

На правах рукописи

НАГОРНЫЙ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОГО
КОМБИНИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ УПАКОВКИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Специальность **05.18.04** – технология мясных, молочных и рыбных
продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА 2013

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии)

Научный руководитель: доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Федотова Ольга Борисовна

Официальные оппоненты: **Творогова Антонина Анатольевна**
доктор технических наук,
доцент, зам. директора по научной работе
ГНУ ВНИХИ Россельхозакадемии

Орлова Елена Анатольевна
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник отдела сыроделия
ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии

Ведущая организация: Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности (ГНУ ВНИИКОП)
Россельхозакадемии

Защита диссертации состоится «29» октября 2013 г в 14.30 часов на заседании диссертационного совета ДМ 006.021.01 при Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В. М. Горбатова Российской академии сельскохозяйственных наук по адресу: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВНИИМП им. В. М. Горбатова Россельхозакадемии.

Автореферат разослан «___» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

А. Н. Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Одним из главных требований современного рынка к пищевой отрасли является обеспечение продуктов питания способностью гарантированно сохранять свои исходные свойства на весь период заявленного срока хранения. Важнейшим фактором, влияющим на выполнение данного требования, является организация необходимых условий хранения в течение всего жизненного цикла продукта. В связи с этим большое значение приобретают функциональные и технологические свойства упаковочных материалов.

Развитие упаковочной отрасли привело к повышению роли упаковки в современном производстве продуктов питания. Тип и санитарное состояние упаковки признаны одними из основных факторов, влияющих на качество и продолжительность хранения расфасованной молочной продукции. Помимо обеспечения сохранности продукта от внешних загрязнений и привлекательного внешнего вида к современной упаковке предъявляются требования по активной защите содержимого.

Вопросам развития технологии полимерных упаковочных материалов с заданным комплексом свойств для пищевой промышленности посвящены работы многих ученых: Аксеновой Т. И., Ананьева В. В., Гуля В. Е., Донцовой Э. П., Снежко А. Г., Федотовой А. В., Федотовой О. Б., Abdel-Varí E. M., Suprakul P., Koros W. J. Многочисленными исследованиями доказана возможность создания упаковочных материалов, оказывающих направленное положительное воздействие на контактирующий с ней продукт. Был введен в употребление термин «активная упаковка», характеризующий подобные свойства материалов.

Одним из инновационных способов защиты продуктов питания от воздействия микроорганизмов поверхностной порчи признан ввод в упаковочные материалы антимикробных добавок. Для обеспечения

длительного хранения продукции широкое распространение получили, также, технологии упаковывания в безкислородную среду.

В связи с вышеизложенным, разработка комбинированного упаковочного материала для молочных продуктов, обладающего антимикробным действием благодаря введённой во внутренний, потенциально контактирующий с продуктом слой природной антимикробной добавки, и предназначенного для вакуумного упаковывания, является **актуальным направлением исследования.**

Целью настоящей диссертационной работы является разработка комбинированного материала с антимикробным действием для упаковывания молочных продуктов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи:**

- провести аналитический обзор научной, патентной и технической литературы по исследуемому направлению;
- исследовать влияние количества бетулинола в экстракте на его антимикробную активность;
- разработать технологию комбинированного материала с экстрактом и провести комплексные исследования его показателей качества и безопасности;
- исследовать изменение состояния поверхности материала при введении в него экстракта и определить влияние степени прилегания разработанного материала к модельным образцам на эффективность обеззараживания поверхности;
- исследовать влияние разработанного материала на физико-химические и микробиологические показатели творога, упакованного под вакуумом, при хранении.

Научная новизна.

Теоретически обосновано и экспериментально установлено влияние количества бетулинола в экстракте и количества экстракта во внутреннем слое модифицированного комбинированного материала, потенциально

контактирующего с продуктом, на антимикробную эффективность в отношении микроорганизмов порчи.

Установлена зависимость степени прилегания разработанного материала к модельным образцам на интенсивность антимикробного действия экстракта по отношению к исследуемым микроорганизмам.

Экспериментально подтверждена миграция веществ антимикробного экстракта на внутреннюю поверхность разработанного материала.

Доказано антимикробное действие разработанного упаковочного материала на плесневые грибы в поверхностном слое упакованного творога.

Практическая значимость.

Разработаны «Исходные требования на опытный образец суперконцентрата на основе полиолефинов с антимикробной добавкой».

Разработана технология получения комбинированного материала, модифицированного экстрактом, для упаковки молочных продуктов.

Осуществлен выпуск двух опытных партий материала на производстве ОАО «МИПП-НПО «Пластик».

Разработаны технические условия «Материал комбинированный с антимикробной добавкой» ТУ 2245 - 509 - 00419785 - 2012.

Разработаны «Исходные требования на опытно-промышленную партию многослойной полиэтилен/полиамидной пленки, модифицированной бетулиносодержащим экстрактом коры березы и вакуумных пакетов из неё».

Апробация работы.

Основные положения работы доложены и представлены на Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти академика Никиты Николаевича Липатова «Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов» (Углич, 2010 г.); научной конференции в Российской экономической академии имени Г. В. Плеханова «Липатовские чтения» (Москва, 2010 г.); первом международном конгрессе «Экологическая, продовольственная и медицинская безопасность человечества» (Москва,

2011 г.); международной научно-практической конференции «Пути интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции в современных условиях» (Волгоград, 2012 г.); 6-ой конференции молодых ученых и специалистов институтов Отделения «Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Россельхозакадемии «Фундаментальные основы и передовые технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности» (Москва, 2012 г.); международной научно-практической конференции «Молоко, сыр, масло: проблемы и решения» (Углич, 2013 г.).

Работа удостоена диплома «За разработку многослойного упаковочного материала с антимикробными свойствами для молочных продуктов» Всероссийского смотра-конкурса лучших пищевых продуктов, продовольственного сырья и инновационных разработок, проходившего в г. Волгоград 28-29 июня 2012 года и отмечена Дипломом лауреата по итогам 2012 года в рамках конкурса «Эстафета поколений» среди молодых ученых ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии.

Публикации. По материалам выполненных исследований опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, основных результатов и выводов, списка использованной литературы, содержащего 163 отечественных и зарубежных источников, и приложений. Работа изложена на 131 странице, включает 14 таблиц, 36 рисунков, 6 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность выбранного направления исследований, описана новизна и практическая значимость работы, сформулированы цели и задачи.

В **первой главе** представлен аналитический обзор научной, патентной и технической литературы, в котором описана роль упаковки в сохранении безопасности и качества молочных продуктов, рассмотрены способы улучшения эксплуатационных свойств упаковочных материалов с помощью их модификации, показаны технологические приемы и особенности производства материалов для вакуумной расфасовки пищевых продуктов, приведены данные о принципах воздействия «активной упаковки» на пищевую продукцию.

