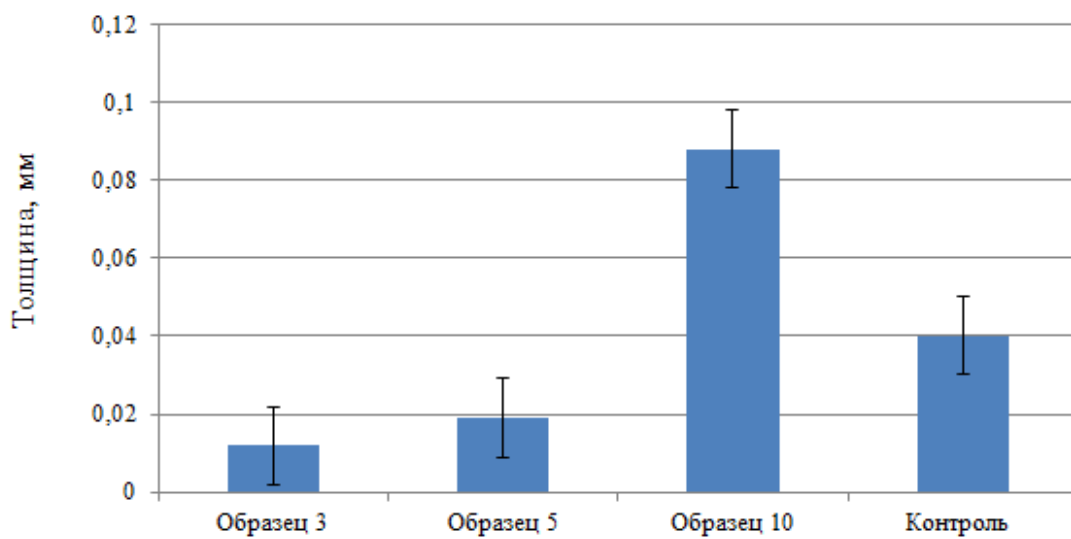


Рисунок 10 – Толщина пленочного покрытия № 2

2.2.5 Способы нанесения пленочных покрытий на сельскохозяйственную продукцию

В зависимости от вида сельскохозяйственной продукции опытным путем были подобраны способы нанесения пленочного покрытия, а именно: распыление (образец 3), с помощью кисти (образец 5) и оборачивание продукта (образец 10) (Рисунок 11).



а



б



в

Рисунок 11 – Нанесение пленочного покрытия на хлебобулочные и кондитерские изделия: а – образец 3; б – образец 5; в – образец 10

Таблица 11 – Рекомендации нанесения пленочных покрытий на продукты питания

Способы нанесения	«Картофель. Сырой, очищенный, нарезанный брусочками. СанПиН 2.3.2.1324-03»	«Шампиньоны зачищенные, нарезанные ломтиками. ГОСТ Р 55465-2013»	«Груша, нарезанная ломтиком»	Хлебобулочные изделия булочка «Домашняя»	Кондитерские изделия «Круассан из слоеного теста»	«Свинина охлажденная. Отрубы, мелкокусковые. ГОСТ 31778-2012»	«Карп охлажденный. Целиком, потрошенный с головой. ГОСТ 814-96»
Образец 3	+	+	+	+	+	+	+
Образец 5	-	-	-	+	+	-	-
Образец 10	-	-	-	+	+	+	+

Для нанесения с помощью распыления (образец 3) рекомендуется соотношение концентраций ксантана и КМЦ – 0,60 и 2,73 % соответственно. В качестве распылителя нами был взят пульверизатор Jas 1203 (Китай) с диаметром сопла 0,3 мм. Этот способ нами рекомендуется как наилучший с точки зрения экономного расхода пленочного покрытия для полуфабрикатов из овощей, фруктов, мяса и рыбы.

Для нанесения кистью (образец 5) концентрации ксантана и КМЦ в водном растворе составили 0,90 и 2,05 % соответственно. Данные концентрации были выбраны, чтобы регулировать толщину наносимого пленочного покрытия. В ходе дальнейших исследований было отмечено, что произошло увеличение срока хранения мелкоштучных кондитерских и хлебобулочных изделий. Кроме того, положительным эффектом являлось появление глянца и улучшение товарного вида.

Для оборачивания продукта в первичную упаковку (образец 10) концентрации ксантана и КМЦ в водном растворе составили 1,61 и 1,38 % соответственно. Пленка была подготовлена следующим образом: предварительно раствор пленочного покрытия (+ 21 °С) равномерно распределили на подогретую поверхность, которая была покрыта алюминиевой фольгой. Далее пленку высушивали в сушильном шкафу при

температуре 25 ± 2 °С в течение 4 часов. Данные параметры были подобраны как экспериментально, так и с учетом литературных данных, касающихся температуры гелеобразования растворов полимеров. После высушивания пленки охлаждали до температуры 21 ± 3 °С, и они легко снимались с подложки. Пленки толщиной $0,088 \pm 5$ мм получались прозрачными с желтоватым оттенком, гибкими, прочными. Данный способ также подходит для порционных (кусковых) продуктов с целью использования их в качестве первичной упаковки.

Расход пленочного покрытия представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расход пленочного покрытия № 2 на 1 кг продукта

.Продукты	Расход покрытия, г		
	Образец 3	Образец 5	Образец 10
Хлебобулочные изделия булочка «Домашняя»	90,00±0,01	96,00±0,02	100,00±0,03
Кондитерские изделия «Круассан из слоеного теста»	80,00±0,02	100,00±0,02	102,00±0,01
«Шампиньоны зачищенные, нарезанные ломтиками. ГОСТ Р 55465-2013»	98,30±0,02	109,24±0,01	108,00±0,02
«Груша, нарезанная ломтиком»	89,00±0,01	95,05±0,01	93,00±0,02
«Картофель. Сырой, очищенный, нарезанный брусочками. СанПиН 2.3.2.1324-03»	93,50 ±0,03	99,29±0,03	97,00±0,02
«Свинина охлажденная. Отрубы, мелкокусковые. ГОСТ 31778-2012»	96,03±0,01	103,67±0,01	126,09±0,02
«Карп охлажденный. Целиком, потрошённый с головой. ГОСТ 814-96»	100,00±0,02	110,06±0,01	141,04±0,01

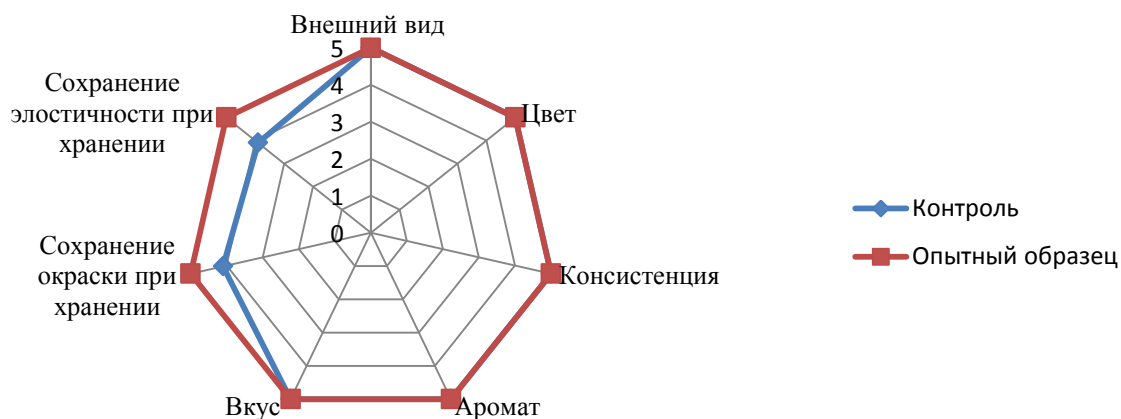
Согласно данным таблицы 12 форма и размер продукта влияли на расход пленочного покрытия.

В результате исследований нами было установлено, что для разных продуктов питания подходили разные образцы пленочного покрытия № 2. Так, например, для овощей, фруктов и грибов подходил образец 3, так как он более прозрачный и при нанесении на поверхность продукта образовывал тонкий слой. Для хлебобулочных и кондитерских изделий больше подходил образец 5, так как он по своей структуре более плотный и образовывал глянец на поверхности хлебобулочных и кондитерских изделий.

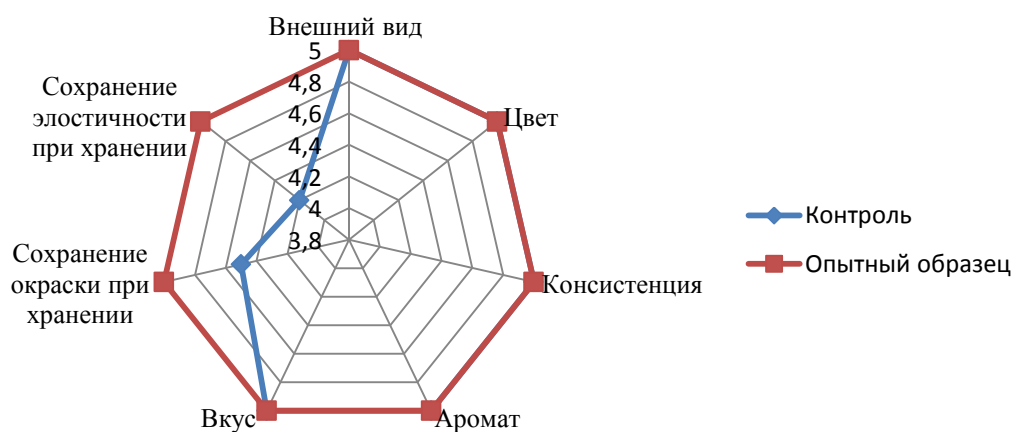
2.2.6 Влияние пленочных покрытий на плодоовощную сельскохозяйственную продукцию (картофель, шампиньоны, груша)

Было изучено влияние пленочных покрытий на продукцию растительного происхождения на примере картофеля, груши, шампиньонов в процессе хранения в морозильной камере при температуре – 18 °С.

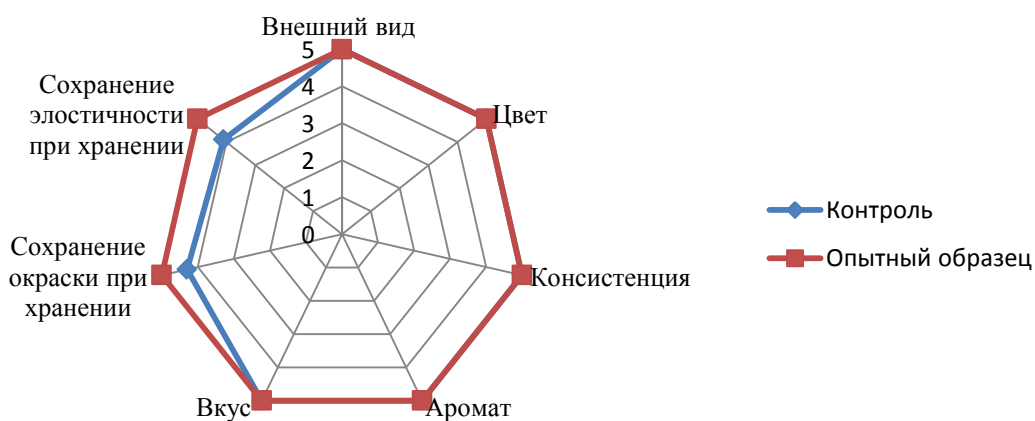
Пленочное покрытие № 2 наносилось на растительную продукцию в жидком агрегатном состоянии с помощью кисти (образец 5), затем образцы помещали в закрытую емкость и хранили в морозильной камере при температуре – 18 °С на протяжении 8 недель.



а



б



в

Рисунок 12 – Органолептические профилограммы исследуемых образцов: а – «Шампиньоны зачищенные, нарезанные ломтиками. ГОСТ Р 55465-2013»; б – «Груша, нарезанная ломтиком»; в – «Картофель. Сырой, очищенный, нарезанный брусочками. СанПиН 2.3.2.1324-03»

Как видно из рисунка 12, применение пленочного покрытия положительно влияло на органолептические показатели сельскохозяйственной продукции в процессе хранения, а именно лучше сохранялась форма, аромат, цвет. В ходе эксперимента нами были проведены дополнительные исследования, касающиеся условий хранения растениеводческой продукции как в закрытой таре, так и в открытой. В результате было отмечено, что хранение в закрытой таре в морозильном шкафу является лучшим способом. Так, продукция, которая хранилась в открытом состоянии, после 24 часов значительно уменьшилась в объеме, а также потемнел очищенный картофель, в то время как образцы с пленочным покрытием остались неизменными (Рисунок 13).

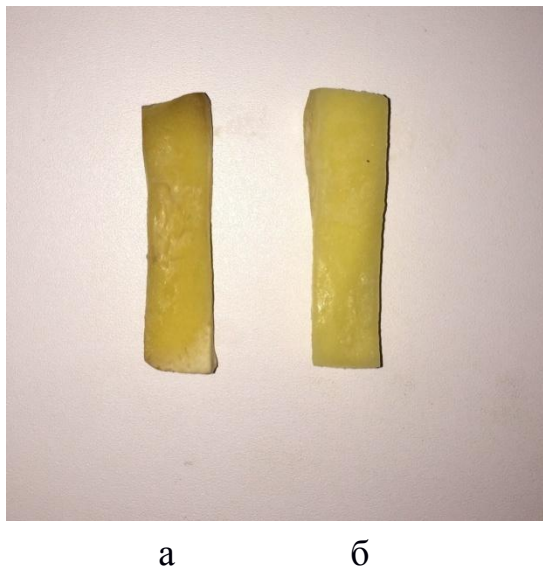


Рисунок 13 – Внешний вид исследуемых образцов «Картофель. Сырой, очищенный, нарезанный брусочками: а – контрольный образец; б – опытный образец

Экспериментально было доказано, что пленочное покрытие позволяло сократить потери массы продуктов при замораживании: «Шампиньоны зачищенные, нарезанные ломтиками. ГОСТ Р 55465-2013» на 6 %; «Груша, нарезанная ломтиком» на 14 %; «Картофель. Сырой, очищенный, нарезанный брусочками. СанПиН 2.3.2.1324-03» на 37 % (Рисунок 14).

