

В диссертационный совет 24.1.515.01 при
ФГАНУ «Всероссийский научно-
исследовательский институт молочной
промышленности» 115093, г. Москва, ул.
Люсиновская, д. 35, к.7

ОТЗЫВ

Официального оппонента

доктора химических наук, профессор, заведующего кафедрой «Промышленный дизайн, технология упаковки и экспертиза», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (Росбиотех)» Кирш Ирины Анатольевны, на диссертацию Сиротина Сергея Сергеевича «Разработка технологии высоконаполненного упаковочного материала с антиоксидантными свойствами для молочных продуктов» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.3. «Пищевые системы» (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Одним из стратегических направлений продовольственной безопасности страны является не только разработка новых продуктов, в том числе, функциональной направленности, но и максимальное сохранение их качества и безопасности при хранении. Решение данной проблемы могут обеспечить новые модифицированные упаковочные материалы, обладающие дополнительным комплексом свойств, позволяющих стабилизировать упакованный продукт при его хранении.

Принцип воздействия модифицированных упаковочных материалов на упакованную пищевую продукцию заключается в миграции низкомолекулярных наполнителей с поверхности упаковочного материала в зону его контакта с продуктом и, далее, на продукт, стабилизируя его поверхность.

Исходя из изложенного, разработка упаковочного пленочного материала с высоким содержанием минерального наполнителя, обладающего функциональными свойствами, в том числе антиоксидантной активностью, представляет собой актуальное и перспективное направление как для науки, так и для практического применения.

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

Достоверность научных положений и выводов диссертационной работы Сиротина С.С. обеспечивается применением комплексного исследовательского подхода, включающего теоретическое обоснование, экспериментальные исследования и их практическую проверку. Основные научные положения опираются на современные достижения фундаментальной и прикладной науки в области пищевых технологий.

Выводы и рекомендации сформированы на основе анализа обширного массива экспериментальных данных, дополненного экспертными оценками и сравнительными исследованиями. Использование методов математического моделирования и статистической обработки позволило обеспечить высокую степень достоверности результатов. Практическая значимость работы подтверждается внедрением разработок на предприятиях молочной отрасли и в полимерном производстве, что свидетельствует об их эффективности и применимости в производственных условиях. Таким образом, представленные научные положения, выводы и рекомендации характеризуются высокой обоснованностью и могут служить основой для дальнейшего развития теоретических и прикладных аспектов совершенствования упаковочных материалов для молочной продукции.

Достоверность и научная новизна исследований, полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Надежность полученных в работе результатов и сделанных выводов обеспечивается обоснованным выбором методологических подходов, достаточным объемом исследуемой выборки, а также использованием современных аналитических методов и аттестованного испытательного оборудования, гарантирующего единство измерений. Проведенные исследования выполнены в необходимом объеме, а обработка и интерпретация экспериментальных данных осуществлены с применением актуальных статистических методов. Полученные результаты согласуются с основополагающими научными положениями и данными, представленными признанными специалистами в соответствующей области исследований.

Научная новизна работы заключается в развитии методологических основ и определении диапазонов применения антиоксидантного компонента и минерального наполнителя при создании модифицированных полимерных материалов на базе полиэтилена высокого и низкого давления (ПЭВД и ПЭНД).

Получены закономерности морфологических изменений модифицированных полиэтиленовых пленок в зависимости от уровня наполнения карбонатом кальция (CaCO_3) и дигидрокверцетином (ДКВ).

Установлены зависимости изменения физико-механических показателей модифицированных материалов на основе полиолефинов.

Выявлены закономерности изменения качества молочной продукции и пищевых моделей при их хранении в разработанной упаковке.

Разработан универсальный алгоритм получения упаковочных систем для молочной продукции на основе полиэтилена CaCO_3 .

Работа вносит существенный вклад в внедрение наукоемких решений в технологии производства модифицированных полимерных пленок для молочной продукции, что способствует повышению их конкурентоспособности и соответствию современным и перспективным стандартам качества.

Теоретическая и практическая ценность результатов диссертационной работы

Автором осуществлено развитие научно-технологических подходов в области создания и изучения полимерных материалов на основе ПЭВД, ПЭНД, модифицированных CaCO_3 и ДКВ для молочной продукции.