Во **второй главе** дана характеристика объектов, методов исследований и описание организации проведения исследований.

Схема проведения исследований представлена на рис. 1.

Работа выполнена в ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук в рамках «Плана фундаментальных и приоритетных исследований Россельхозакадемии по научному обеспечению АПК на 2011-2015 гг.» и в рамках конкурса-гранта поисковых работ «Эстафета поколений» ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии.

Объектами исследований являлись: антимикробная добавка – экстракт бересты (далее - «экстракт»), содержащий от 70% до 98% бетулинола; суперконцентрат, изготовленный на основе ПЭВД марки 11503-070 по ГОСТ 16337-77 с добавлением экстракта в разных концентрациях и с различным содержанием бетулинола, и отпрессованные из него пластины; комбинированный полимерный пленочный материал, состоящий из слоев ПА-6 и ПЭ марки 15813-020 с промежуточным слоем из адгезива TL 4109-E; творог с массовой долей жира 9%; модельные пластины из полистирола размером $((100 \times 100) \pm 2)$ мм и толщиной $(0,8 \pm 0,1)$ мм; культуры микроорганизмов поверхностной порчи – дрожжи, БГКП, плесневые грибы.



Рис.1 – Схема проведения исследований

В работе были использованы стандартизованные, общепринятые и оригинальные методы исследований.

Показатель антимикробной эффективности выражали как отношение числа погибших микроорганизмов к их начальному числу при условии специального нанесения суспензии на поверхность.

Насыпную плотность суперконцентрата определяли флотационным методом по ГОСТ 15139-69; остаточную влажность – весовым методом; показатель текучести расплава - по ГОСТ 11645-73.

Органолептическую оценку образцов материала проводили по Инструкции № 880-71; Методическим указаниям № 4149-86; Приложению 2 к ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

Физико-механические показатели определяли по ГОСТ 14236-81. Для определения морозостойкости использовали коэффициент морозостойкости по прочностным показателям.

Микроскопические исследования проводили с использованием микроскопа Olympus BX50 с объективом Ach 20x/0,40 Phz. Статический коэффициент трения определяли согласно ГОСТ 10354-82.

Определение свойств творога при вакуумном упаковывании в разработанный материал при хранении проводилось согласно требованиям ГОСТ Р 54669-2011 "Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности"; ГОСТ 10444.11-89 «Методы определения молочнокислых микроорганизмов»; ГОСТ 10444.12-88 «Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов»; ГОСТ Р 53430-2009 «Молоко и продукты переработки молока. Методы микробиологического анализа»; вкус и запах определяли органолептически; внешний вид, консистенцию и цвет определяли визуально.

Повторность проведения экспериментов и испытаний не менее 3х – 5ти - кратная. Обработка полученных результатов выполнена с использованием методов математической статистики. Обобщение данных осуществлялось с помощью персонального компьютера и программ Microsoft Office и Statistica.

В **третьей главе** для разработки нового вида упаковочного материала был выбран метод модификации полимерных пленок за счет создания композиции, состоящей из гранул полимера и экстракта, и дальнейшей её переработки в материал методом совместной экструзии с раздувом.

В разделе **«Разработка технологии производства суперконцентрата экстракта»** представлен метод введения экстракта в массу ПЭ с применением СПК на основе ПЭ матрицы для увеличения равномерности его распределения, а также представлены основные этапы производства СПК и его основные технологические характеристики. Были выработаны экспериментальные партии СПК с использованием экстракта, содержащего различное количество активного вещества бетулинола.

В разделе **«Исследование влияния количества бетулинола в экстракте на его антимикробную активность»** приведены результаты исследования влияния полученных образцов СПК на жизнедеятельность выбранных микроорганизмов поверхностной порчи: для этого полученные гранулы СПК были отпрессованы в пластины при температуре $(185 \pm 5)^\circ\text{C}$, а на их поверхности были нанесены соответствующие суспензии.

Было доказано, что эффективность антимикробного влияния СПК по отношению к исследуемым микроорганизмам с увеличением общего количества экстракта в 2 раза – с 10% до 20% – меняется незначительно: не более чем на 3%. Определено рациональное количество экстракта в СПК, составившее 10%.

Были исследованы образцы СПК с различным содержанием бетулинола (рис. 2-4).

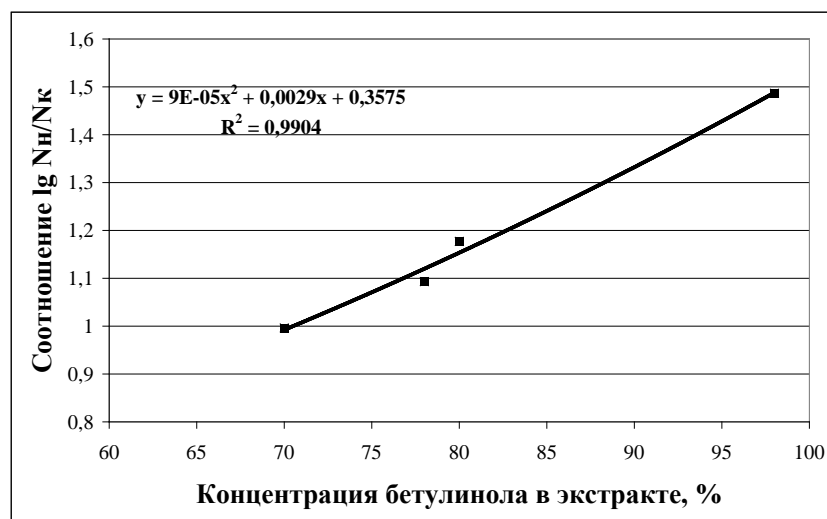


Рис. 2 – Эффективность обеззараживания прессованных пластин из СПК с различным содержанием бетулинола по отношению к дрожжам