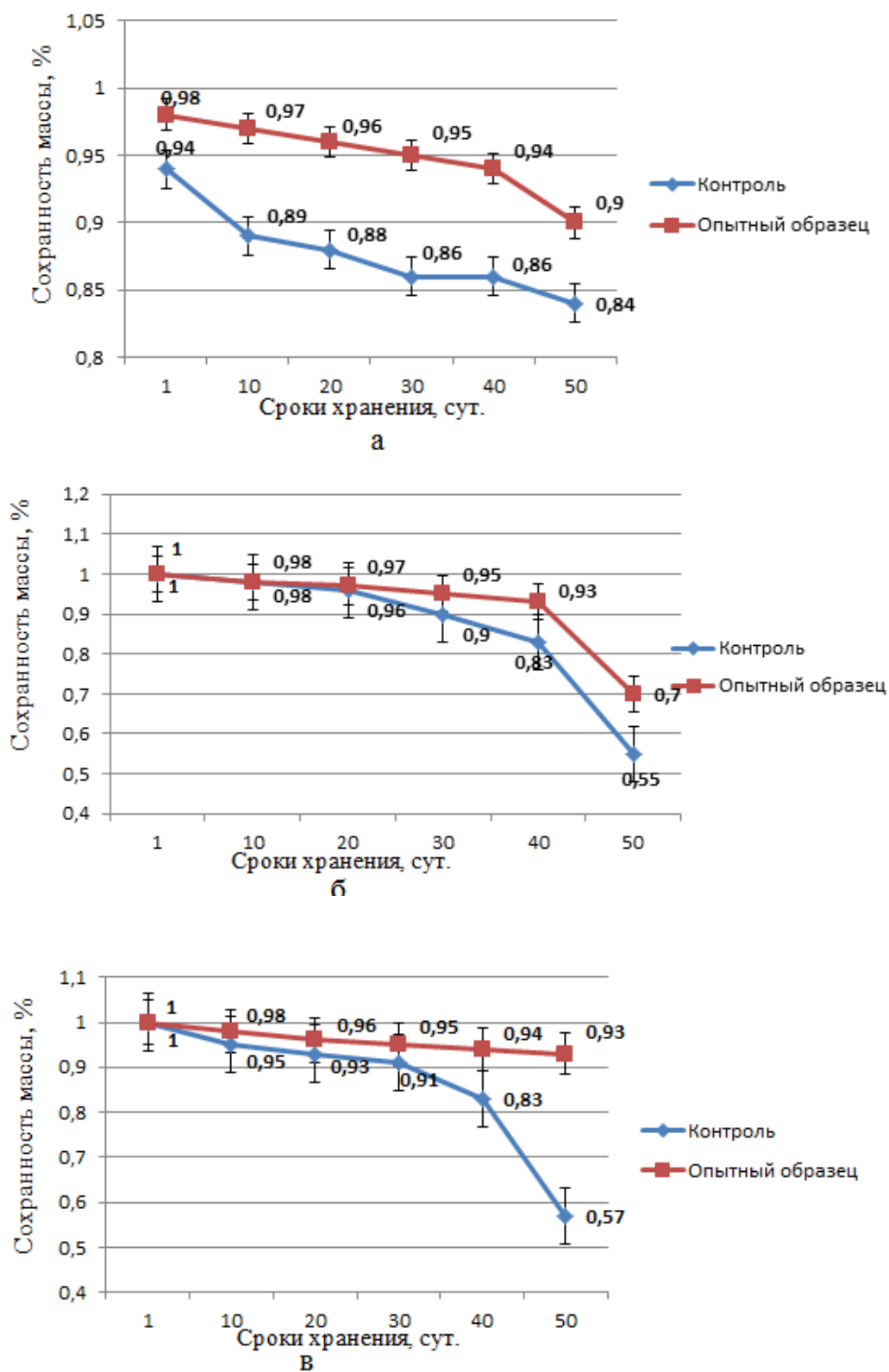
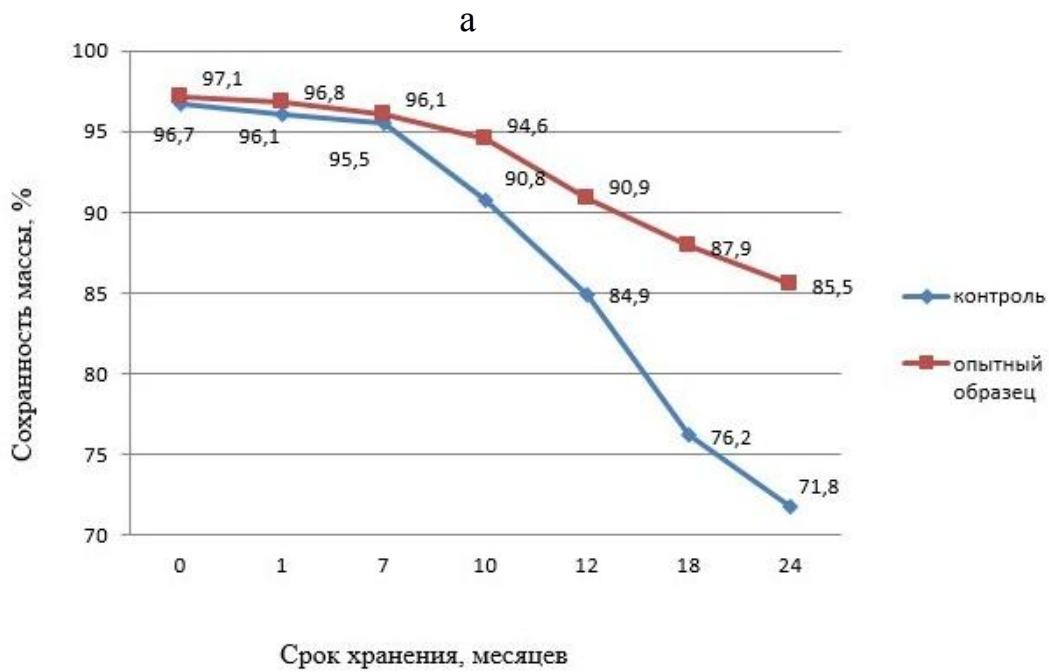
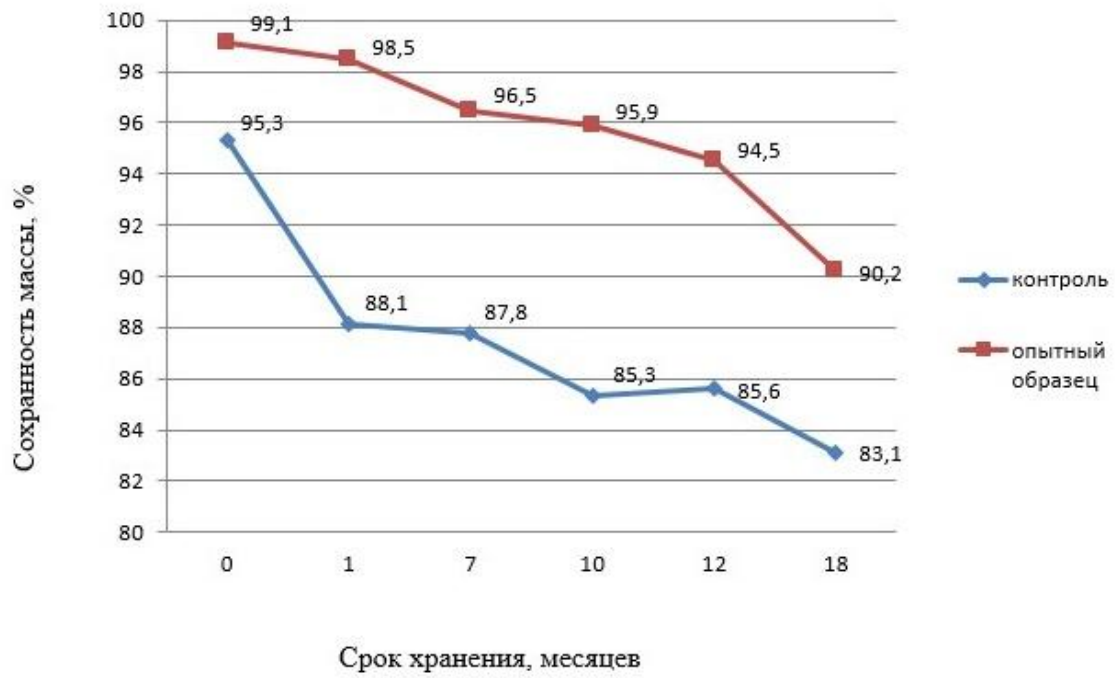


Рисунок 14 – Изменение массы замороженных овощных п/ф в процессе хранения: а – шампиньоны; б – груша; в – картофель

С целью изучения влияния пленочного покрытия на возможность длительного хранения замороженных полуфабрикатов из овощей нами были проведены исследования. Для этого были приготовлены опытные образцы шампиньонов и картофеля с нанесенным пленочным покрытием (образец 5), далее образцы помещали в закрытую емкость и хранили в морозильной камере при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ на протяжении 18 месяцев для шампиньонов и 24 месяцев для картофеля (Рисунок 15).



б

Рисунок 15 – Изменение массы замороженных овощных п/ф в процессе длительного хранения: а – шампиньоны; б – картофель

Таблица 13 – Потери массы овощей при длительном хранении

Срок хран., мес.	Шампиньоны		Отклонения, %	Картофель		Отклонения, %
	Контроль	Опыт		Контроль	Опыт	
1	7,56±0,01	0,61±0,04	6,95±0,01	0,62±0,01	0,39±0,04	0,23±0,01
7	7,87±0,03	2,62±0,01	5,25±0,01	1,24±0,03	1,03±0,03	0,21±0,01
10	10,49±0,01	3,23±0,01	7,26±0,03	6,10±0,01	2,57±0,01	3,53±0,04
12	10,18±0,02	4,64±0,02	5,54±0,01	12,20±0,01	6,39±0,02	5,81±0,03
18	12,80±0,01	8,98±0,01	3,82±0,02	21,20±0,02	9,47±0,01	11,73±0,01
24	-	-	-	25,75±0,01	11,95±0,03	13,10±0,02
Среднее отклонение, %			5,76±0,03	Среднее отклонение, %		5,76±0,01

По результатам таблицы 13 видно, что потери у шампиньонов без пленочного покрытия через 1 месяц после хранения в замороженном состоянии составили 7,56 %, в то время как с нанесенным пленочным покрытием – 0,61 %. Таким образом, отметили уже в начале эксперимента сокращение потерь у грибов на 6,95 %. При дальнейшем хранении через 12 месяцев были замечены следующие потери массы: у контроля на 10,18 % и опытных образцов – 4,64 %. На этом этапе сокращение потерь массы составило на 5,54 % по сравнению с контролем. В конце эксперимента на 18-месячный срок хранения наблюдали потери массы у контрольных грибов после замораживания от начала исследований – 12,80 %, а у шампиньонов с пленочным покрытием – 8,98 %. Таким образом, пленочное покрытие позволило уменьшить потери шампиньонов при длительном хранении на 3,82 %.

Как видно из таблицы 13, схожая картина наблюдалась и при хранении картофеля. В начале эксперимента на 1-м месяце хранения замороженного картофеля потери у контроля составили 0,62 %, а у опытных образцов – 0,39 %. Нанесение пленочного покрытия позволило сократить потери на 0,23 %. Через 12 месяцев потери у контрольных образцов картофеля составили 12,20 %, при этом у опытной партии клубнеплодов – 6,39 %, то есть благодаря применению пленки удалось снизить потери на 5,81 %. Впоследствии наблюдали значительное сокращение потерь массы овощей. Так, через 18 месяцев у контроля потери составили 21,20 %, а у опытного

картофеля – 9,47 %. На этом этапе пленочное покрытие позволило снизить потери массы при длительном хранении на 11,73 %. В конце проведенного эксперимента через 24 месяца отмечено, что потери картофеля без пленочного покрытия составили 25,75 %, в то время как у опытного образца с покрытием – 11,95 %. В результате замечено, что благодаря использованию пленочного покрытия удалось сократить потери опытных образцов картофеля на 13,10 %.

Таким образом, использование пленочного покрытия на овощах позволило пролонгировать сроки хранения: для шампиньонов с 12 до 18 месяцев, для картофеля с 18 до 24 месяцев.

Были проведены исследования по изучению влияния пленочного покрытия на микробиологические показатели растениеводческой сельскохозяйственной продукции: общее микробное число (ОМЧ), содержание грибов (дрожжи и плесени), содержание бактерий группы кишечной палочки (БГКП). Микробиологические показатели качества определяли на протяжении 15 недель. Полученные результаты представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Микробиологические показатели растениеводческой сельскохозяйственной продукции

Сроки хранения, сут.	КМАФАнМ, КОЕ/г (не более)		Масса продукта (г), в которой не допускается наличие					
			Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)		Плесени, КОЕ/г, не более		Дрожжи КОЕ/г, не более	
	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец
«Шампиньоны зачищенные, нарезанные ломтиками. ГОСТ Р 55465-2013»								
1	$1,0 \cdot 10^6 \pm 0,02$	$2,0 \cdot 10^3 \pm 0,02$	-	-	$4,0 \cdot 10^2 \pm 0,02$	-	-	-
30	$1,5 \cdot 10^6 \pm 0,01$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	-	-	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,01$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,02$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,02$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,02$
105	$2,0 \cdot 10^6 \pm 0,02$	$1,5 \cdot 10^6 \pm 0,02$	-	-	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	$2,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,01$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$
«Груша, нарезанная ломтиком»								
1	$1,0 \cdot 10^3 \pm 0,03$	$2,0 \cdot 10^2 \pm 0,02$	-	-	$2,0 \cdot 10^3 \pm 0,02$	$3,0 \cdot 10^2 \pm 0,02$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	$2,0 \cdot 10^3 \pm 0,02$
30	$2,0 \cdot 10^3 \pm 0,02$	$3,0 \cdot 10^3 \pm 0,01$	-	-	$2,0 \cdot 10^3 \pm 0,01$	$3,0 \cdot 10^3 \pm 0,01$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 0,02$	$3,0 \cdot 10^3 \pm 0,04$
105	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,01$	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	-	-	$5,0 \cdot 10^3 \pm 0,04$	$3,0 \cdot 10^3 \pm 0,04$	$5,0 \cdot 10^3 \pm 0,01$	$5,0 \cdot 10^3 \pm 0,01$
«Картофель. Сырой, очищенный, нарезанный брусочками. СанПиН 2.3.2.1324-03»								
1	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,01$	$4,0 \cdot 10^3 \pm 0,03$	-	-	-	-	-	-
30	$2,0 \cdot 10^5 \pm 0,04$	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,02$	-	-	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,02$	$1,0 \cdot 10^2 \pm 0,03$	-	-
105	$1,0 \cdot 10^6 \pm 0,02$	$2,0 \cdot 10^5 \pm 0,02$	-	-	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	$1,0 \cdot 10^5 \pm 0,01$	$5,0 \cdot 10^4 \pm 0,03$	$5,0 \cdot 10^3 \pm 0,02$

Примечание – (+) наличие бактерий, (-) отсутствие бактерий.

Как видно из таблицы 14, пленочные покрытия предотвращают развитие микроорганизмов. В опытных образцах КМАФАНМ по сравнению с контрольными образцами показатели ниже. Также во всех образцах не были обнаружены в процессе хранения БГКП (колиформы). Плесень в опытном образце шампиньонов в первый день не обнаружена, в последующем хранении отмечалась динамика роста развития микроорганизмов, но по сравнению с контролем данные показатели не превышали. Дрожжи по схожей динамике в опытном и контрольном образце картофеля были обнаружены только на 105-й день. Данные результаты говорят о том, что пленочное покрытие не обладает бактерицидными свойствами, но при этом способно подавлять рост микроорганизмов.