Установлена принципиальная возможность использования органических наполнителей в качестве основных модифицирующих компонентов для придания синтетическим материалам антиоксидантных свойств.

В результате проведенных исследований разработан и утвержден документ по стандартизации: СТО 00419785-086-2025 «Пленка полиэтиленовая высоконаполненная антиоксидантная».

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно и является результатом многолетних научных исследований. Автором лично определены актуальность, цель и задачи, обоснованы объекты и методы исследований; получены и обобщены теоретические и экспериментальные данные, сформулированы основные результаты и выводы.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения «О порядке присуждения учёных степеней»

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 11 печатных работах, в том числе, 1 статья в научных журналах индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 5 статей в научных журналах, рекомендуемых ВАК; 5 статей в материалах научных конференций и научных журналах, индексируемых в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных литературных источников (162 наименований) и пяти приложений. Основной текст изложен на 130 страницах, содержит 21 таблицу, 39 рисунков и 5 приложений. По структуре, порядку построения, объему, оформлению и изложению материала диссертация и автореферат полностью соответствуют требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденным Положением «О порядке присуждения учёных степеней».

Оценка содержания диссертации и ее завершенность

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определены цель и задачи исследования, раскрыта научная новизна, обозначены теоретическая и практическая значимость, а также подтверждена достоверность полученных результатов. Представлены методологическая база и применяемые методы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, а также приведены сведения о внедрении и апробации результатов работы.

В первой главе представлен развернутый анализ научной литературы, отражающий современные подходы к разработке модифицированных полимерных материалов. Рассмотрены ключевые виды полимеров и модифицирующих добавок, применяемых для улучшения свойств упаковки, включая антиоксидантные компоненты.

Во второй главе представлена схема проведения диссертационной работы и детально описаны объекты и методы исследования, включая параметры экспериментальных установок, применяемых для анализа физико-химических характеристик материалов. Подробно представлены стандартизированные методики, обеспечивающие достоверность и воспроизводимость полученных результатов.

Третья глава посвящена изучению физико-механических, структурно-механических, органолептических и микробиологических свойств полимерной упаковки на основе полиэтилена и модифицирующих компонентов на основе CaCO_3 и ДКВ. Приведены результаты исследования сохранности молочной продукции, упакованной в разработанные модифицированные материалы.

Представлены результаты исследования физико-механических характеристик модифицированных ПЭ пленок с различным содержанием CaCO_3 и ДКВ. Проведен сравнительный анализ влияния различных концентраций добавок на физико-химические свойства упаковки.

Проведенные исследования физико-механических свойств пленок из ПЭВД, наполненных CaCO_3 , показали, что значение прочности (σ) в продольном и поперечном направлениях при содержании наполнителя до 40% остается на уровне контрольного образца, затем возрастает, а при 70% снижается до

исходных значений. Анализ деформации (ϵ) выявил, что заметные изменения происходят при концентрации 40% и выше, при этом материал теряет эластичность. Это позволяет рекомендовать уровень наполнения не более 40% для обеспечения оптимальных прочностных характеристик. Прочность сварных швов в исследуемом диапазоне концентраций изменяется незначительно, что подтверждает способность всех образцов к эффективной термосварке и формированию надежных соединений.

Установлено, что введение ДКВ в количестве до 1,0% в матрицу ПЭВД с различной степенью наполнения CaCO_3 приводит к увеличению σ на 8,0% в продольном и до 6,5% в поперечном направлениях, при этом ϵ практически не изменяется, а отклонения от показателей ненаполненной пленки не превышают 5,0%.

Аналогичные исследования для пленок на основе ПЭНД также показали рост прочности при введении ДКВ: до 6,0% в продольном и до 3,3% в поперечных направлениях. При этом высоконаполненные пленки демонстрируют более высокие значения σ по сравнению с немодифицированной основой: увеличение составляет 17,8–20,6% в продольном и 13,1–21,0% в поперечных направлениях. Деформационные характеристики (ϵ) у ПЭНД изменяются более существенно, чем у ПЭВД: при наполнении 40% CaCO_3 снижение достигает 29,2–30,6%. Введение ДКВ снижает эти показатели не более чем на 10,0%.