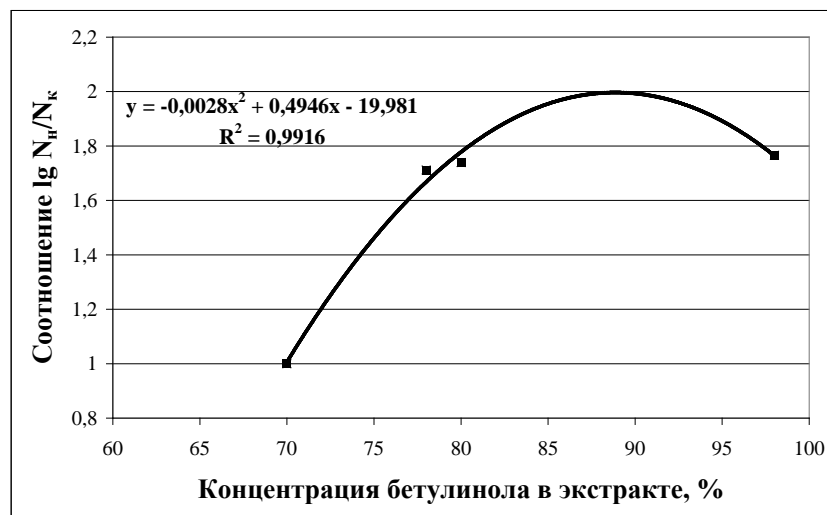


Рис. 3 – Эффективность обеззараживания прессованных пластин из СПК с различным содержанием бетулинола по отношению к БГКП

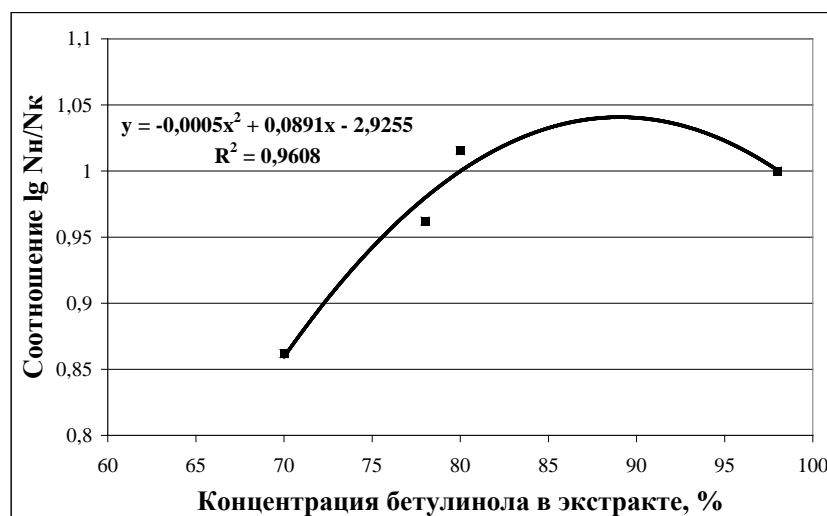


Рис. 4 – Эффективность обеззараживания прессованных пластин из СПК с различным содержанием бетулинола по отношению к плесневым грибам

Представленные зависимости свидетельствуют о влиянии процентного содержания бетулинола в экстракте на исследуемые микроорганизмы. Наиболее существенно влияние экстракта проявляется по отношению к дрожжам и БГКП. По отношению к плесневым грибам можно констатировать бактериостатический эффект при содержании в экстракте не менее 80% бетулинола.

Наиболее предпочтительной композицией признан суперконцентрат на основе ПЭВД с добавлением 10% экстракта, содержащего 80% бетулинола.

В разделе **«Разработка технологии производства комбинированного материала с экстрактом»** систематизирован комплекс требований к разрабатываемому материалу, который с помощью древовидной схемы представлен на рис. 5.

Анализ показал, что наиболее полно представленным требованиям могут соответствовать только комбинированные многослойные материалы, в частности материал, состоящий из слоев ПА и ПЭ. Для производства данного материала был выбран метод совместной экструзии с раздувом. Подобная технология позволяет полностью исключить расслаивание полученного материала.

На рис. 6 показаны основные стадии разработанного технологического процесса производства многослойного материала ПА/ПЭ с экстрактом, по которым выпущена опытная партия материала. Основные температурные параметры производства материала представлены в таблице 1.

Получены образцы с различной концентрацией экстракта за счет варьирования количества СПК.

Перечень произведенных образцов материала и их условное обозначение приведены в таблице 2.



Рис. 5 – Древоидная схема требований к разрабатываемому материалу

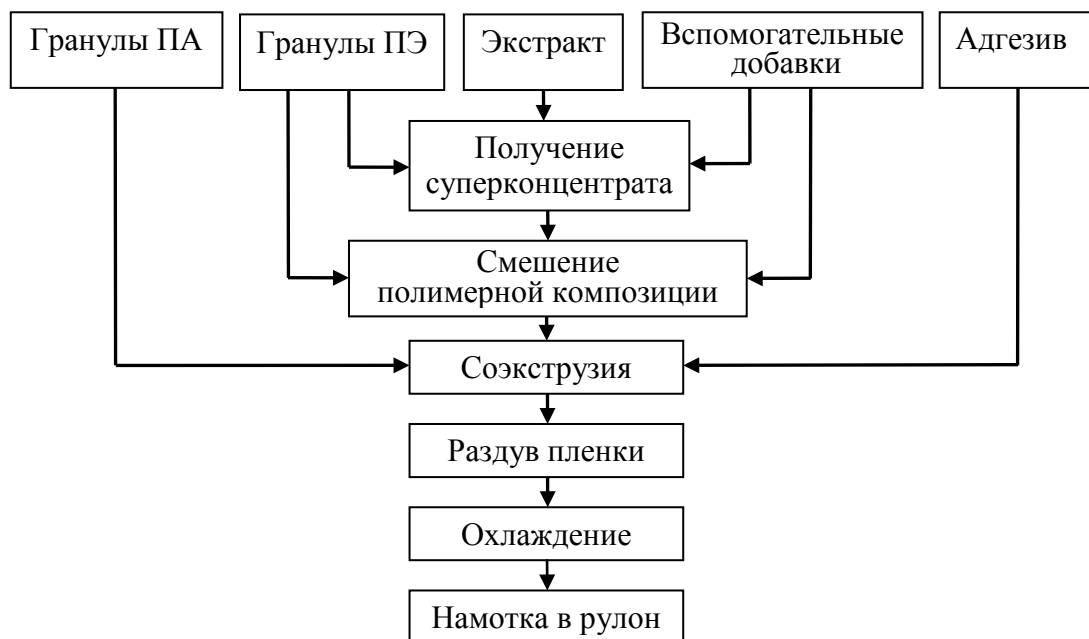


Рис. 6 – Принципиальная технологическая схема производства многослойного материала ПА/ПЭ с экстрактом

Таблица 1 – Основные температурные параметры производства материала

Этап производства	Температура, °С
плавление СК	252
переработка СК	160-180
Основные температуры экструзии по зонам:	
экструдер А (ПА)	230-235-236-239-246
экструдер В (адгезив)	176-178-180-202-245
экструдер С (ПЭ)	170-185-225-230-235-245
переходник	245
головка	245-245-245

Таблица 2 – Перечень образцов комбинированного материала ПА/ПЭ с различной концентрацией экстракта

Условное обозначение	Состав материала образца
Образец № 1 (К)	Материал комбинированный ПА/ПЭ (контроль)
Образец № 2 (0,2)	Материал комбинированный ПА/ПЭ с добавлением 0,2% экстракта
Образец № 3 (0,3)	Материал комбинированный ПА/ПЭ с добавлением 0,3% экстракта
Образец № 4 (0,5)	Материал комбинированный ПА/ПЭ с добавлением 0,5% экстракта
Образец № 5 (1,0)	Материал комбинированный ПА/ПЭ с добавлением 1% экстракта

В разделе **«Комплексные исследования санитарно-гигиенических, микробиологических и физико-механических свойств опытных образцов разработанного материала»** приведены данные о соответствии свойств опытных образцов разработанного материала требуемому уровню качества и безопасности.