Согласно литературным данным уже существующие пленки на основе хитозана обладают бактерицидными свойствами, безвредны для человека и окружающей среды. Тем не менее производство таких пленок требует специального оборудования, и необходимо учитывать, что сам хитозан плохо растворим [40, 48], в то время как разработанные пленочные покрытия на основе ксантана и КМЦ не требуют специального оборудования, а также обладают положительным влиянием на органолептические показатели сельскохозяйственной продукции в процессе хранения. В результате проведенных исследований было доказано, что пленочные покрытия лучше сохраняли форму, аромат, цвет продуктов. Кроме того, сокращались потери массы продуктов с пленочным покрытием при замораживании: шампиньонов на 6 %; груши на 14 %; картофеля на 37 %.

2.2.7 Влияние пленочных покрытий на продукцию переработки зерна (хлебобулочные и кондитерские изделия)

Хлебобулочные образцы были выпечены по стандартной рецептуре и технологии, первоначальная масса полуфабрикатов составила 50 г [3]. Нанесение пленочных покрытий № 2 производилось с помощью кисти (образец 5) однократно (до выпекания) и двукратно (до и после выпекания).

На рисунке 16 представлены образцы хлебобулочных изделий (булочка «Домашняя»): контрольный образец; образец 5.1 – с нанесенным вторым пленочным покрытием до выпекания однократно; образец 5.2 – с нанесенным вторым пленочным покрытием – двукратно.

Были выпечены кондитерские изделия из слоеного теста «Круассан». Пленочное покрытие наносилось двукратно (до и после выпекания) и после выпекания с интервалом 10 минут. На рисунке 17 представлены образцы хлебобулочных изделий («Круассан»): образец 5.3 – с нанесенным вторым пленочным покрытием до выпекания и после выпекания; образец 5.4 – с нанесенным вторым пленочным покрытием – после выпекания и с интервалом 10 минут.



а

б

в

Рисунок 16 – Образцы булочки «Домашняя»: а – контроль; б – образец 5.1 – с нанесенным вторым пленочным покрытием до выпекания однократно; в – образец 5.2 – с нанесенным вторым пленочным покрытием – двукратно



а

б

в

Рисунок 17 – Образцы «Круассан»: а – контроль; б – образец 5.3 – с нанесенным вторым пленочным покрытием до выпекания и после него; в – образец 5.4 – с нанесенным вторым пленочным покрытием после выпекания с интервалом 10 минут

Как видно из рисунков 16 и 17, у образцов с нанесенным пленочным покрытием увеличивалась упругость, появлялся глянец у хлебобулочного изделия – булочка «Домашняя», а у кондитерского изделия «Круассан» – более золотистый окрас.

Также нами было показано, что использование пленочных покрытий на хлебобулочных и кондитерских изделиях уменьшило потери массы в процессе хранения в среднем на 2 % (Рисунок 18).

В ходе исследования органолептических показателей было установлено, что при нанесении пленочного покрытия на опытные образцы сохранялись первоначальные свойства (вкус, запах, цвет, консистенция). Также применение пленочных покрытий позволило при нажатии на поверхность изделия восстанавливать форму значительно быстрее по сравнению с контрольным образцом (без пленочных покрытий) (Рисунок 19).

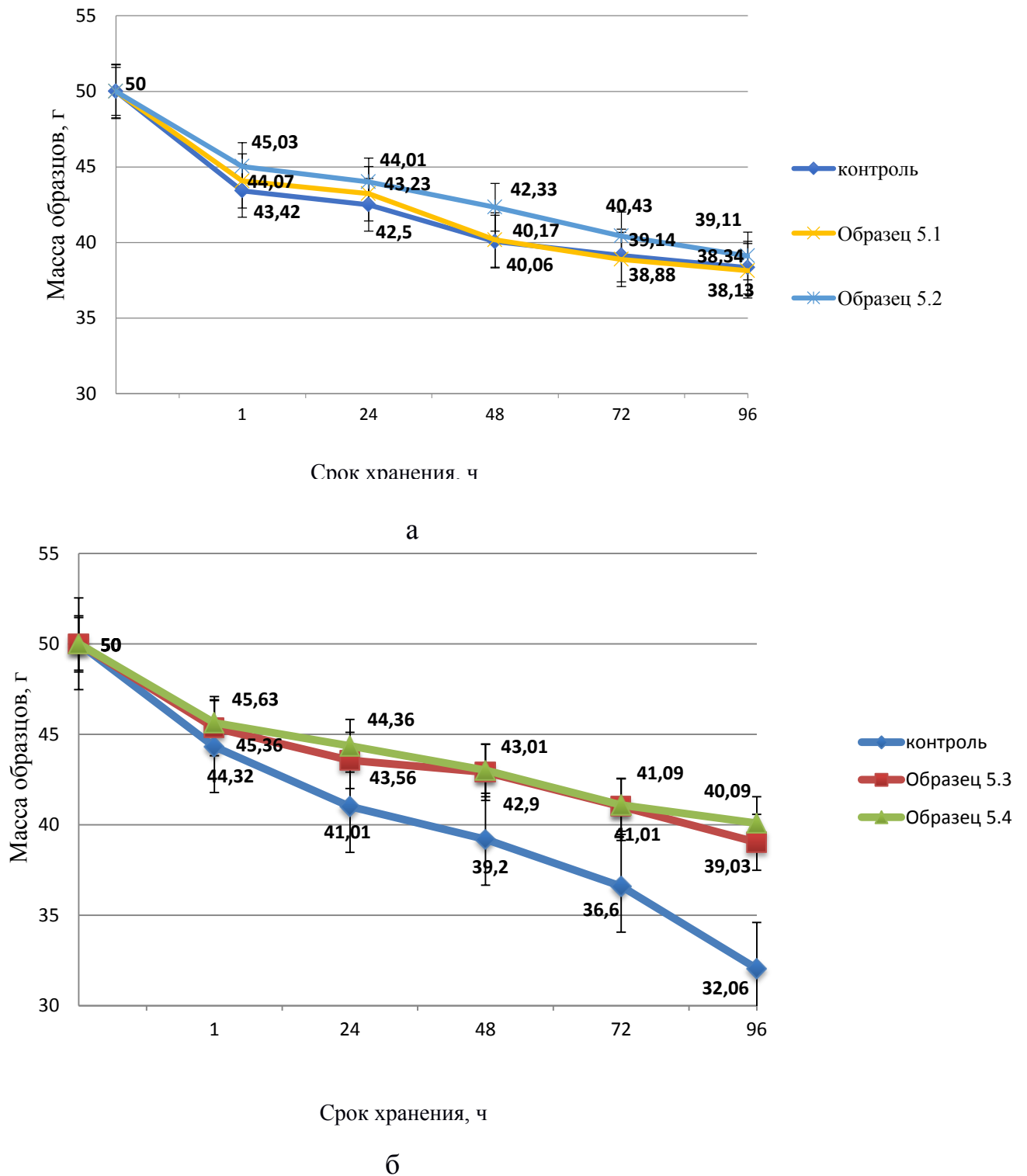
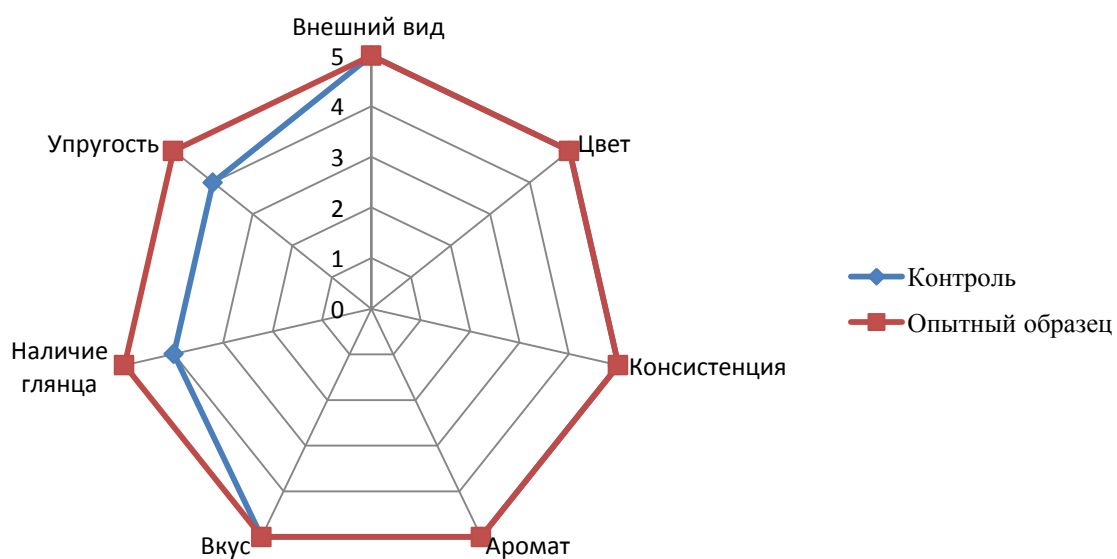
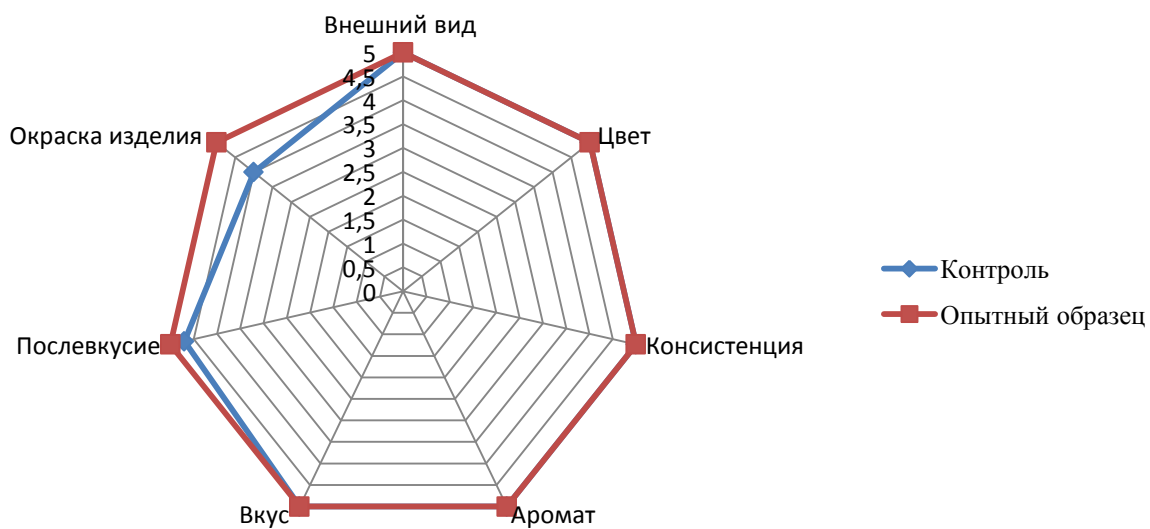


Рисунок 18 – Изменение массы хлебобулочных и кондитерских изделий от способа нанесения пленочного покрытия: а – булочки «Домашняя»; б – «Круассан»



а



б

Рисунок 19 – Органолептические профилограммы исследуемых образцов хлебобулочных и кондитерских изделий: а – булочка «Домашняя»; б – «Круассан»

Были проведены исследования по изучению влияния биопленочного покрытия на микробиологические показатели булочки «Домашняя»: общее микробное число (ОМЧ), содержание грибов (дрожжи и плесени), содержание бактерий группы кишечной палочки (БГКП). Микробиологические показатели качества определяли в конце срока хранения готовой продукции (через 72 часа хранения) и после срока рекомендуемой реализации (через 96 часов хранения). Полученные результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Микробиологические показатели булочки «Домашняя» и «Круассан» с пленочным биопокрытием

Сроки хранения, ч	КМАФАнМ, КОЕ/г (не более)				Масса продукта (г), в которой не допускается наличие																
					БГКП (колиформы)				<i>Staphylococcus aureus</i>				Патогенные, в т.ч. сальмонеллы				Бактерии рода <i>Proteus</i>				
	СанПин 2.3.2.1078-01	Контроль	Булочка «Домашняя»	«Круасан»	СанПин 2.3.2.1078-01	Контроль	Булочка «Домашняя»	«Круасан»	СанПин 2.3.2.1078-01	Контроль	Булочка «Домашняя»	«Круасан»	СанПин 2.3.2.1078-01	Контроль	Булочка «Домашняя»	«Круасан»	СанПин 2.3.2.1078-01	Контроль	Булочка «Домашняя»	«Круасан»	
Свеже-испеченный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	1*10 ³	-	-	-	1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	1*10 ³	1*10 ³ ±0,02	1*10 ¹ ± 0,03	1*10 ¹ ±0,02	1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	25,0	-	-	-	0,1	-	-	-	-
96	1*10 ³	1*10 ³ ± 0,03	1*10 ¹ ± 0,01	1*10 ¹ ±0,02	1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	25,0				0,1	-	-	-	-

Примечание – (+) наличие бактерий, (-) отсутствие бактерий.

Как видно из таблицы 15, у опытных изделий с пленочным покрытием содержание общего микробного числа, грибов, бактерий группы кишечной палочки понижалось по сравнению с данными контрольного образца, а также были ниже, чем значения СанПин 2.3.2.1078-01. В опытных образцах булочки «Домашняя» и «Круассан» через 72 часа КМАФАнМ не обнаружено. В контрольном образце через 72 часа КМАФАнМ составило $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г. Через 96 часов в контрольном образце КМАФАнМ составило $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г, а в опытных образцах $1 \cdot 10^1$ КОЕ/г, что значительно меньше. Также в исследуемых образцах не были обнаружены в течение всего срока хранения БГКП (колиформы), *Staphylococcus aureus*, патогенные (в т. ч. сальмонеллы), бактерии рода *Proteus*.

В ходе исследований было отмечено положительное влияние пленочного покрытия на органолептические показатели, структурно-механические свойства и сохранность хлебобулочных и кондитерских изделий. Пленочное покрытие обладало способностью подавлять рост микроорганизмов, благодаря чему вполне конкурентоспособно с известной пленкой для кондитерских изделий на основе ихтиожелатина (рыбья чешуя) с высокой бактериостатической активностью [41].

2.2.8 Влияние пленочных покрытий на сельскохозяйственную продукцию животного происхождения (свинина, карп)

Дальнейшие исследования проводили на полуфабрикатах, приготовленных из продуктов животного происхождения. На полуфабрикаты из свинины и карпа наносилось пленочное покрытие № 2 с помощью кисти (образец 5) однократно.

Известно, что сохранность качества охлажденного мяса при хранении, а также усушке зависит от постоянства температуры воздуха в холодильной камере. В процессе охлаждения у любого пищевого продукта с высоким содержанием жидкости происходит потеря массы за счет снижения количества влаги. Как нами было отмечено при охлаждении свинины и

карпа, упакованных в биокоррегируемую пленку, потери массы сократились на 5 % и 6 % соответственно (Рисунок 20).