Прочность сварных соединений пленок на основе ПЭВД при наполнении до 40% уменьшается на 18,0–60,0%, а при добавлении ДКВ (до 1,0%) изменение не превышает 6,0% относительно контрольных образцов. Для пленок на основе ПЭНД снижение прочности сварных швов при аналогичном уровне наполнения составляет 16,7–18,0%, а влияние ДКВ ограничивается изменением до 10,0%.

Исследование краевого угла смачивания показало, что ключевым фактором, влияющим на адгезионные свойства поверхности, является содержание CaCO_3 : для исходной пленки значения составляют 84–88°, при 20% наполнения — 90–100°, а при 40% — превышают 100°.

Анализ микроструктуры поверхности (СЭМ) высоконаполненных пленок с ДКВ выявил присутствие его частиц на поверхности, что может обеспечивать выраженный антиоксидантный эффект в зоне контакта с молочной продукцией. При этом диффузия частиц ДКВ наблюдается как к внешней, так и к внутренней поверхности пленки, что потенциально способствует улучшению адгезионных характеристик.

Результаты АСМ-анализа показали, что добавление CaCO_3 влияет на шероховатость и неоднородность поверхности материалов, тогда как введение ДКВ способствует ее выравниванию и повышению однородности.

Исследование ИК-спектров установило, что CaCO_3 изменяет базовую линию спектра полиэтилена и снижает интенсивность пиков по мере увеличения концентрации. Влияние ДКВ менее выражено из-за его низкого содержания, однако фиксируется смещение отдельных пиков (с 2918 до 2916 cm^{-1}), что может свидетельствовать о формировании новых связей типа C–C и CH_2 .

Проведенная органолептическая оценка показала, что все образцы соответствуют установленным требованиям. Однако при температуре 60 °C у трех образцов, содержащих ДКВ, зафиксированы критические значения показателя, что указывает на необходимость ограничения применения модифицированной упаковки с данным компонентом как по его концентрации, так и по условиям температурной эксплуатации изделий.

Содержание формальдегида во всех образцах значительно ниже предельно допустимого уровня, однако обнаружение его следов в водных вытяжках свидетельствует о слабом протекании процессов термоокислительной деструкции материалов. Результаты комплексных санитарно-химических исследований подтверждают, что миграция формальдегида и других летучих органических соединений в модельные среды (дистиллированную воду, а также растворы молочной кислоты концентрацией 0,3% и 3,0%) не превышает нормативных значений, установленных требованиями ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

Хроматографический анализ летучих соединений выявил присутствие в образцах небольшого количества неидентифицированных компонентов, однако их суммарное содержание не оказывает негативного влияния на безопасность упаковочного материала. При этом установлено, что характер хроматографических пиков, их интенсивность и время удерживания зависят от типа образца и используемой модельной среды. Полученные результаты согласуются с данными органолептической оценки запаха водных вытяжек. Также установлено отсутствие миграции металлов из пленочных материалов, наполненных CaCO_3 .

В ходе оценки устойчивости молочной продукции при хранении установлено, что разработанная упаковка на основе ПЭНД, модифицированная CaCO_3 и ДКВ в концентрациях 0,5 и 1,0%, не оказывает отрицательного воздействия на сливочное масло с массовой долей жира 82,5%. В течение всего периода хранения изменения вкуса и запаха образцов масла, упакованных в пленку с различным содержанием модификаторов, не выявлены.

Через 90 суток хранения у образцов, упакованных в немодифицированную пленку, отмечены изменения внешнего вида и окраски: на поверхности появились незначительные очаги потемнения («штафф»). В то же время у масла, упакованного в пленку с добавлением CaCO_3 и ДКВ, признаки окисления

поверхности проявлялись значительно позже — спустя 130 суток при содержании ДКВ 0,5% и через 180 суток при 1,0%.

Изменений кислотного числа во всех исследованных образцах масла, упакованных в модифицированную ПЭНД-пленку, не зафиксировано. Динамика показателей окислительной порчи носит характер, типичный для сливочного масла.

Автор пришёл к выводу, что ДКВ оказывает влияние на снижение перекисного числа жирового продукта и положительно влияет на органолептические показатели, включая внешний вид и цвет фасованного сливочного масла с массовой долей жира 82,5%. Это создаёт благоприятные предпосылки для применения разработанных модифицированных упаковочных материалов в качестве антиоксидантной упаковки, замедляющей протекание окислительных процессов.