При определении интенсивности запаха водных вытяжек исследуемых образцов было отмечено усиление запаха с увеличением температуры до 60°C, а также с увеличением продолжительности выдержки до 10 суток. Однако при всех температурах и сроках испытаний интенсивность запаха водных вытяжек материала с содержанием экстракта от 0,2% до 1% не превышает 1 балла, что соответствует требованиям Роспотребнадзора к полимерным материалам, предназначенным для контакта с пищевыми продуктами.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что увеличение концентрации экстракта в материале приводит к незначительному увеличению (до 1,6 мг/л) содержания бромлирующих веществ в водных вытяжках.

Исследование содержания формальдегида в водных вытяжках показало, что во всех образцах формальдегид отсутствует.

Полученные данные подтверждают тот факт, что наличие в опытных образцах экстракта в концентрации до 1% не ухудшает санитарно-гигиенические показатели материала.

Были проведены микробиологические исследования эффективности действия введенного экстракта на выбранные микроорганизмы поверхностной порчи.

На рис. 7-9 показано изменение количества микроорганизмов в смывах с поверхности образцов по истечении двухчасовой выдержки с момента нанесения суспензии.

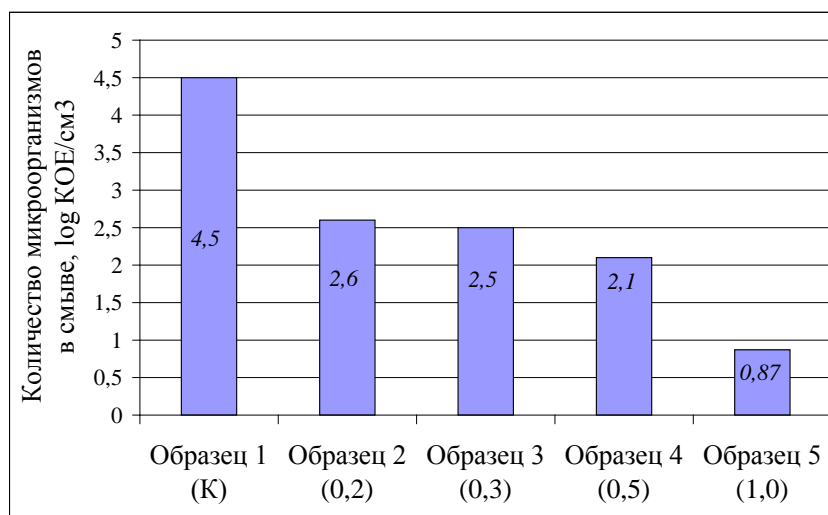


Рис. 7 – Изменение количества дрожжей в смыве с поверхности пленочных образцов в зависимости от концентрации экстракта в материале

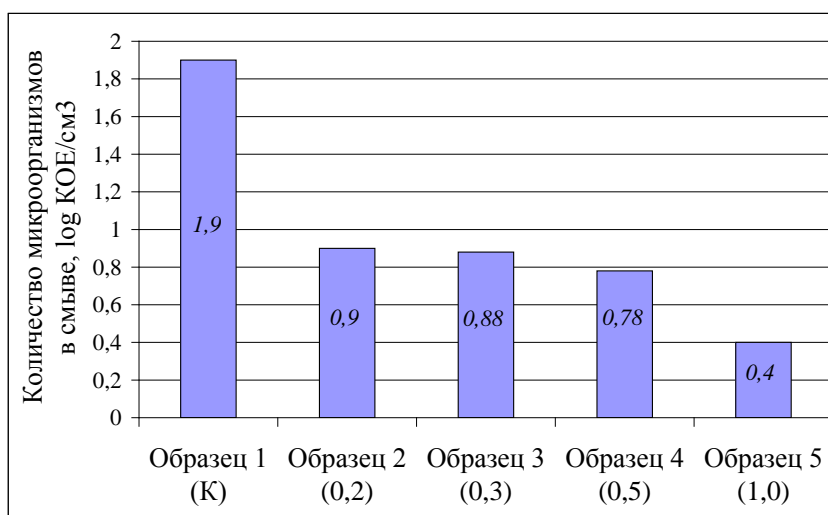


Рис. 8 – Изменение количества БГКП в смыве с поверхности пленочных образцов в зависимости от концентрации экстракта в материале

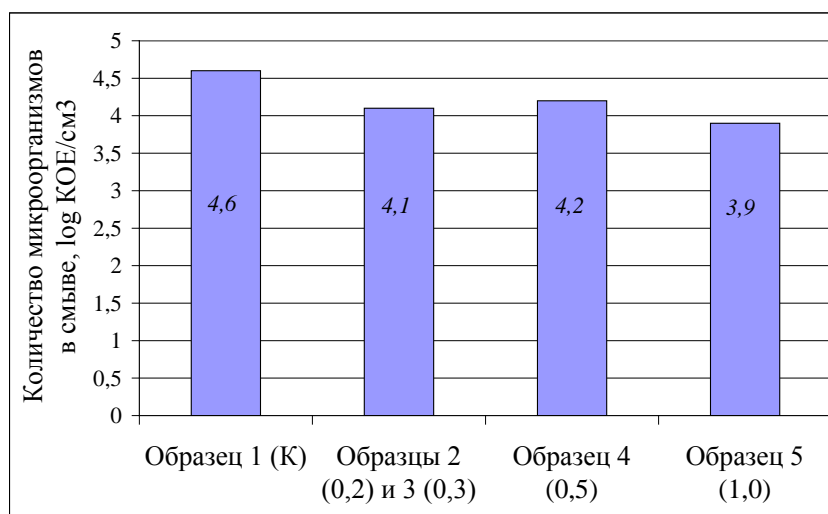


Рис. 9 – Изменение количества плесневых грибов в смыве с поверхности пленочных образцов в зависимости от концентрации экстракта в материале

Из представленных графиков следует, что при различных концентрациях экстракта в образцах материала изменяется интенсивность его воздействия на исследуемые микроорганизмы. При увеличении концентрации экстракта существенно уменьшается интенсивность роста дрожжей и БГКП. В отношении плесневых грибов в исследуемых образцах был зафиксирован стабильный бактериостатический эффект.