Технология упаковки свинины в биокоррегируемую пленку позволяет получать сырье с улучшенными сенсорными свойствами, которых нельзя было бы достичь при хранении сырья без упаковки. Согласно проведенным органолептическим исследованиям отмечено, что все образцы свинины с пленочным покрытием в течение первых 7 суток хранения оставались свежими. Упакованные опытные образцы отличались привлекательным внешним видом, бóльшим ароматом и сочностью в течение 2 суток (регламентированный срок годности), а также более ярким цветом, так как данная упаковка предотвращала окисление гемовых пигментов (Рисунок 21).

Согласно общепринятым требованиям по определению безопасности пищевого сырья были проведены токсикологические исследования продуктов питания с нанесенным пленочным покрытием [19]. Для этого на опытные образцы свинины наносили раствор пленочного покрытия (образец 5) с помощью кисти, далее мясо хранили в течение 3 суток при температуре $+2 - 0$ °С, относительной влажности воздуха 80 %.

Таблица 16 – Показатели экологической безопасности свинины, упакованной в пленку

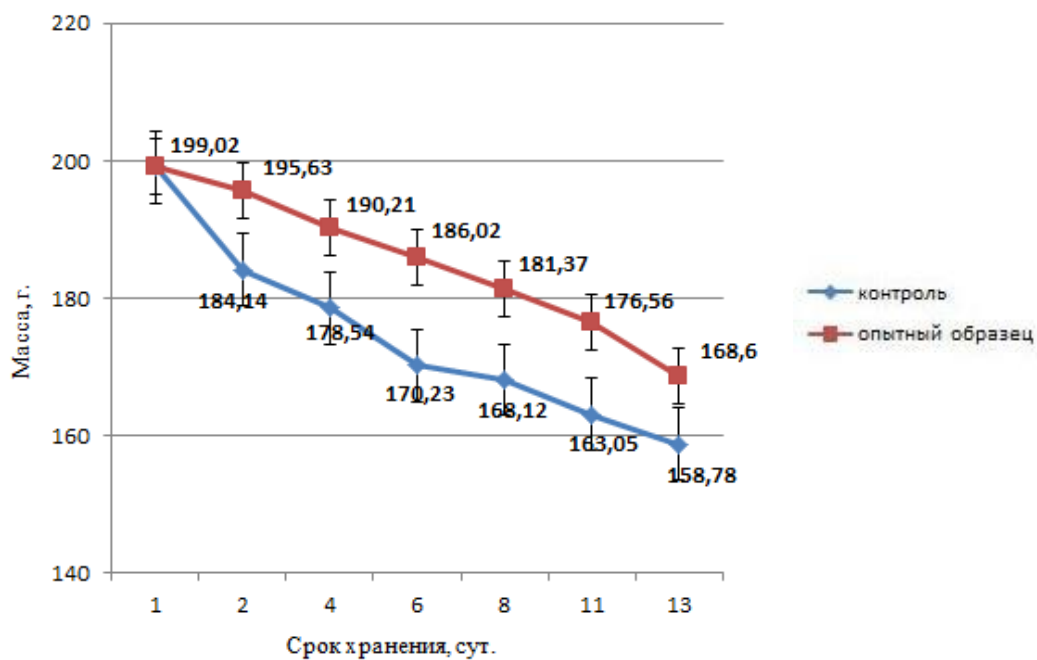
Токсичные элементы	Допустимые уровни мг/кг, не более в мясе всех видов убойных животных (для детей – в говядине)			Содержание в свинине (опытный образец), мг/кг ($M \pm m$)	
	Дети до 3-х лет	Дети старше 3-х лет	Взрослое население	Контроль	Опыт
Свинец	0,1	0,2	0,5	$0,030 \pm 0,003$	$0,035 \pm 0,001$
Кадмий	0,03		0,05	$0,007 \pm 0,001$	$0,005 \pm 0,003$

Как видно из таблицы 16, содержание основных токсичных элементов – свинца и кадмия в опытных образцах свинины, упакованной в биокоррегируемую пленку, составили: $0,035 \pm 0,001$ и $0,005 \pm 0,003$ мг/кг

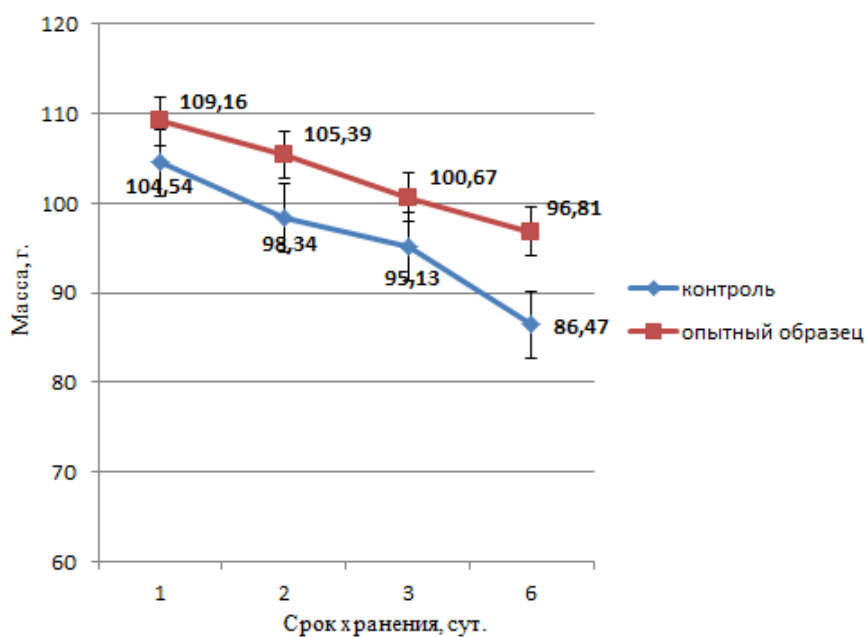
соответственно, что не превышает допустимые уровни, установленные ГОСТ 30178-96.

Органолептическая оценка охлажденного карпа, упакованного в биокоррегируемую пленку, проведенная в соответствии с требованиями ГОСТ 814-96 «Рыба охлажденная. Технические условия» [18], показала, что в течение 4 суток первоначальные свойства рыбы сохранились, в то время как контрольные образцы рыбы, не упакованные в пленку, ухудшились уже на 3-и сутки хранения (Приложение А).

Таким образом, результаты органолептической оценки подтвердили, что разработанную упаковку можно использовать в качестве покрытия, улучшающего органолептические характеристики сельскохозяйственной животноводческой продукции (Рисунок 22).



а



б

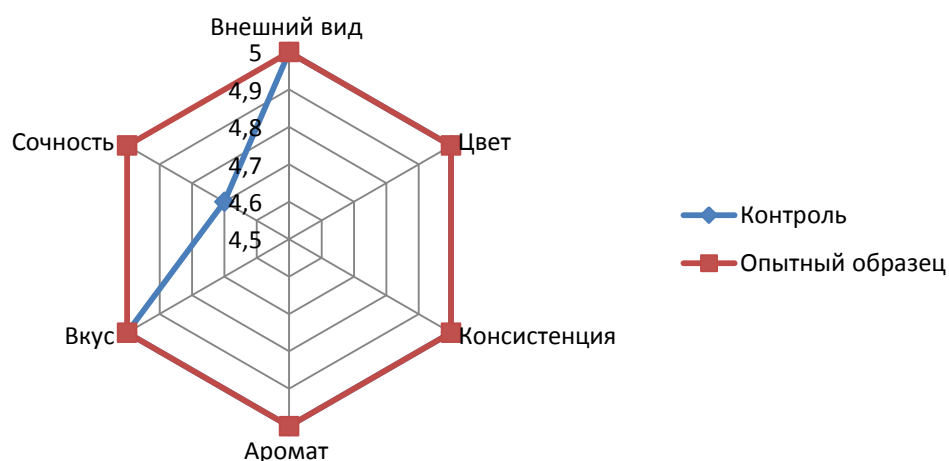
Рисунок 20 – Изменение массы в процессе хранения продуктов животного происхождения: а – свиной; б – карпа



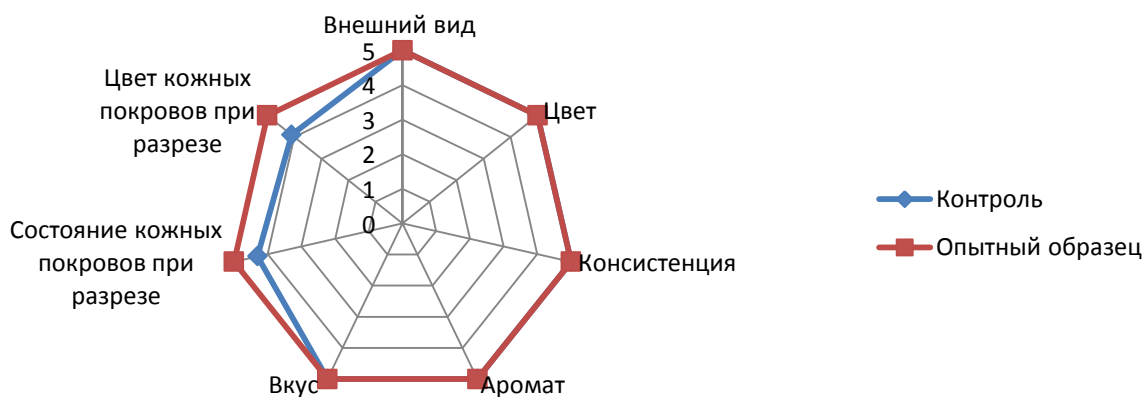
а

б

Рисунок 21 – Свинина, хранившаяся с упаковкой и без: а – опытный образец; б – контрольный образец



а



б

Рисунок 22 – Органолептические профилограммы исследуемых образцов животного происхождения: а – свинины; б – карпа

В процессе микробиологических исследований было показано, что наличие биопленки снижало общую обсемененность полуфабрикатов из свинины и карпа, тем самым показывая возможность увеличения сроков хранения.

Микробиологические показатели охлажденной свинины, хранившейся в течение 10 суток при + 2 – 0 °С, представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Микробиологические показатели опытных и контрольных образцов свинины в процессе хранения

Сроки хранения, сут	КМАФАнМ, КОЕ/г (не более)		Масса продукта (г), в которой не допускается наличие							
			БГКП		Бактерии рода <i>Proteus</i>		Патогенные, в т.ч. сальмонеллы		<i>L. monocytogenes</i>	
	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец
1	$2,0 \cdot 10^6 \pm 0,02$	$1,0 \cdot 10^7 \pm 0,20$	+	+	-	-	-	-	-	-
2	$2,0 \cdot 10^7 \pm 0,20$	$2,5 \cdot 10^7 \pm 0,20$	+	+	-	-	-	-	-	-
3	$1,0 \cdot 10^7 \pm 0,40$	$5,0 \cdot 10^6 \pm 0,04^*$	+	+	+	-	-	-	-	-
5	$2,0 \cdot 10^7 \pm 0,20$	$1,0 \cdot 10^7 \pm 0,40^*$	+	+	+	+	-	-	-	-
7	$3,5 \cdot 10^7 \pm 0,20$	$2,0 \cdot 10^7 \pm 0,20^*$	+	+	+	+	-	-	-	-
10	$1,0 \cdot 10^8 \pm 0,20$	$5,0 \cdot 10^7 \pm 0,80^*$	+	+	+	+	-	-	-	-

Примечание – * $p < 0,05$ – достоверно относительно контроля.

В процессе хранения свинины было замечено постепенное увеличение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и бактерий группы кишечной палочки, как в контрольных, так и в опытных образцах. На третьи сутки хранения в контроле количество КМАФАнМ возросло на порядок по сравнению с первыми сутками. Кроме того, в контрольном образце на третьи сутки были выявлены бактерии рода *Proteus*, что свидетельствовало о начале порчи мяса (гнилостных процессов),

в то время как в опытных образцах протей обнаружили только на пятые сутки.

Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы и *L. monocytogenes*, не были обнаружены в исследуемых образцах.

Анализ экспериментальных данных позволил заключить, что в образцах охлажденной свинины, упакованных в биокоррегируемую пленку, срок хранения увеличился до 5 суток вместо 2 суток [9].

Очевидно, упаковка снижает доступ кислорода к сырью, и почти полностью подавляется рост аэробных возбудителей порчи, в результате стойкость мяса при хранении увеличивается.

Согласно СанПин [49] срок хранения рыбного сырья в охлажденном виде составляет 2 суток, результаты микробиологических исследований представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Микробиологические показатели опытных и контрольных образцов карпа в процессе хранения

Сроки хранения, сут	КМАФАнМ, КОЕ/г (не более)		Масса продукта (г), в которой не допускается наличие							
			БГКП		<i>S.aureus</i>		Патогенные, в т.ч. сальмонеллы		<i>L. monocytogenes</i>	
	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец
1	$1,0 \cdot 10^7 \pm 0,08$	$1,0 \cdot 10^3 \pm 0,08^*$	+	+	-	-	-	-	-	-
2	$4,0 \cdot 10^4 \pm 0,4$	$2,0 \cdot 10^3 \pm 0,2^*$	+	+	-	-	-	-	-	-

Примечание – * $p < 0,05$ – достоверно относительно контроля

Как видно из таблицы 18, патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы и *L. monocytogenes*, а также стафилококки не были обнаружены в исследуемых образцах охлажденной рыбы.

Таким образом, результаты, полученные при микробиологическом исследовании, тесно коррелировали с органолептической оценкой качества мясного и рыбного сырья.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о положительном влиянии разработанного пленочного покрытия на органолептические показатели и сохранность массы сельскохозяйственной продукции животного происхождения. Данная упаковка обладает бактериостатическим свойством и не токсична, что подтверждено результатами исследований (Таблица 18). Несомненным преимуществом разработанной пленки является ее бесцветность и прозрачность, что позволяет использовать её на различном сырье сельскохозяйственной продукции, в то время как пленка на основе ягодных соков предлагается только для применения на мясном сырье из-за возможного окрашивания [52].

2.2.9 Исследование биodeградability пленочных покрытий

Важнейшим специфическим свойством пищевых упаковок нового поколения являются их биodeградability свойства. Способность пленок быстро и безвредно разлагаться в почве, на воздухе и в воде регламентируется в России согласно ГОСТ Р 57432-2017 «Упаковка. Пленки из биоразлагаемого материала. Общие технические условия» [20]. Для подтверждения биodeградability пленочных покрытий были проведены опыты на биоразложение в естественных условиях.

Для эксперимента использовали 2 пленочных покрытия: № 1 (ксантан, хитозан, органические одноосновные кислоты, вода, глицерин, КМЦ) и № 2 (ксантан, лецитин, вода, глицерин, КМЦ), с толщиной 0,088 мм. Опытные образцы пленочных покрытий наносились на стерильную чашку Петри кусками диаметром 5 см. Готовое пленочное покрытие диаметром 10 см целиком закапывалось в почву при естественных условиях на глубину 3 см (Рисунок 22). В течение всего эксперимента с интервалом каждые 24 часа нами проводился визуальный осмотр группы почвы с пленочным покрытием.