На основании проведённых исследований была разработана технология полимерных модифицированных пленок с ДКВ и CaCO_3 , представленная в виде унифицированного алгоритма, а также проведена оценка экономической целесообразности внедрения данной технологии.

В заключении представлены выводы, которые в полной мере соотносятся с поставленными задачами и отражают основные результаты работы. Список литературы включает в себя работы отечественных и иностранных специалистов, тем самым демонстрируя объем проанализированной литературы.

Приложения содержат следующую информацию: Результаты органолептических исследований разработанных образцов модифицированных полимерных пленок на основе ПЭВД, ПЭНД, CaCO_3 и ДКВ в различных концентрациях (Приложение А), Результаты санитарно-химических исследований разработанных материалов в различные модельные среды (Приложение Б); Результаты оценки физико-химических, органолептических, микробиологических показателей и показателей окислительной порчи масла сливочного упакованного в разработанные модифицированные материалы (Приложение В); разработанная нормативная документация (Приложение Г), акты промышленной апробации и внедрения разработок в производство (Приложение Д);

В целом диссертационная работа Сиротина С.С. является законченным научным исследованием, направленным на решение актуальных задач, объединенных общим методологическим подходом. Методология работы построена грамотно и логично, материал представлен в доступной, статистически обработанной форме легкой к восприятию. Выполненная диссертация полностью соответствует паспорту специальности 4.3.3. Пищевые системы (Технические науки) пунктам 5; 12; 16; 27.

Вопросы, замечания и рекомендации по диссертационной работе

Несмотря на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной Сиротиным С.С., имеются следующие вопросы, замечания и рекомендации:

1. По результатам проведенного литературного обзора стоило бы представить в конце короткое заключение о перспективных модификаторах для использования в пищевой промышленности.
2. На страницах 52 – 54 представлены результаты физико-механических испытаний модифицированных ПЭНД и ПЭВД пленок. Поясните, чем можно объяснить уменьшение более чем в 2 раза показатель относительного удлинения при разрыве пленок на основе ПЭНД и ПЭВД модифицированных CaCO_3 с концентрацией 70%?
3. Поясните цели проведения блока исследований, повешённых оценке краевого угла смачивания разработанных образцов ПЭНД и ПЭВД пленок?
4. Почему данные по исследованию стойкости в хранении сливочного масла с массовой долей жира 82,5 % представлены только на образцах ПЭНД модифицированной пленки?
5. Поясните пожалуйста, можно ли распространить технологическое решение применению разработанных антиоксидантных пленок на другие продукты?
6. На страницах 69 – 71 представлены результат исследований поверхности разработанных образцов методом атомно-силовой микроскопии. Поясните с чем может быть связано изменение значений средней шероховатости (Ra) у образцов с различным содержанием наполнителя?
7. По тексту автореферата и диссертации встречаются опечатки и некоторые погрешности в оформлении.
8. В диссертационной работе и в автореферате не указан размер частиц CaCO_3 и ДКВ используемых при модификации.

Вместе с тем, данные вопросы и замечания не снижают высокой научной ценности и практической значимости результатов исследования.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Сиротина Сергея Сергеевича на тему «Разработка технологии высоконаполненного упаковочного материала с антиоксидантными свойствами для молочных продуктов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершённой, самостоятельной работой, выполненной на высоком научно-методологическом уровне, в которой

содержится решение научной проблемы, имеющей большое значение для молочной отрасли.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов, обоснованности выводов и рекомендаций диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-14 Положения «О порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с изменениями от 25.01.2024 г.), предъявляемым Министерством образования и науки Российской Федерации к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Сиротина Сергея Сергеевича, заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.3 – Пищевые системы.

Официальный оппонент:

доктор химических наук по специальности 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения, профессора, заведующего кафедрой «Промышленный дизайн, технология упаковки и экспертиза» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский биотехнологический университет (Росбиотех)» почтовый адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д.11.


Ирина Анатольевна Кириш
19 февраля 2026

Я, Ирина Анатольевна Кириш, даю согласие на включение моих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы связанные с защитой диссертации Сиротина Сергея Сергеевича, и их дальнейшую обработку.

Подпись руки Кириш И.А.
подтверждаю

Первый проректор


Д. В. Сусарин