Установлено, что наиболее сильный ингибирующий эффект достигается в отношении дрожжей – до 99,8% и БГКП – до 96,8%. При этом подобный эффект наблюдается даже при минимальном (0,2%) добавлении экстракта во внутренний слой материала.

Поскольку прочностные характеристики относятся к показателям безопасности, были определены разрушающее напряжение при разрыве, относительное удлинение при разрыве и прочность сварных швов всех исследуемых образцов разработанного материала. Установлено, что наличие экстракта во внутреннем слое материала в различных концентрациях не оказывает влияния на исследуемые физико-механические показатели.

Поскольку хранение продукции, которая потенциально может быть упакована в разработанный материал, возможно при минусовых температурах, была определена способность опытных образцов сохранять свои эксплуатационные свойства при низких температурах – морозостойкость. Были проведены экспериментальные работы для определения изменения коэффициента морозостойкости в зависимости от длительности хранения материала при температуре (-25)°C в течение 7 месяцев. Полученные результаты подтвердили стабильность материала в исследуемых условиях вне зависимости от наличия во внутреннем слое материала экстракта в различных концентрациях.

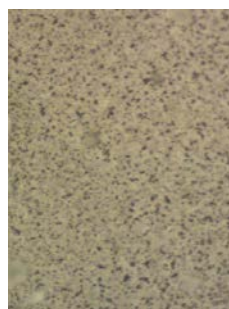
В разделе **«Исследование изменения состояния поверхности опытных образцов»** проведены результаты комплексной оценки состояния поверхности образцов материала, модифицированных экстрактом. Принятая нами за основу рабочая гипотеза говорит о том, что антимикробные вещества

экстракта, постепенно выделяясь в процессе хранения из упаковочного материала, диффундируют на поверхность для активного влияния на микроорганизмы поверхностной порчи.

Микроснимки поверхности контрольного и опытных образцов материала (рис. 10) свидетельствуют о различии поверхностной структуры – при наличии экстракта в материале на его поверхности отчетливо заметны дополнительные включения, что может быть связано с миграцией антимикробных веществ на поверхность.



а) Образец 1 (к)



б) Образец 4 (0,5)

Рис. 10 – Микроснимки поверхности исследуемых образцов

Установлено, что коэффициент трения статический пленок с добавлением экстракта ниже, чем у контрольного образца. Очевидно, это связано со скользящим эффектом частиц экстракта, мигрировавших на поверхность материала.

В ходе проводимых микробиологических исследований прессованных пластин из гранул суперконцентрата было обнаружено, что суспензия микроорганизмов неравномерно смачивает поверхности образцов. Для подтверждения данного наблюдения были определены значения краевых углов смачивания поверхностей исследуемых образцов материала по отношению к нанесённым на них каплям дистиллированной воды (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели краевого угла смачивания исследуемых образцов материала

Образец материала	Краевой угол смачивания, град
Образец № 1 (К)	102
Образец № 2 (0,2)	88
Образец № 3 (0,3)	87
Образец № 4 (0,5)	83
Образец № 5 (1,0)	79

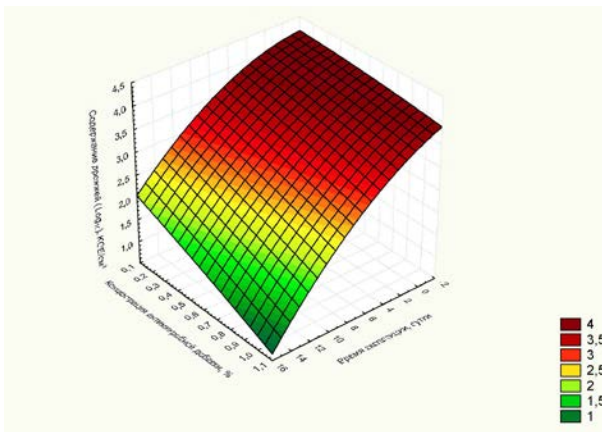
Доказано, что наличие в материале экстракта и его концентрация оказывает влияние на показатель значения краевого угла смачивания. Уменьшение значения данного показателя с увеличением концентрации экстракта в материале свидетельствует о миграции антимикробных веществ экстракта из матрицы образцов на поверхность с течением времени.

Таким образом, совокупность полученных результатов свидетельствует: 1) о миграции веществ антимикробного экстракта на поверхность материала; 2) об изменении свойств поверхности и, следовательно, о необходимости принятия технических решений, позволяющих увеличить площадь контакта образцов с продуктом, для гарантированного обеспечения антимикробного действия.

В разделе **«Исследование влияния степени прилегания упаковочного материала, модифицированного экстрактом, к упакованному объекту на эффективность обеззараживания поверхности»** было выдвинуто предположение о том, что плотность прилегания содержащей антимикробный экстракт упаковки к продукту интенсифицирует антимикробную активность материала на границе раздела «продукт-упаковка».

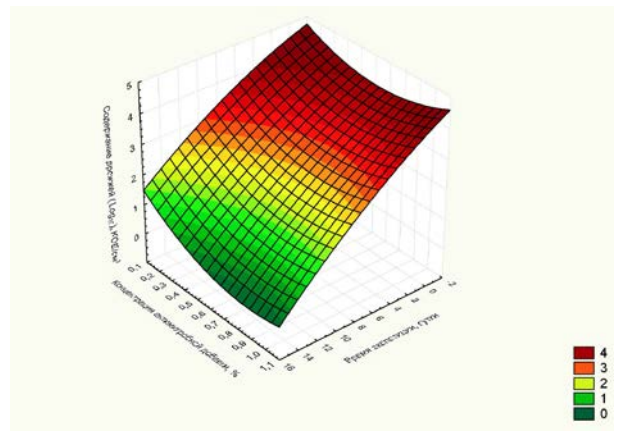
Для подтверждения данного предположения была проведена оценка эффективности использования полученного материала при двух различных режимах вакуума в камере – $8 \cdot 10^4$ и $9,8 \cdot 10^4$ Паскаля – при упаковывании обсемененных модельных пластин из ПС и их хранении.