На первый день (24 часа) пленочное покрытие стало немного более мутным. На второй день (48 часов) изменилась целостность пленки – образовались мелкие куски. На третий день (72 часа) изменений не отмечено. На четвертый день (96 часов) куски уменьшились. На пятый день (120 часов) произошло незначительное уменьшение количества кусочков плёночного покрытия. На шестой день (144 часа) количество пленочного покрытия уменьшилось в 2 раза. На седьмой день (168 часов) пленочное покрытие полностью растворилось в почве (Рисунок 24).



а



б

Рисунок 23 – Биодegradация пленочного покрытия № 1: а – через 1 день; б – через 7 дней



а



б

Рисунок 24 – Биодegradация пленочного покрытия № 2: а – через 1 день; б – через 7 дней

Пленочные покрытия деградировали в естественных условиях окружающей среды (температура воздуха 21 ± 2 °С и влажностью воздуха 60 %) в течение 7 дней. На процесс биоразложения влияют: толщина пленочного покрытия; способ нанесения на продукт (плотная плёнка для оборачивания или жидкая для распыления); температура окружающей среды; влажность и количество бактерий в почве.

Из полученных данных видно, что по биodeградебельным свойствам изучаемые пленочные покрытия соответствуют ГОСТ Р 57432-2017 и не представляют угрозы для окружающей среды. Как видно из данных таблицы 19, пленочные покрытия полностью разлагались в почве в течение 7 суток, при этом скорость разложения зависела от природы полисахаридов и их концентрации. Установлено, что разработанные пленочные покрытия обладали высокой скоростью биodeградации, что является преимуществом по сравнению с упаковкой на основе ихтиожелатина, которая разлагалась в компосте в течение 30–45 дней [41].

Таблица 19 – Результаты биоразложения пленочных покрытий

Пленочное покрытие	Почва		
	1 сутки	3 сутки	7 сутки
№ 1	не разложилась, крупные включения	небольшие включения	полное разложение
№ 2	не разложилась, крупные включения	размер включений больше, чем в образце 1	полное разложение

2.3 Оценка экономической эффективности технологии

Экономическую эффективность предлагаемой технологии оценивали с учетом основных затрат на приобретение производственного оборудования, сырья и материалов, заработной платы, капитальных и текущих расходов [3]. На рисунке 25 представлена технологическая схема производства пленочного покрытия № 2.

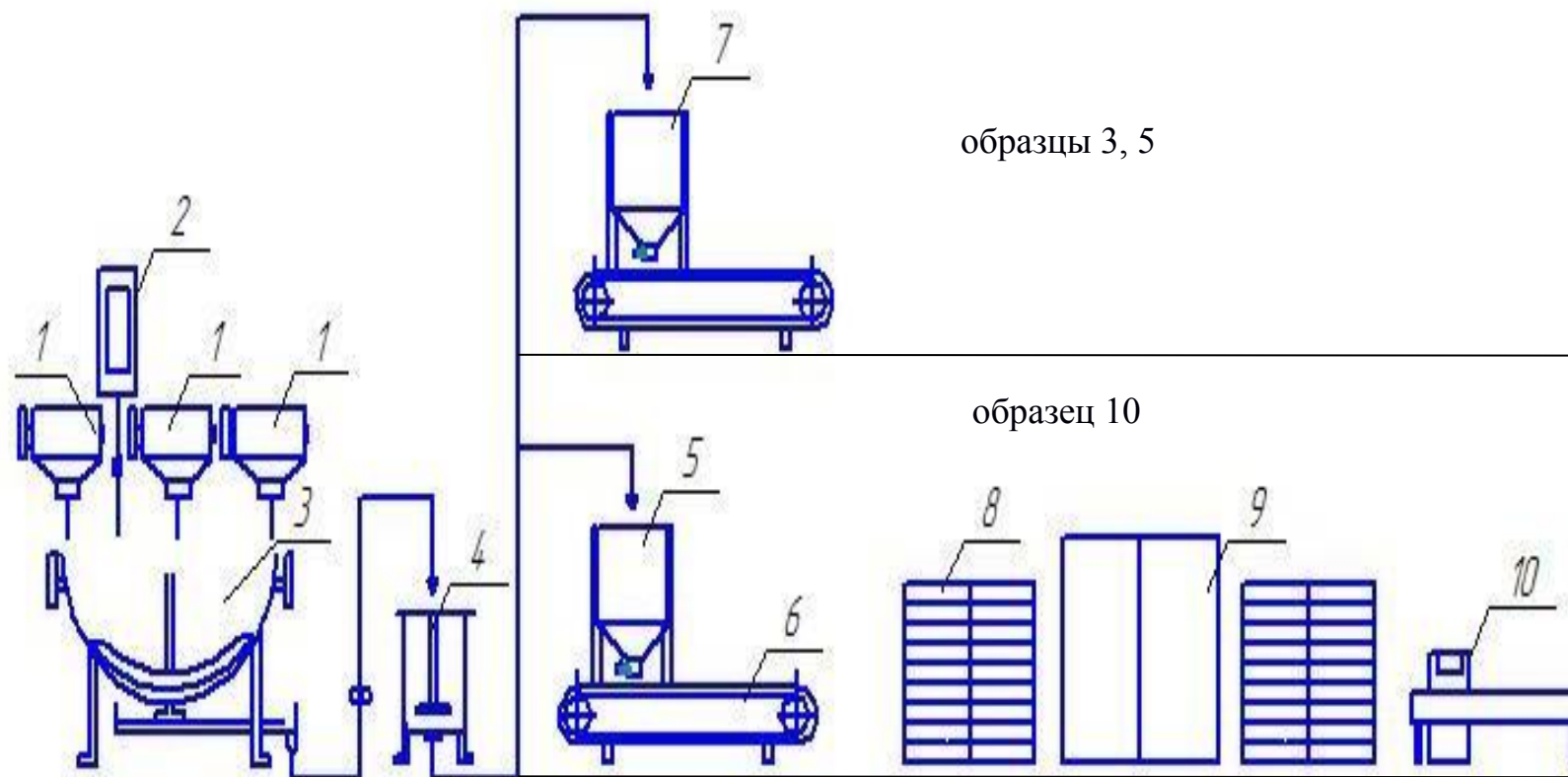


Рисунок 25 – Технологическая схема производства пленочного покрытия № 2

Как видно из рисунка 25, приготовление пленочных покрытий происходит в несколько этапов. На первом этапе происходит взвешивание компонентов с помощью автоматического весового дозатора (1), а затем из дистиллятора (2) поступает вода, которая подогревается в комби-котле (3). Далее все компоненты перемешиваются и поступают в нейтральную емкость (4), где готовое пленочное покрытие охлаждается. Нами предлагается выпускать несколько видов пленочного покрытия разной консистенции и способов нанесения: образец 3 с помощью нанесения распылением; образец 5 с помощью кисти; образец 10 с помощью оборачивания на различные продукты. В связи с этим образцы 3 и 5 поступают в фасовочно-упаковочный автомат для жидких продуктов (7), а образец 10 – в автоматический жидкостной дозатор (5). Далее по ленточному транспортеру (6) с помощью подносов их переносят в сушильный шкаф (9) и уже после этого хранят на стеллажах (8) или сразу упаковывают на производственном столе (10).

Расчеты по определению экономической эффективности представлены в таблице 20. Подробный расчет экономической эффективности приведен в Приложении Б.

Таблица 20 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатель	Ед. изм.	Значение в год
1	2	3
Годовая производственная мощность	т	225
Производственная программа выпуска продукции в емкостях по 5 л и 5 кг	шт.	45000
Себестоимость единицы продукции:		
- образец 3;	руб.	2073,60
- образец 5;		1800,60
- образец 10		1730,10
Оптовая цена единицы продукции		
- образец 3;	руб /кг	29,21
- образец 5;		27,77
- образец 10		27,40

Продолжение таблицы 20

1	2	3
Затраты на 1 рубль товарной продукции	руб.	0,27
Капитальные затраты	руб.	1688580
Численность промышленно-производственного персонала	чел.	6
Фонд оплаты труда	руб.	990000
Прибыль	руб.	5062746,00
Налог на прибыль	руб.	1012549,20
Чистая прибыль	руб.	4050196,80
Рентабельность	%	40,00
Фондоотдача	руб./руб.	3,75
Срок окупаемости	лет	0,42

Из таблицы 20 видно, что расчетный срок окупаемости составил 0,42 года при рентабельности вырабатываемой продукции 40 % и общем объеме выработки готового пленочного покрытия в год 225 т (по 75 т каждого образца 3, 5 и 10).

Заключение

В настоящее время во всем мире ведется поиск безопасных, технологических и дешевых упаковочных материалов для различных товаров и продуктов. Были проведены исследования по применению коммерческих пленочных покрытий в сельском хозяйстве, пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности. Применение и поиск новых биodeградируемых составляющих для покрытий значительно уменьшает не только экологическую опасность, но и позволяет увеличить срок хранения и повысить качество товаров и продуктов. В силу этого изобретение новых видов пищевых покрытий имеет важное научное и практическое значение.

Для создания пленочных покрытий использовали полисахариды различного происхождения (ксантан, карбоксиметилцеллюлозу, хитозан). В результате компонентой смеси получали различные по составу пленочные покрытия. Растворы пленочных покрытий представляли собой гель студнеобразный, однородный, прозрачный, который разливали на стеклянные подложки для застывания, и в зависимости от толщины наносимого слоя, получали покрытия или пленки.

Динамическую вязкость растворов 3 опытных образцов пленочных покрытий определяли с помощью ротационного вискозиметра. Как видно из рисунка 7, в процессе исследования было установлено, что вязкость растворов пленочных покрытий с разным содержанием ксантана составила в образце 3 – 1700 мПа·с, в образце 5 – 1210 мПа·с, а в образце 10 – 1640 мПа·с, при температуре 25 °С, что в целом коррелирует и с литературными данными.

Определение показателей прочности и растяжимости пленочных покрытий на основе полисахаридов проводили с помощью структурного анализатора. Как видно из рисунков 8, 9, прочность однослойных пленочных покрытий с разным содержанием ксантана составляют в образце 3 – 2,1 Па, в образце 5 – 3,28 Па, в образце 10 – 3,05 Па. Растяжимость в образце 3 – 10,83 мм, в образце 5 – 12,48 мм, в образце 10 – 17,12 мм. Кроме того, проведено

сравнение с 4-слойной пленкой «Фрекен БОК» с прочностью 3,12 Па и растяжимостью 12,48 мм, которая применяется для пищевого назначения.

Толщину пленочных покрытий определяли с помощью толщиномера. Результаты представлены на рисунке 10: толщина образца 3 составила 0,019 мм, образца 5 – 0,012 мм, образца 10 – 0,088 мм, толщина же пленки «Фрекен БОК» составила 0,04 мм.

Запатентованное пленочное покрытие в зависимости от состава и вязкости позволяет наносить его различными способами на продукцию питания (нанесение пленочного покрытия с помощью кисти, распыления и оборачивания вокруг продукта).

В зависимости от природы продукта нами были подобраны оптимальные способы нанесения для каждой группы продукции, произведен расчет расхода пленочного покрытия в зависимости от выбранного способа покрытия.

По результатам проведенного нами сенсорного анализа были составлены профилограммы. Как видно из представленных данных, образцы продуктов с нанесенным пленочным покрытием обладали лучшими органолептическими показателями.

Также было проанализировано изменение массы образцов в ходе хранения. Применение биопленочного покрытия позволило сократить потери массы продуктов при замораживании: шампиньонов на 6 %; груши на 14 %; картофеля на 37 %; булочки «Домашняя» и «Круассан из слоеного теста» на 2 %; свинины на 5 %, карпа на 6 %.

Из представленных данных видно, что биопленочное покрытие не позволяет развиваться микрофлоре, и тем самым увеличивает срок хранения ряда продуктов, например, шампиньонов с 12 до 18 месяцев, картофеля с 18 до 24 месяцев; булочки «Домашняя» и «Круассан из слоеного теста» с 48 часов до 72 часов; свинины с 48 часов до 120 часов, карпа с 24 часов до 48 часов.

Для подтверждения биodeградеability пленочных покрытий были проведены опыты по биоразложению в естественных условиях. В ходе эксперимента пленочные покрытия диаметром 10 см закапывали в модель торфяного грунта на 7 суток. В первый день отмечалось частичное разложение; на четвёртый день – частичное разложение с выраженными включениями; на седьмой день – полное разложение.

Определен экономический эффект от внедрения разработки при производстве 225 т продукции в год при уровне рентабельности 40 %.

Таким образом, нами было установлено, что разработанные пленочные покрытия, созданные на основе полисахаридов, по некоторым физическим свойствам сопоставимы и даже превосходят пищевую полиэтиленовую пленку, а также положительно влияют на продукты питания, т. е. являются конкурентоспособными и в перспективе их можно применять для хранения сельскохозяйственных продуктов. Кроме того, являются экологически безопасными.

Практические предложения

1. Для получения пленочного покрытия с заданными свойствами необходимо предварительно растворить ксантан и КМЦ в воде при температуре 60 °С.
2. Пленочное покрытие, приготовленное на основе полисахаридов – ксантана (0,60 %) и КМЦ (2,73 %) рекомендуется для распыления на любые мелкоштучные продукты и товары.
3. Пленочное покрытие, приготовленное на основе полисахаридов – ксантана (0,90 %) и КМЦ (2,05 %) рекомендуется для штучных продуктов и товаров с низким содержанием влаги.
4. Пленочное покрытие, приготовленное на основе полисахаридов – ксантана (1,61 %) и КМЦ (1,38 %) рекомендуется для оборачивания штучных продуктов и товаров.
5. Для применения в кондитерской и хлебобулочной промышленности рекомендуется наносить пленочные покрытия до и после выпечки изделий.

Перспективы дальнейших разработок пленочных покрытий

Настоящие исследования могут являться основой для создания «умных» упаковочных материалов для сельскохозяйственной продукции, за счет увеличения сроков хранения, улучшения и сохранения первоначальных свойств товаров, а также не наносящих вред окружающей среде.

Выводы

1. Разработан способ приготовления пленочных покрытий на основе полисахаридов (ксантан и КМЦ) в зависимости от способа нанесения на продукты питания. Для способа нанесения распылением – 0,60 и 2,73 %, кистью – 0,90 и 2,05 %, оборачивание вокруг продукта – 1,61 и 1,38 % соответственно.