Полное ингибирование дрожжей при использовании режима вакуумирования $9,8 \cdot 10^4$ Паскаля достигается к 14 суткам экспозиции при концентрации экстракта 0,3% и более в материале. В те же сроки при режиме вакуумирования $8 \cdot 10^4$ Паскаля происходит существенное уменьшение количества дрожжей только начиная с концентрации экстракта 0,7% (рис. 11).



$$\text{Содержание дрожжей (Log}_{10}\text{), КОЕ/см}^3 = 4,1626 - 0,0363x - 0,27y - 0,0055x^2 - 0,0591xy - 0,1479y^2$$

а)

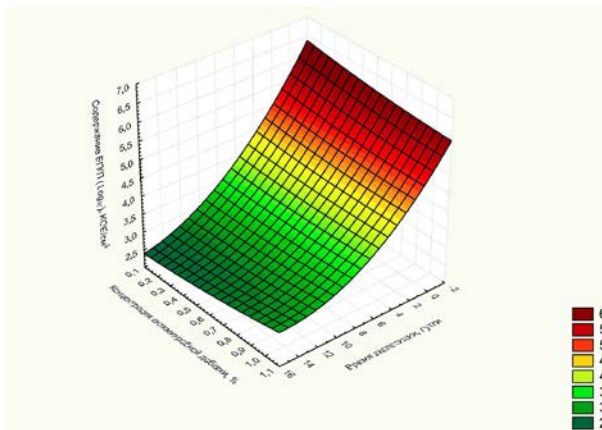


$$\text{Содержание дрожжей (Log}_{10}\text{), КОЕ/см}^3 = 4,83 - 0,1164x - 3,3107y - 0,0042x^2 - 0,0667xy + 2,5042y^2$$

б)

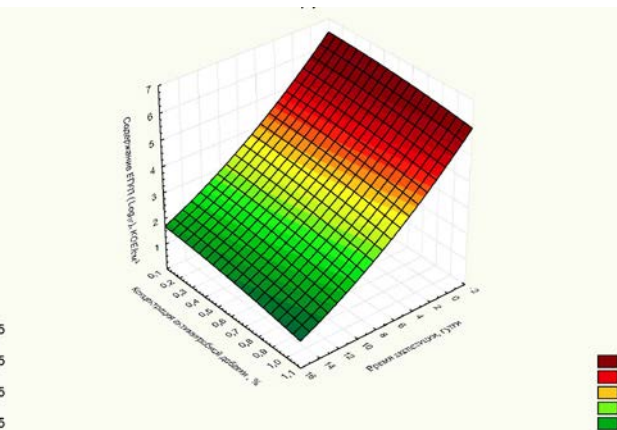
Рис. 11 – Содержание дрожжей $\text{Ln}(N_{\text{кон}})$ на поверхности модельных пластин при изменении продолжительности экспозиции и концентрации экстракта при различных режимах вакуумного упаковывания: а) $8 \cdot 10^4$ Па; б) $9,8 \cdot 10^4$ Па

Характер изменения содержания БГКП, исходя из полученных результатов, аналогичен (рис. 12). Значение логарифма количества БГКП при использовании режима более глубокого вакуумирования достигает «2» на 12 сутки экспозиции при всех исследуемых концентрациях экстракта в материале, в то время как при режиме вакуумирования $8 \cdot 10^4$ Па данное значение не достигается вообще.



$$\text{Содержание БГКП (Log}_{10}\text{), КОЕ/см}^3 = 5,6887 - 0,3603x - 0,6815y + 0,0095x^2 + 0,0567xy + 0,2708y^2$$

а)

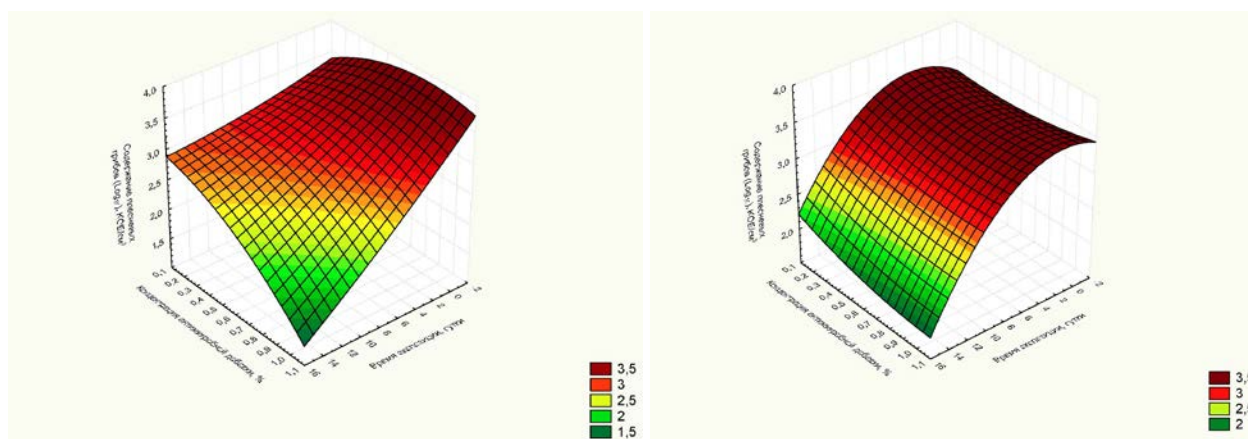


$$\text{Содержание БГКП (Log}_{10}\text{), КОЕ/см}^3 = 5,817 - 0,3406x - 0,1064y + 0,0053x^2 - 0,0068xy - 0,3583y^2$$

б)

Рис. 12 – Содержание БКП $\text{Ln}(N_{\text{кон}})$ на поверхности модельных пластин при изменении продолжительности экспозиции и концентрации экстракта при различных режимах вакуумного упаковывания: а) $8 \cdot 10^4$ Па; б) $9,8 \cdot 10^4$ Па

Наиболее существенный эффект ингибирования плесневых грибов наблюдается на 12 сутки экспозиции при концентрации экстракта 0,8% при использовании режима вакуумного упаковывания $8 \cdot 10^4$ Па. При использовании в аналогичных условиях второго режима вакуумного упаковывания данный эффект достигается при концентрации экстракта 0,3%. (рис. 13).



а)
$$\text{Содержание плесневых грибов (Log}_{10}\text{), КОЕ/см}^3 = 3,1682 - 0,0297x + 1,4654y + 0,0009x^2 - 0,1072xy - 1,0875y^2$$

б)
$$\text{Содержание плесневых грибов (Log}_{10}\text{), КОЕ/см}^3 = 3,4843 + 0,0598x - 0,3796y - 0,0084x^2 - 0,0296xy + 0,3708y^2$$

Рис. 13 – Содержание плесневых грибов $\text{Ln}(N_{\text{кон}})$ на поверхности модельных пластин при изменении продолжительности экспозиции и концентрации экстракта при различных режимах вакуумного упаковывания: а) $8 \cdot 10^4$ Па; б) $9,8 \cdot 10^4$ Па

В результате проведенных исследований подтверждено предположение об увеличении эффективности использования разработанного материала в условиях вакуумного упаковывания продуктов твердообразной текстуры.

На основании полученных данных сделан вывод о том, что наибольшую антимикробную активность по отношению к исследуемым микроорганизмам поверхностной порчи упаковочный материал ПА/ПЭ, модифицированный экстрактом, проявляет при внесенной концентрации экстракта в диапазоне 0,5 – 1 % и продолжительности экспозиции 12-16 суток при вакуумном упаковывании со значением вакуума не ниже $9,8 \cdot 10^4$ Па.

По итогам анализа результатов всех исследований наиболее целесообразным для внедрения на производство может быть признан материал с 0,5% экстракта.

В разделе «Исследование свойств творога при вакуумном упаковывании в разработанный материал при хранении» приведены данные исследований изменения комплекса свойств творога при хранении в разработанном материале. Творог с массовой долей жира 9% хранили в течение 30 суток при температуре $4\pm 2^\circ\text{C}$. Контрольным образцом являлся творог той же партии, упакованный в аналогичный материал без добавления экстракта. Каждые пять суток осуществлялся контроль за микробиологическими и физико-химическими показателями творога.

Пробы для определения показателей отбирались из двух мест: с поверхности, контактирующей с материалом упаковки, и из массы образца. Было установлено, что количество плесневых грибов в поверхностном слое творога в разработанном материале на 30 суток хранения на два порядка меньше, чем в контрольном образце (рис. 14)

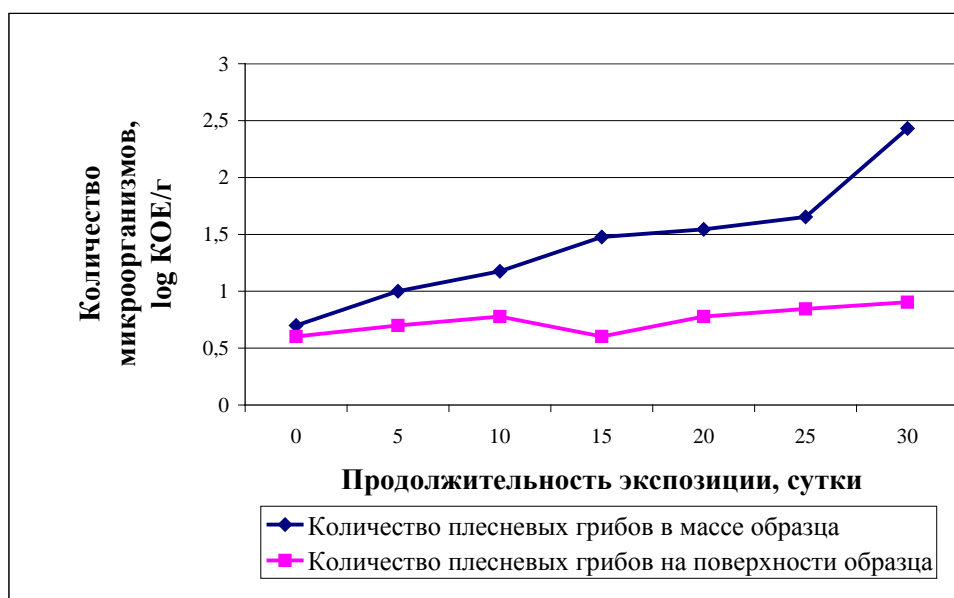


Рис. 14 - Изменение количества плесневых грибов в массе и на поверхности упакованного творога при хранении

Исследования также показали, что введенная в материал антимицробная добавка не угнетает молочнокислую микрофлору в продукте, которая составляет $(10^6 - 10^7)$ КОЕ/г в течение 30 суток хранения.

Экспериментально установлено, что нарастание кислотности творога в опытном материале при 30 сутках хранения на 10% меньше, чем в контрольном образце (рис. 15).

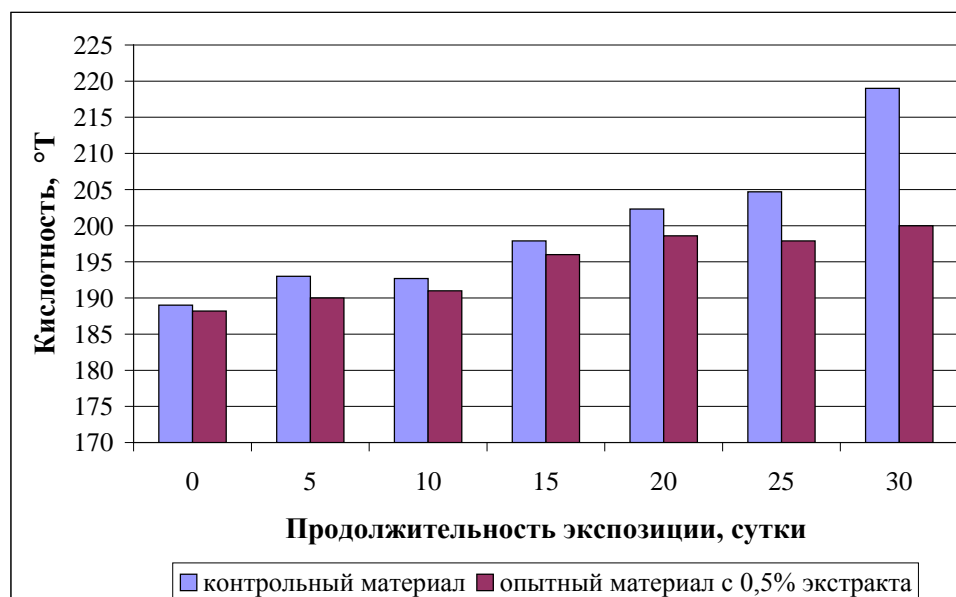


Рис. 15 - Изменение кислотности упакованного творога при хранении

Таким образом, совокупность полученных результатов создает предпосылки увеличения продолжительности хранения упакованных молочных продуктов.

Основные результаты работы и выводы

1. Проведен анализ научной, патентной и технической литературы, показана перспективность разработки комбинированного упаковочного материала для молочных продуктов с антимикробным действием, предназначенного для вакуумного упаковывания.

2. Экспериментально подтверждено влияние количества бетулинола в экстракте на уровень антимикробной эффективности. Наилучшей композицией признан суперконцентрат на основе ПЭВД с добавлением 10 % экстракта, содержащего 80% бетулинола.

3. Разработана технология модифицированного комбинированного материала ПА/ПЭ с экстрактом в слое ПЭ. Осуществлена комплексная оценка характеристик образцов разработанного материала, которая подтвердила его соответствие требуемому уровню качества и безопасности.