2. Определены физико-химические и структурно-механические свойства пленочных покрытий на основе ксантана и КМЦ – 0,60 % 2,73 % динамическая вязкость составила – 1700 мПа·с, прочность – 2,1 Па, растяжимость – 10,83 мм, толщина – 0,019 мм; на основе ксантана и КМЦ – 0,90 и 2,05 % динамическая вязкость составила – 1210 мПа·с, прочность 3,28 Па, растяжимость – 12,48 мм, толщина – 0,012 мм; на основе ксантана и КМЦ 1,61 и 1,38 % динамическая вязкость составила – 1640 мПа·с, прочность – 3,05 Па, растяжимость – 17,12 мм, толщина – 0,088 мм.

3. Образцы продуктов с нанесенным пленочным покрытием обладали лучшими органолептическими показателями и способствовали сокращению потери массы продуктов при замораживании: шампиньонов на 6 %; груши на 14 %; картофеля на 37 %; булочки «Домашняя» и «Круассан из слоеного теста» на 2 %; свинины на 5 %, карпа на 6 %.

4. Применение пленочных покрытий пролонгирует сроки хранения: шампиньонов с 12 до 18 месяцев, картофеля с 18 до 24 месяцев, булочки «Домашняя» и «Круассан из слоеного теста» с 72 до 96 часов; свинины с 48 часов до 120 часов, карпа с 24 до 48 часов.

5. Пленочные покрытия способны полностью разлагаться в почве через 7 суток.

6. Экономический эффект от внедрения разработки при производстве 225 т продукции в год при уровне рентабельности 40 %.

Список сокращений и условных обозначений

- КМК – карбоксиметилкрахмал
КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза
ПА – полиамид
ПВХ – поливинилхлорид
ПП – полипропилен
ПС – полисахариды
ПЭ – полиэтилен
ЭПС – экзополисахариды
RTE – ready-to-eat

Список литературы

1. Бессмельцев, В.П. Автоматизированная система нанесения тонких полимерных пленок / В.А. Бессмельцев // Автометрия. – 2003 – Т. 39, № 2. – С. 48–56.
2. Биоразлагаемая упаковка в пищевой промышленности / Г.Х. Кудрякова, Л.С. Кузнецова, Е.Г. Шевченко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2006. – Вып.7. – С. 52-54.
3. Гегечкори, О.Н. Экономическое обоснование эффективности проектов в пищевой промышленности / О.Н. Гегечкори. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2009. – 33 с.
4. Гольдаде, В.А. Современные тенденции развития полимерной пленочной упаковки / В.А. Гольдаде // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 63–71.
5. ГОСТ Р 55465-2013. Грибы быстрозамороженные. Технические условия. – Введ. 2014–07–01. М: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
6. ГОСТ Р 56827-2015. Грибы шампиньоны свежие культивируемые. Технические условия. – Введ. 2016–07– 01. М: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
7. ГОСТ 5897-90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. – Введ. 1992–01– 01. М: Стандартинформ, 2012. – 8 с.
8. ГОСТ 7176-85. Картофель свежий продовольственный, заготавливаемый и поставляемый. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). – Введ. 1985–09– 01. М: Стандартинформ, 2010. – 6 с.
9. ГОСТ 7269-2015. Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести. – Введ. 2017–01– 01. М: Стандартинформ, 2016. – 13 с.
10. ГОСТ 31778-2012. Мясо. Разделка свинины на отрубы. Технические условия. – Введ. 2013–07– 01. М: Стандартинформ, 2014. – 17 с.

11. ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). – Введ. 1983–07– 01. М: Стандартинформ, 2007. – 23 с.
12. ГОСТ 28560-90. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*. – Введ. 1991–07–01. М: Стандартинформ, 2010. – 7 с.
13. ГОСТ 32031-2012. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*. – Введ. 2014–07– 01. М: Стандартинформ, 2014. – 29 с.
14. ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. – Введ. 2013–07– 01. М: Стандартинформ, 2014. – 25 с.
15. ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – Введ. 2013–07– 01. М: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
16. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Введ. 1996–01– 01. М: Стандартинформ, 2010. – 5 с.
17. ГОСТ 10444.2-94. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества *Staphylococcus aureus*. – Введ. 1996–01–01. М: Издательство стандартов, 2002. – 10 с.
18. ГОСТ 814-96. Рыба охлажденная. Технические условия. – Введ. 1997–07– 01. М: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
19. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. – Введ. 1998–01–01. М: Стандартинформ, 2010. – 32 с.
20. ГОСТ Р 57432-2017. Упаковка. Пленки из биоразлагаемого материала. Общие технические условия. – Введ. 2017–10– 01. М: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

21. ГОСТ 27519-87. Фрукты и овощи. Морфологическая и структуральная терминология. Часть 1. – Введ. 1988–06–01. М: Издательство стандартов, 1988. – 26 с.
22. ГОСТ 5667-65. Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий (с Изменениями N 1, 2, 3). – Введ. 1996–01–01. М: Стандартиформ, 2006. – 5 с.
23. Гринберг, Т.А. Бактериальные экзополисахариды и возможность их применения в пищевой промышленности / Т.А. Гринберг // Тезисы докладов VI съезда Всесоюзного микробиологического общества, 25 – 29 марта 1980. – Рига, 1980. – Т. 4. – С. 29.
24. Закирова, А.Ш. Влияние ферментативной обработки горохового крахмала на физико-механические свойства биопленок / А.Ш. Закирова, Т.Н. Манакова, А.В. Канарский // Вестник ВГУИТ. – 2013. – № 2. – С. 187-190.
25. Запатентованы способы получения съедобных пленок. – Режим доступа: <https://samgtu.ru/news/view/zapatentovany-sposoby-polucheniya-sedobnyx-plenok>.
26. Касьянов, Г.И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов / Г.И. Касьянов// Наука. Техника. Технологии. – 2015 – № 3. – С. 1–20.
27. Козлов, П.В. Химия и технология полимерных пленок/ П.В. Козлов, Г.И. Брагинский. – Москва: «Искусство», 1965. – С. 504–565.
28. Комаров, С.М. Мечты о съедобной упаковке / С.М. Комаров // Химия и жизнь. – 2014. – № 9. – С. 30–34.
29. Корж, А.П. Инновационные решения в области упаковки современных мясопродуктов. – Портал «Мясной эксперт». Режим доступа: <http://www.meatexpert.ru/forums/topic/8289-innovatcionnye-resheniia-v-oblastiupakovki-sovr>.

30. Кряжев, В.Н. Последние достижения химии и технологии производных крахмала / В.Н. Кряжев, В.В. Романов, В.А. Широков // Химия растительного сырья. – 2010. – № 1. – С. 5–12.
31. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
32. Липатов, Ю.С. Коллоидная химия полимеров / Ю.А. Липатов. – Киев: Наукова думка, 1984. – 344 с.
33. Ловкис, З.В. Качество и безопасность пищевых продуктов / З.В. Ловкис, И.М. Почицкая – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 398 с.
34. Любешкина, Е. Упаковка с дополнительными функциями / Е. Любешкина // Пакет. – М.: Изд-во «Курсив». 2000. – Вып.4 (5). – Режим доступа: <http://www.kursiv.ru/paket/archive/05/specia13.html>.
35. Матвеевко, В.Н. Вязкость и структура дисперсных систем / В.Н. Матвеевко, Е.А. Кирсанов // Вестник Московского Университета. Серия 2. Химия – 2011. – Т. 52, № 4. – С. 243 – 278.
36. Основные способы производства полимерных пленок. – Режим доступа: <http://plenka-mos.ru/osnovnyye-sposoby-proizvodstva-polimernykh-plenok.html>.
37. Пат. 2458077 Российская Федерация, МПК С08J 5/18. Биоразлагаемая пленка на основе пектина и хитозана / О.О. Перфильева; патентообладатель Перфильева Ольга Олеговна. – № 2010151358/05; заявл. 14.12.2010; опубл. 10.08.2012, №. 22. – 8 с.
38. Пат. 2662008 Российская Федерация, МПК С08L 5/00. Биоразлагаемое пищевое пленочное покрытие / К.Е. Белоглазова, А.А. Ульянин, А.Д. Горневская [и др.]; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – № 2017142702; заявл. 12.07.2017; опубл. 23.07.2018, Бюл. № 21. – 8 с.

39. Пат.2436402 Российская Федерация, МПК А23И 7/16. Защитная среда для хранения очищенных овощей / Е. Н. Бухарова, В. Ф. Кащенко, Г. Е. Рысмухамбетова; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – № 2010116939/13; заявл. 28.04.2010; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35. – 8 с.
40. Пат. 2532180 Российская Федерация, МПК С08L 5/00. Пищевое пленочное покрытие / М.Н. Денисова, С.Г. Жук, Е.Н. Бухарова [и др.]; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – № 2013134600/05; заявл. 23.07.2013; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30. – 8 с.
41. Пат. 2655740 Российская Федерация, МПК А23Р 20/10. Съедобная пищевая пленка / Н.В. Долганова, О.С. Якубова, О.Д. Сергазиева; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет» ФГБОУ ВО «АГТУ». – № 2016146873; заявл. 29.11.2016; опубл. 29.05. 2018, Бюл. № 16. – 7 с.
42. Пищевая пленка: свойства, виды, применение. – Режим доступа: <https://oplenke.ru/pishhevaya-plenka/>.
43. Пищевая пленка: характеристика и особенности. – Режим доступа: http://www.sibtape.ru/article/2007/07june_2.html.
44. Полисахарид ксантан: свойства и потенциал применения. – Режим доступа: <http://www.newchemistry.ru/blog.php>.
45. Разработка состава съедобных пленок в производстве безопасных мясных продуктов/ О.А. Шалимова, И.Ф. Горлов, А.А. Емельянов [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 12. – С. 128-129.

46. Рециклинг и утилизация тары и упаковки/ А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.К. Скуратов [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 112 с.
47. Савицкая, Т.А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор) / Т.А. Савицкая // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 6-36.
48. Савицкая, Т.А. Съедобные пленки и покрытия: помощь человека окружающей среде или новый продукт питания / Т.А. Савицкая, Е.А. Готина, Хуо По // Биология и химия. – 2014. – № 6. – С. 3-9.
49. СанПиН 2.3.2.1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов.
50. Способы производства полимерных пленок. – Режим доступа: <https://www.unipack.ru/pdf/films.pdf>.
51. Системы обеспечения качества и безопасности пищи. – учебное руководство по пищевой гигиене и системе критических контрольных точек при анализе опасного фактора. – продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО). – Рим, 2003. – 227 с.
52. Съедобная упаковка для биотехнологии мясных и молочных продуктов питания / Л.С. Кузнецова, Г.Х. Кудрякова, М.Н. Нагула [и др.] // Биотехнология. Вода и пищевые продукты: Материалы международной научно-практической конференции, 3 – 5 июня 2008. – М., 2008. – С. 110.
53. Съедобная упаковка: состояние и перспективы / Г.Х. Кудрякова, Л.С. Кузнецова, М.Н. Нагула [и др.] // Упаковка и логистика. – 2007. – № 6. – С.24–25.
54. Съедобная упаковка: Newchemistry.ru – Новые химические технологии. – аналитический портал химической промышленности. – Режим доступа http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=1646.

55. Технологическая новинка – «умные» упаковки. Наука и техника. Информационное агентство «Комментатор», 2007. – Режим доступа: <http://www.kommentator.ru/tech/2007/t0813-1.html>.
56. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013).
57. Albert, S. Comparative evaluation of edible coating to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product/S.Albert, G.S.Mittal // Food Research International. – 2002. – N 35. – P. 445–448.
58. Antimicrobial and antioxidant activities of carboxymethylcellulose edible films incorporated with rosemary extracts on fresh beef during refrigerated storage / Q. Liu, J. Han, Y. Zhang [et al.] // Advanced Materials Research. – 2012. – P. 554–556.
59. Antimicrobial Edible films and Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables (A Review) / S. Valencia-Chamorro, L. Palou, M. Del Rio [et al.] // Critical Reviews in Food and Science Nutrition. – 2011 – Vol. 51, N 9. – P. 872–900.
60. Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit-cereal products / P. Talens Pau, R. Perez-Masia, M. Bueso Fabra [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2012. – Vol. 112, N 1–2. – P. 86–93.
61. Bhattacharya, T. Techniques of preparing edible protein films (a review) / T. Bhattacharya // Assian Journal of Science and Technology. – 2013. – Vol. 1, Is.07. – P. 415–448.
62. Biquet, B. Relative diffusivities of water in model intermediate moisture foods/ B. Biquet, S. Guilbert // LWT – Food Science and Technology. – 1986. – Vol. 19. – P. 208– 214.
63. Bourtoom, T. Edible films and coatings: characteristics and properties / T. Bourtoom// International Food Research Journal. – 2008. – Vol. 15, Is. 3 – P. 1–12.
64. Brazilian Fast-Food Chain Cuts Waste By Serving Up Burgers Wrapped In Edible Paper // Inhabit [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access:

<http://inhabitat.com/brazilian-fast-food-chain-cuts-waste-by-serving-up-burgers-wrapped-in-edible-paper>.

65. Characterization and antimicrobial properties of water chestnut starch-chitosan edible films / J. Mei, Y. Yuan, Q. Guo [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2013. – N 61. – P. 169–174.
66. Combinational Edible Antimicrobial Films and Coatings / R. M. Raybaudi-Massilia, J. Mosqueda-Melgar, R. Soliva-Fortuny [et al.] // *Antimicrobial Food Packaging* / ed. J. Barros–Velázquez. – Academic Press, 2016. – C. 52 – P. 633–646.
67. Danganan, K. Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings / K. Danganan, P.X. Qi, P.M. Tomasula // *Edible Films and Coatings for Food Applications* / ed. M.E. Embuscado, K.C. Huber. – New-York: Springer, 2009. – Ch. 2. – P. 25–52.
68. Drinking Coffee Just Got Sweeter with Lavazza’s Edible Cookie Cup // *The cultureist* [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://www.thecultureist.com/2012/09/19/lavazza-ediblecoffee-cup-cookie/>.
69. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries / K.D. Vu, R.G. Hollingsworth, E. Leroux [et al.] // *Food Research International*. – 2011. – Vol. 44, Is. 1. – P. 197–203.
70. Development of edible coatings for fresh fruits and vegetables: possibilities and limitations/ M. Vargas, C. Pastor, A. Albors [et al.] // *Fresh Produce*. – 2008. – Vol.2, Is.2. – P. 32–40.
71. Development of naturally activated edible films with antioxidant properties prepared from red seaweed *Porphyra columbina* biopolymers / R.E. Cian, P.R. Salgado, S.R. Drago [et al.] // *Food Chemistry*. – 2014. – Vol. 146. – P. 6–14.
72. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use / V. Falguera, A. Jimenez, J.P. Quintero Ceron [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 22, Is. 6. – P. 292–303.

73. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature / M. Ghasemnezhad, S. Zareh, M. Rassa [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2013. – Vol. 93, N 2. – P. 368–374.
74. Effect of chitosan coatings on postharvest green asparagus quality / M. Qiu, G. Ren, H. Jiang [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – Vol. 92, N 2. – P. 2027–2032.
75. Effect of osmotic dehydration and pectin edible coatings on quality and shelf life of fresh-cut melon / C.C. Ferrari, C.I.G.L. Sarantopoulos, S.M. Carmello-Guerreiro [et al.] // *Food and Bioprocess Technology*. – 2013. – Vol. 6, N 1. – P. 80–91.
76. Functional Properties of Edible Agar-Based and Starch-Based Films for Food Quality Preservation / D. Phan, D. Luu, A. Voilley [et al.] // *Journal of Agriculture and Food Chemistry* – 2005. – V.53, N 4. – P. 973–981.
77. Green, H. Analysis of Thixotropy of Pigment-Vehicle Suspensions – Basic Principles of the Hysteresis Loop / H. Green, R. Weltmann // *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition* – 1943. – V. 15, N 3. – P. 201–206.
78. Han, J.H. Edible films and coating: a review / J.H. Han // *Innovations in Food Packaging* / Ed. J.H. Han. – Academic Press, 2014. – Ch. 3 – P. 214–257.
79. *Hydrocolloids in Food Processing* / Ed. Laaman T. – Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2010. – 360 p.
80. Influence of composition of edible films based on gellan polymers on L-(+)-ascorbic acid stability / P.G. Leon, M.E. Lamanna, L.N. Gerschenson [et al.] // *Food Research International*. – 2008. – Vol. 41. – P. 667–675.
81. Janjarasskul, T. *Edible Packaging Materials* / T. Janjarasskul, J.M. Krochta // *Annual Review of Food Science and Technology*. – 2010. – Vol. 1 – P. 415–448.

82. KELCOGEL® Gellan Gum// CPKelco [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access:<http://www.cpkelco.com/marketsserved/household>.
83. Kerry J.P. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review / J.P.Kerry, M.N. O’Grady, S.A.Hogan // *Meat Science*. – Vol.74, Is.1, September 2006, – P.113-130.
84. Kester, J.J. Edible Films and Coatings: A Review / J.J.Kester // *Food Technologies*. – 1986. – Vol. 40, N1. – P.47-59.
85. Kontominas, M. Bioactive Food Packaging / M. Kontominas. – DEStech Publications, Inc., 2015, – P. 381–385.
86. Krochta, J.M. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality / J. M. Krochta, E.A. Baldwin, M. O. Nisperos-Carriedo. – 2011, 2nd ed. – Boca Raton: CRS Press. – 460 p.
87. Layer-by-layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: anticipated and unexpected effects of alginate-chitosan combination / E. Poverenov, S. Danino, B. Horev [et al.] // *Food Bioprocess Technol.* – 2014. – Vol. 7. – P. 1424–1432.
88. Melvin, A. The Application of edible polymeric films and coatings in the food industry / A. Melvin, S. Lin // *Journal of Food Processing & Technology*. – 2013. – Vol. 4. – P. 115–116.
89. Menzel, C. Starch structures and their usefulness in the production of packaging materials/ Swedish University of Agricultural Sciences, 2014. – 57 p.
90. Monteiro, H. Edible coatings / H. Monteiro, C. Azeredo // *Advances in Fruit Processing Technologies*. Ed. by S. Rodrigues, F. Fernandes. – Boca-Raton: CRC Press, 2012. – P. 345–356.
91. Motalebi, A.A. Effects of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common Kilka (*Clupeonellia delitula*) / A.A. Motalebi, M. Seyfzadeh // *Iranian Journal Of Fisheries Sciences*. – 2012. – Vol. 11, N 1. – P. 132–144.

92. Nishinari, K. Food Hydrocolloids: Structures, Properties and Functions/ ed. K. Nishinari, E. Doi. – New-York: Springer US, 1993. –510 p.
93. Pareta, R. A novel method for the preparation of starch films and coatings / R. Pareta, M. J. Edirisinghe // Carbohydrate Polymers – 2006. – Vol.63, N 3. – P. 425–431.
94. Park, S.Y. Characteristics of Different Molecular Weight Chitosan Films Affected by the Type of Organic Solvents / S.Y. Park, K.S. Marsh, J.W. Rhim // Journal of Food Science – 2002. – Vol. 67, N 1. – P. 194–197.
95. Patent US 5919574 A. Priority date 29. 12.1995. Publication date 06.07.1999. The United States Of America, As Represented By The Secretary Of Agriculture. Biodegradable laminated films fabricated from pectin and chitosan.
96. Pavlath, A.E. Edible films and coatings: why, what, and how?/ A.E. Pavlath, W. Orts // Edible Films and Coatings for Food Applications / ed. M.E. Embuscado, K.C. Huber. – New-York: Springer, 2009. – Ch. 1. – P. 1–23.
97. Phase diagram of the system sodium alginate/water: A model for biofilms / W. Borchard, A. Kenning, A. Kapp [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules – 2005. – V. 35, N 5. – P. 247–256.
98. Phillips, G.O. Handbook of Hydrocolloids / G.O. Phillips, J.A. Williams. – 2-nd Edition. – Boston: CRC Press, 2009. – 948 p.
99. Preparation and Properties of dialdehyde carboxymethylcellulose crosslinked gelatine edible films / C. Mu, J. Guo, X. Li [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2012. – Vol. 27, N 1. – P. 22–27.
100. Preparation of a cotton seed meal protein/nanoclay composite film containing carvacrol and its effect on the growth of Escherichia coli O157:H7 inoculated on bacon during storage / W.S. Jo, H.Y. Song, N. Song [et al.] // Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. – 2012. – Vol. 55, N 5. – P. 651–656.
101. Preparation of ibuprofen-loaded chitosan films for oral mucosal drugdelivery using supercritical solution impregnation / C. Tang, Y.X.

- Guan, S.J. Yao [et al.] // International Journal of Pharmaceutics. – 2014. – Vol. 473. – P. 434–441.
102. Properties of lysozyme/*Arthrospira platensis* (Spirulina) protein complexes for antimicrobial edible food packaging / B. Sonda, P. Degraeve, H. Attia [et al.] // Algal Research. – 2016. – Vol. 15. – P. 43–49.
103. Rahman, M.S. Handbook of Food Preservation. 2nd. Ed M. S. Rahman. – Boca Raton: CRC Press, 2007. – 524 p.
104. Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation: European Standard NF EN 13432. – Введ. 01.02.2000. – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2000. – 28 с.
105. Rossman, J. Commercial Manufacture of Edible films / J. Rossman // Innovations in Food Packaging. Ed. J.H. Han. – Academic Press, 2014 – Ch. 13. – P. 367–391.
106. Shen, Z. Development and characterization of biodegradable chitosan films containing two essential oils / Z. Shen, D.P. Kamdem // International Journal of Biological Macromolecules. – 2015. – Vol. 74. – P. 289–296.
107. Standard Test Method for Determining the Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials in the Presence of Municipal Sewage Sludge: American Standard Testing Method International D 5210-07. – Введ. 01.02.2007. – American National Standards Institute, 2007. – 5 с.
108. Standard Test Method for Determining Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials Under High-Solids Anaerobic-Digestion Conditions: American Standard Testing Method International D 5511-12. – Введ. 01.02.2012. – American National Standards Institute, 2012. – 7 с.
109. Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis: American Standard Testing Method International D 6866-12. – Введ. 01.02.2012. – American National Standards Institute, 2012. – 14 с.
110. Stanley, N. F. Food polysaccharides and their applications / Stephen A. M.; Ed.: New York, 1995. – P. 456.

111. Tara McHugh // Food Technical Source [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <http://www.foodtechsource.com/emag/015/trend.htm>.
112. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch / M. Miles, V. Morris, P. Orford [et al.] // Carbohydrate Research – 1985. – Vol. 135, N 2. – P. 271–281.
113. U.S. Patent 90 944 Improved process for preserving meat, fowls, fish etc./ C. Havard, M.X.Harmony// Опубли.1869 г.
114. Wang, X. Effect of edible coatings on physiology and quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*) / X. Wang, C. Yan // Trans. Chinese Soc. Agric. Mach. – 2012. –Vol. 43, N 1. – P. 141–145.
115. Wawro, D. Forming Conditions and Mechanical Properties of Potato Starch Films. / D. Wawro, J. Kazimierczak // FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe – 2008. – Vol. 16, N 6. – P. 106-112.
116. WikiPearl // WikiFoods [Electronic resource]. – 2014. –Mode of access: <http://www.wikipearl.com>.
117. Zeng, R. Effects of carboxymethylcellulose coating enriched with bacteriostatic preparation on cold preservation of Nanfeng mandarin / R. Zeng, A. Zhang, J. Chen // Trans. Chinese Soc. Agric. Eng. – 2012. – Vol. 28, N 12. – P. 281–287.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Органолептические показатели опытных и контрольных образцов карпа
в течение 6 суток хранения

Наименование показателя	Характеристика	
	Опытные образцы карпа	Контрольные образцы карпа
1	2	3
Срок хранения 24 часа (1 сутки)		
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски, глянцевая из-за нанесения пленочного покрытия. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений
Консистенция	Плотная, упругая	Плотная, упругая
Запах	Свойственный свежем карпу, без посторонних признаков	Свойственный свежем карпу, без посторонних признаков
Срок хранения 48 часов (2 суток)		
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, появилась подсохшая корочка, характерная для пленки матовая поверхность. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений
Консистенция	Плотная, упругая	Плотная, упругая
Запах	Свойственный свежем карпу, без посторонних признаков	Свойственный свежем карпу, без посторонних признаков
Срок хранения 72 часа (3 суток)		
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, появилась подсохшая корочка, характерная для пленки матовая поверхность. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры темно-красного цвета. Рыба без наружных повреждений
Консистенция	Плотная, упругая	Менее плотная, неупругая
Запах	Свойственный свежем карпу, без посторонних признаков	Свойственный свежем карпу, с незначительными посторонними признаками
Срок хранения 96 часов (4 суток)		
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, с подсохшей корочкой. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры темного цвета. Рыба без наружных повреждений
Консистенция	Плотная, упругая	Неплотная, неупругая
Запах	Свойственный свежем карпу, без посторонних признаков	Несвойственная свежем карпу

Продолжение приложения А

1	2	3
Срок хранения 120 часов (5 суток)		
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, с подсохшей корочкой. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Жабры темного цвета. Рыба без наружных повреждений
Консистенция	Плотная, упругая	Неплотная, неупругая
Запах	Свойственный свежем карпу, с незначительными посторонними признаками.	Несвойственная свежем карпу, с признаками порчи
Срок хранения 144 часа (6 суток)		
Внешний вид	Поверхность рыбы чистая, с подсохшей корочкой. Жабры розового цвета. Рыба без наружных повреждений	Поверхность рыбы слизистая, неестественной окраски. Жабры темного цвета. Рыба без наружных повреждений
Консистенция	Плотная, упругая	Неплотная, неупругая
Запах	Свойственный свежем карпу, с незначительными посторонними признаками	Несвойственная свежем карпу, с явными признаками порчи

Оценка экономической эффективности технологии

Численность рабочих определяется на основе прогрессивных норм затрат труда, а фонд заработной платы – на основе действующей системы оплаты труда в соответствующей отрасли. Численность руководителей, специалистов, служащих, фонд их заработной платы устанавливаются штатным расписанием в зависимости от годового объема производства. Для определения среднесписочного числа рабочих необходимо рассчитать плановый годовой фонд рабочего времени одного рабочего (таблица 1).

Таблица 1 – Годовой фонд рабочего времени одного работника

Показатель	Значение
Календарный фонд рабочего времени, дни	365
Выходные и праздники, дни	115
Номинальный фонд рабочего времени, дни	250
Продолжительность рабочего дня, ч	8
Среднее число смен в месяце, дни	23
Годовой полезный фонд рабочего времени одного работника, ч	2000

Годовой фонд заработной платы промышленно-производственного персонала приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет годового фонда заработной платы

Категории работников	Численность работников, чел.	Должностной оклад, руб.	Премия (25%), руб.	Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.	Годовой фонд заработной платы, руб
Технолог	1	20000	5000	25000	300000
Оператор машин	1	12000	3000	15000	180000
Рабочий на линии	2	12000	3000	15000	360000
Фасовщик	1	10000	2500	12500	150000
Уборщик	1	8000	2000	10000	120000
Итого	6				990000

Режим работы предприятия по выпуску пленочного покрытия приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Режим работы предприятия

Продукт	Количество рабочих дней в году	Количество смен в сутки	Продолжительность смен, ч	Выработка продуктов		
				Смена, т	Сутки, т	Год, т
Плёночное покрытие образец 3	250	1	2,6	0,3	0,3	75
Плёночное покрытие образец 5	250	1	2,6	0,3	0,3	75
Плёночное покрытие образец 10	250	1	2,8	0,3	0,3	75
Итого				0,9	0,9	225

Расчет производственной программы

Производственная мощность линии за год ($M_{\text{год}}, \text{т}$):

$$M_{\text{год}, \text{т}} = V_{\text{см}} \cdot T_{\text{г}} \cdot n = 0,9 \cdot 250 \cdot 1 = 225 \text{ т}$$

где $T_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы технологической линии, рабочих дней в году; $V_{\text{см}}$ – производственное задание на заключительных рабочих местах потока, т/смену; n – число смен в сутки.

Проектируемый годовой выпуск продукции в натуральном выражении на линии ($V_{\text{год}}, \text{т}$):

$$V_{\text{проект}}^{\text{см}} = V_{\text{см}} \cdot K = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72 \text{ т};$$

$$V_{\text{год}} = V_{\text{проект}}^{\text{см}} \cdot T_{\text{г}} \cdot n = 0,72 \cdot 250 \cdot 1 = 180 \text{ т},$$

где K – коэффициент загрузки основного оборудования (принимается равным 80 %).

Коэффициент использования производственной мощности линии ($K_{\text{исп}}$):

Сменная производственная мощность ($M_{\text{см}}, \text{т}$):

Продолжение приложения Б

где P_n – паспортная производительность ведущего оборудования, кг/ч;
 K – количество единиц ведущего оборудования; $T_{см}$ – установленная
 длительность смен, ч; $K_{исп}$ – коэффициент использования данного вида
 оборудования.

Суточная производственная мощность ($M_{сут}$, т):

$$M_{сут} = n \cdot M_{см} = 1 \cdot 2,56 = 2,56 \text{ т.}$$

Годовая производственная мощность (M_g , т):

$$M_g = M_{сут} \cdot T_{сут} = 2,56 \cdot 250 = 640 \text{ т,}$$

где $T_{сут}$ – количество смен в году.

Расчет капитальных затрат

Капитальные вложения на приобретение машин, оборудования,
 инвентаря, на их транспортировку и монтаж представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость устанавливаемого оборудования

№ п/п	Наименование	Количество единиц	Стоимость единицы оборудования, руб.	Общая стоимость, руб.	Мощность, кВт
1	Автоматический весовой дозатор	3	80000	240000	1,00
2	Дистиллятор	1	13000	13000	1,80
3	Комби-котел	1	224000	224000	16,75
4	Сушильный шкаф	1	250000	250000	8,40
5	Фасовочно-упаковочный автомат для жидких продуктов	1	314000	314000	2,70
6	Автоматический жидкостной дозатор	1	240000	240000	2,00
7	Ленточный транспортер	1	150000	150000	1,50
	Итого			1431000	36,15

Расходы на транспортировку оборудования ($Q_{тр}$, руб)

$$Q_{тр} = Q_{об} \cdot 0,05 = 1431000 \cdot 0,05 = 71550 \text{ руб,}$$

где $Q_{об}$ – общая стоимость оборудования.