4. Доказано изменение поверхностных свойств материала при введении в него модифицирующего экстракта. Подтверждена гипотеза о том, что антимикробные вещества экстракта, постепенно выделяясь в процессе хранения из упаковочного материала, диффундируют на поверхность ПЭ слоя, потенциально контактирующую с продуктом.

5. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена интенсификация антимикробной активности материала на границе раздела «продукт-упаковка» при увеличении плотности прилегания упаковки к продукту. Доказано, что наибольшую антимикробную активность по отношению к исследуемым микроорганизмам поверхностной порчи упаковочный материал ПА/ПЭ, модифицированный экстрактом, проявляет при внесенной концентрации экстракта в диапазоне (0,3 – 1) % и продолжительности экспозиции 12-16 суток при вакуумном упаковывании со значением вакуума не ниже $9,8 \cdot 10^4$ Па. Наиболее целесообразным для внедрения признан материал с добавлением 0,5 % экстракта.

6. Введенная в материал антимикробная добавка не угнетает молочнокислую микрофлору в продукте, которая составляет ($10^6 - 10^7$) КОЕ/г в течение 30 суток хранения. Отмечено, что нарастание кислотности творога на 30 сутки в опытном материале на 10 % меньше, чем в контрольном образце. Количество плесневых грибов в поверхностном слое творога, упакованного под вакуумом в разработанный материал, на два порядка меньше, чем в контрольном образце.

7. На основании выполненных исследований разработаны и утверждены «Исходные требования на опытный образец суперконцентрата на основе полиолефинов с антимикробной добавкой», «Исходные требования на опытно-промышленную партию многослойной ПА/ПЭ пленки, модифицированной бетулиносодержащим экстрактом коры березы и вакуумных пакетов из неё», ТУ 2245-509-00419785-12 «Материал комбинированный с антимикробной добавкой».

Публикации по теме диссертационной работы.

1. **Нагорный, М.Ю.** Ингибирующие свойства многослойного упаковочного материала, модифицированного антимикробным природным компонентом / М.Ю. Нагорный, О.Б. Федотова // Пищевая промышленность. – 2013. – № 2. – С. 32-33.
2. **Нагорный, М.Ю.** Упаковочный материал с антимикробными свойствами / М.Ю. Нагорный, О.Б. Федотова // Молочная промышленность. – 2013. – № 4. – С. 50-51.
3. **Нагорный, М.Ю.** Исследование антимикробной активности упаковки при моделировании условий вакуумного упаковывания / М.Ю. Нагорный, О.Б. Федотова, Д.М. Мяленко // Всё о мясе. – 2013. – № 3. – С. 14-16
4. **Нагорный, М.Ю.** Исследование газопроницаемости многослойных пленочных материалов для упаковки сухих пищевых и молочных продуктов / М.Ю. Нагорный, О.Б. Федотова, Д.М. Мяленко // Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ – 80 лет). Сборник научных трудов. – М.: ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии. – 2009. – С. 378-380.
5. Федотова, О.Б. Базовые приемы проектирования и создания упаковочных материалов с требуемым комплексом свойств / О.Б. Федотова, Д.М. Мяленко, А.В. Шалаева, **М.Ю. Нагорный** // «Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов». Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти академика Никиты Николаевича Липатова 8-9 сентября 2010 г. – Углич: ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии. – С. 277-280.
6. **Нагорный, М.Ю.** О роли упаковки в сохранении качества молочной продукции / М.Ю. Нагорный, О.Б. Федотова, Д.М. Мяленко, А.В. Шалаева // Материалы Первого Международного конгресса «Экологическая, продовольственная и медицинская безопасность человечества» 14-17 ноября 2011 г. – М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В Плеханова». – 2011. – Ч. 2. – С. 50-52
7. Шалаева, А.В. Изучение свойств полимерной упаковочной пленки с антимикробной добавкой / А.В. Шалаева, О.Б. Федотова, Д.М. Мяленко, **М.Ю. Нагорный** // Материалы Первого Международного конгресса «Экологическая, продовольственная и медицинская безопасность человечества» 14-17 ноября 2011 г. – М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В Плеханова». – 2011. – Ч. 2. – С. 254-257.
8. **Нагорный, М.Ю.** Разработка многослойного упаковочного материала с антимикробными свойствами для молочных продуктов / М.Ю. Нагорный // Материалы международной научно – практической конференции

«Пути интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции в современных условиях» 28-29 июня 2012 г. в 2-х частях. Ч. 2. Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов. Под ред. В. Н. Храмовой – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ. – 2012. – С. 290-292.

9. **Нагорный, М.Ю.** Научно-практические аспекты создания многослойной модифицированной пленки для упаковывания пищевых продуктов / М.Ю. Нагорный // *Фундаментальные основы и передовые технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности: Сборник научных трудов 6-ой конференции молодых ученых и специалистов институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии 16 октября 2012 г.* – М.: Изд-во РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2012. – С. 219-223.

10. **Нагорный, М.Ю.** Исследование прочностных характеристик нового упаковочного материала для пищевых продуктов, модифицированного природным компонентом / М.Ю. Нагорный, О.Б. Федотова // *Научное обеспечение молочной промышленности. Сборник научных трудов ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии.* – М.: Интеллект-Центр. – 2012. – С. 165-168.

11. Шалаева, А.В. Исследование возможности получения упаковки для пищевых продуктов, модифицированной природным антимикробным компонентом / А.В. Шалаева, **М.Ю. Нагорный**, О.Б. Федотова // *Мясная промышленность – приоритеты развития и функционирования. Сборник научных трудов 15-ой международной научной конференции памяти В.М. Горбатова.* – М.: ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова. – 2012. – С. 145-149.

12. **Нагорный, М.Ю.** О современной технологии создания упаковочных материалов с антимикробными свойствами // М. Ю. Нагорный, О.Б. Федотова, Э.П. Донцова // *Тара и упаковка.* – 2013. – № 2. – С. 42-43.

13. Федотова, О.Б. Исследование антимикробных свойств нового материала при вакуумной упаковке модельных объектов / О.Б. Федотова, **М.Ю. Нагорный**, Д.М. Мяленко // *Сборник материалов международной научно-практической конференции «Молоко, сыр, масло: проблемы и решения» 25-28 июня 2013 г.* – Углич: ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии. – 2013. – С. 164-167.

Список сокращений, приведенных в работе: БГКП – бактерии группы кишечных палочек; КОЕ – колониеобразующие единицы; ПА – полиамид; ПП – полипропилен; ПС – полистирол; ПЭ – полиэтилен; ПЭВД – полиэтилен высокого давления; СПК – суперконцентрат.