Расходы на монтаж ($Q_{монт}$, руб):

$$Q_{монт} = Q_{об} \cdot 0,1 = 1431000 \cdot 0,1 = 143100 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления ($Q_{ам}$, руб):

$$Q_{ам} = Q_{об} \cdot 0,03 = 1431000 \cdot 0,03 = 42930 \text{ руб.}$$

Первоначальные капитальные затраты:

$$Q_{кап} = Q_{об} + Q_{тр} + Q_{монт} + Q_{ам} = 1431000 + 71550 + 143100 + 42930 = 1688580 \text{ руб.}$$

Текущие издержки производства

Для исчисления себестоимости отдельных видов продукции затраты предприятия группируются и учитываются по статьям калькуляции. Основными положениями по учету и калькулированию себестоимости продукции установлена типовая группировка затрат по статьям калькуляции.

Расходы на сырье и материалы определяются по таблицам 5, 6, 7.

Стоимость сырья и материалов, используемых в производстве (C_i , руб):

$$C_i = \sum c_j \cdot H_{ij}$$

где C_j – стоимость единицы i -го ресурса, руб; H_{ij} – норма расхода j -го ресурса на единицу i -го ресурса, руб.

Таблица 5 – Расчет себестоимости 0,3 т готового пленочного покрытия образец 3

Наименование сырья и материалов	Ед. из.	Цена за 1 кг, руб.	Расход сырья на 0,3 т готового пленочного покрытия	Стоимость сырья, руб.
Ксантан	кг	150	1,80	270,00
КМЦ		200	8,19	1638,00
Лецитин		46	3,60	165,60
Итого				2073,60

Таблица 6 – Расчет себестоимости 0,3 т готового пленочного покрытия образец 5

Наименование сырья и материалов	Ед. из.	Цена за 1 кг, руб.	Расход сырья на 0,3 т готового пленочного покрытия	Стоимость сырья, руб.
Ксантан	кг	150	2,70	405,00
КМЦ		200	6,15	1230,00
Лецитин		46	3,60	165,60
Итого				1800,60

Таблица 7 – Расчет себестоимости 0,3 т готового пленочного покрытия образец 10

Наименование сырья и материалов	Ед. из.	Цена за 1 кг, руб.	Расход сырья на 0,3 т готового пленочного покрытия	Стоимость сырья, руб.
Ксантан	кг	150	4,83	724,50
КМЦ		200	4,14	828,00
Лецитин		46	3,60	165,60
Глицерин		40	0,30	12,00
Итого				1730,10

Вода и энергия на технологические цели:

Стоимость 1кВт·ч электроэнергии = 7,74 руб. Потребное количество электроэнергии для производства 0,9 т продукции составляет 231,36кВт·ч.

$$C_{эл} = 231,36 \cdot 7,74 = 1790,73 \text{руб/т.}$$

Продолжение приложения Б

Стоимость 1 м³ воды на технологические нужды = 25,11руб.
 Потребное количество воды: для производства 0,3 т образца 5 необходимо 286,41 л; образца 7 – 287,55 л; образца 9 – 287,13 л. В общей сумме потребление воды для создания пленочных покрытий составляет 861,09 л – 0,861 м³. На промывку оборудования и технические нужды необходимо 4,99 м³. Итого общее количество водопотребления составляет 5,85 м³.

$$C_b = 5,85 \cdot 25,11 = 146,89 \text{ руб.}$$

Заработная плата на единицу продукции (з, руб):

$$z = \frac{Z_{\text{осн}}}{V_{\text{год}}} = \frac{990000}{180} = 5500 \text{ руб. за день}$$

Отчисления на социальные нужды (Z_{страх}, руб):

$$Z_{\text{страх}} = Z_{\text{осн}} / 365 \cdot 0,301 = 990000 / 365 \cdot 0,301 = 816,41 \text{ руб.}$$

Расходы на подготовку и освоения производства (C_{под}, руб) включают пусковые расходы:

$$C_{\text{под}} = z_{\text{осн}} / 365 \cdot 0,1 = 990000 / 365 \cdot 0,1 = 271,23 \text{ руб.}$$

Транспортные расходы (C_т, руб.):

$$C_t = z \cdot 0,01 = 5500 \cdot 0,01 = 55 \text{ руб.}$$

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования (C_{э.об.}, руб):

$$C_{\text{э.об.}} = z \cdot 0,05 = 5500 \cdot 0,05 = 275 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные расходы (освещение и отопление цеха, содержание административного аппарата, цеха и прочее, амортизация):

$$C_{\text{цех}} = z \cdot 0,2 = 5500 \cdot 0,2 = 1100 \text{ руб.}$$

Общехозяйственные расходы:

$$C_{\text{общ}} = 3 \cdot 0,05 = 5500 \cdot 0,05 = 275 \text{ руб.}$$

Амортизация на единицу продукции (Q , руб):

$$Q = \frac{Q_{\text{ам}}}{V_{\text{год}}} = \frac{42930}{180} = 238,50 \text{ руб.}$$

Затраты на общие технологические цели производства 0,9 т готовых пленочных покрытий определяются из выражения

$$C_{\text{об}} = C_{\text{эл}} + C_{\text{в}} + 3 + 3_{\text{страх}} + C_{\text{под}} + C_{\text{т}} + C_{\text{э.об.}} + C_{\text{цех}} + C_{\text{общ}} + Q$$

$$C_{\text{об}} = 1790,73 + 146,89 + 5500 + 816,41 + 271,23 + 55 + 275 + 1100 + 275 + 238,50 = 10468,76 \text{ руб.}$$

Следовательно, на 0,3 т готового пленочного покрытия усредненно составляет 3489,59 руб.

Производственная себестоимость 0,3 т продукции:

$$C_{\text{пр}} = C_i + C_{\text{об}}$$

Производственная себестоимость 0,3 т готового пленочного покрытия:

$$C_{\text{пр1}} = 2073,60 + 3489,59 = 5563,19 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр2}} = 1800,60 + 3489,59 = 5290,19 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр3}} = 1730,10 + 3489,59 = 5219,69 \text{ руб.}$$

Внепроизводственные расходы ($C_{\text{вн}}$, руб):

$$C_{\text{вн}} = C_{\text{пр}} \cdot 0,05$$

При производстве готового пленочного покрытия образца 3:

$$C_{\text{вн1}} = 5563,19 \cdot 0,05 = 278,16 \text{ руб.}$$

При производстве готового пленочного покрытия образца 5:

$$C_{\text{вн}2} = 5290,19 \cdot 0,05 = 264,51 \text{ руб.}$$

При производстве готового пленочного покрытия образца 10:

$$C_{\text{вн}3} = 5219,69 \cdot 0,05 = 260,98 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость 0,3 т продукции:

$$C = C_{\text{пр}} + C_{\text{вн}}$$

Полная себестоимость готового пленочного покрытия образца 3:

$$C_1 = 5563,19 + 278,16 = 5841,35 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость готового пленочного покрытия образца 5:

$$C_2 = 5290,19 + 264,51 = 5554,70 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость готового пленочного покрытия образца 10:

$$C_3 = 5219,69 + 260,98 = 5480,67 \text{ руб.}$$

Цена проектируемой продукции:

$$C_{\text{проект}} = C + (C \cdot \Delta\Pi)$$

где $\Delta\Pi$ – плановый коэффициент прибыли (50%):

0,3 т готового пленочного покрытия образца 3:

$$C_{\text{проект } 1} = 5841,35 + 2920,68 = 8762,03 \text{ руб.};$$

1 бут. (5 л) готового пленочного покрытия образца 3:

$$\text{Стоимость 1 кг образца 3} = \frac{8762,03}{300} = 29,21 \text{ руб/кг}$$

0,3 т готового пленочного покрытия образца 5:

$$C_{\text{проект } 2} = 5554,70 + 2777,35 = 8332,05 \text{ руб.};$$

1 бут. (5 л) готового пленочного покрытия образца 5:

$$\text{Стоимость 1 кг образца 5} = \frac{8332,05}{300} = 27,77 \text{ руб/кг}$$

0,3 т готового пленочного покрытия образца 10:

$$Ц_{\text{проект 3}} = 5480,67 + 2740,34 = 8221,01 \text{ руб};$$

1 кг готового пленочного покрытия образца 10:

$$\text{Стоимость 1 кг образца 10} = \frac{8221,01}{300} = 27,40 \text{ руб/кг}$$

Объем производства (рассчитывается в стоимости выражения):

$$ТП = V_{\text{год}} \cdot Ц_{\text{пр}}$$

где $Ц_{\text{пр}}$ – средняя единица изделия, руб; $V_{\text{год}}$ – годовой выпуск продукции в натуральном выражении.

Поскольку в год выпускается 75 т (15000 бут.) готового пленочного покрытия образца 3; 75 т (15000 бут.) готового пленочного покрытия образца 5 и 75 т (15000 кг) готового пленочного покрытия образца 10, готовый выпуск продукции в натуральном выражении составит:

$$\begin{aligned} ТП &= 15000 \cdot (5 \cdot 29,21) + 15000 \cdot (5 \cdot 27,77) + 15000 \cdot (5 \cdot 27,40) = \\ &= 2190750 + 2082750 + 2055000 = 6328500 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Расчет прибыли и рентабельности

К показателям экономической эффективности относятся абсолютные и относительные показатели, характеризующие увеличение, прибыли при внедрении проектного решения.

Полная себестоимость готовой продукции ($C_{\text{ТП}}$, руб) – годовые затраты на производства продукта:

$$C_{\text{ТП}} = C \cdot V_{\text{год}} = 5841,35 \cdot 75 + 5554,70 \cdot 75 + 5480,67 \cdot 75 = 438101,25 + 416602,50 + 411050,25 = 1265754,00 \text{ руб,}$$

где C – себестоимость продукции по калькуляции.

Расчет прибыли:

$$\Pi_{\text{ТП}} = \text{ТП} - C_{\text{ТП}} = 6328500 - 1265754,00 = 5062746,00 \text{ руб.}$$

Налог на прибыль:

$$H_{\text{П}} = 0,20 \cdot \Pi_{\text{ТП}} = 0,20 \cdot 5062746,00 = 1012549,20 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль за год:

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi_{\text{ТП}} - H_{\text{П}} = 5062746,00 - 1012549,20 = 4050196,80 \text{ руб.}$$

Расчет рентабельности:

$$P = \frac{\Pi_{\text{ТП}}}{C_{\text{ТП}}} \cdot 100 = \frac{5062746,00}{1265754,00} \cdot 100 = 40 \%$$

Расчет экономического эффекта за срок службы оборудования ($\mathcal{E}_{\text{сл}}$, руб):

$$\mathcal{E}_{\text{сл}} = \frac{\text{ТП} - C_{\text{ТП}}}{K_{\text{П}} + E_{\text{Н}}} = \frac{6328500 - 1265754,00}{1 + 0,1} = 4602496,36 \text{ руб,}$$

где $K_{\text{П}}$ – норма реновации основных фондов при использовании продукции.

Срок окупаемости капитальных вложений ($T_{\text{ок}}$, года):

$$T_{\text{ок}} = \frac{Q_{\text{кап}}}{\Pi_{\text{ч}}} = \frac{1688580}{4050196,80} = 0,42 \text{ года}$$

Таблица 9 – Экономическая эффективность производства

№ п/п	Показатель	Ед.изм.	Значение в год	
1	Мощность	т	225	
2	Производственная себестоимость	руб	5563,19	
	- образец 3			5290,19
	- образец 5			5219,69
3	Полная себестоимость	руб	5841,35	
	- образец 3			5554,70
	- образец 5			5480,67
4	Прибыль производства	руб	5062746,00	
5	Рентабельность	%	40,00	
6	Срок окупаемости	год	0,42	

Показатели эффективности использования основных фондов

Фондоотдача (Φ_o) характеризует выпуск продукции в денежном выражении на один рубль основных фондов, руб/руб, т. е. показывает насколько эффективно использование последних:

$$\Phi_o = \frac{P_{\text{п}}}{\text{ОФ}} = \frac{6328500}{1688580} = 3,75 \text{ руб/руб},$$

где $P_{\text{п}}$ = ТП – объем производства (реализации) продукции или услуг, руб;

$\text{ОФ} = Q_{\text{кап}}$ – среднегодовая стоимость основных фондов.

Фондоемкость (Φ_e) – обратный показатель фондоотдачи, показывает, какое количество основных фондов приходится на один рубль продукции (коэффициент закрепления основных средств), руб/руб:

$$\Phi_e = \frac{\text{ОФ}}{P_{\text{п}}} = \frac{1688580}{6328500} = 0,27 \text{ руб/руб},$$

Фондовооруженность (Φ_b) характеризует уровень механизации и автоматизации труда, руб/чел:

$$\Phi_B = \frac{O\Phi}{\text{Ч}_{\text{сп}}} = \frac{1688580}{6} = 281430 \text{ руб/чел,}$$

где $\text{Ч}_{\text{сп}}$ – наибольшая среднесписочная численность рабочих в смену, чел.

Основные расчетные показатели экономической эффективности проекта производства пленочного покрытия представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатель	Ед. изм.	Значение в год
Годовая производственная мощность	т	225
Производственная программа выпуска продукции в емкостях по 5 л и 5 кг	шт.	45000
Себестоимость единицы продукции: - образец 3; - образец 5; - образец 10	руб.	2073,60 1800,60 1730,10
Оптовая цена единицы продукции - образец 3; - образец 5; - образец 10	руб /кг	29,21 27,77 27,40
Затраты на 1 рубль товарной продукции	руб.	0,27
Капитальные затраты	руб.	1688580
Численность промышленно-производственного персонала	чел.	6
Фонд оплаты труда	руб.	990000
Прибыль	руб.	5062746,00
Налог на прибыль	руб.	1012549,20
Чистая прибыль	руб.	4050196,80
Рентабельность	%	40,00
Фондоотдача	руб./руб.	3,75
Срок окупаемости	лет	0,42

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2662008

Биоразлагаемое пищевое пленочное покрытие

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" (RU)*

Авторы: *Белоглазова Кристина Евгеньевна (RU), Ульянов Алексей Алексеевич (RU), Горневская Алина Дмитриевна (RU), Палагин Владимир Игоревич (RU), Рысмухамбетова Гульсара Есенгильдиевна (RU), Горельникова Елена Александровна (RU), Карпунина Лидия Владимировна (RU)*

Заявка № 2017142702

Приоритет изобретения 07 декабря 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 23 июля 2018 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 07 декабря 2037 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев
