

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Васильева Ильи Юрьевича

на диссертационную работу

Сиротина Сергея Сергеевича

на тему: «Разработка технологии высоконаполненного упаковочного материала с антиоксидантными свойствами для молочных продуктов»

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы

Актуальность работы. В современных условиях развития пищевой промышленности особое внимание уделяют повышению качества и сохранности продуктов питания, а также пролонгации сроков их хранения без ухудшения органолептических свойств. Одним из основополагающих факторов, влияющих на сохранность пищевой продукции, является упаковка, которая обеспечивает не только защитные свойства, но и ее функциональность, предотвращая воздействие окружающей среды и замедляя процессы окисления пищевых продуктов в ней.

Молочные продукты относят к категории скоропортящихся пищевых товаров, чувствительных к воздействию кислорода, УФ-излучения и микроорганизмов. Окислительный процесс сопряжен не только с ухудшением органолептических свойств, но и с репродуцированием микроорганизмов. В связи с этим актуальной научно-практической задачей является разработка современных упаковочных материалов, способных эффективно препятствовать окислению и пролонгировать срок хранения молочной продукции.

Перспективным направлением в области упаковочных технологий является создание высоконаполненных полимерных упаковочных материалов, содержащих функциональные добавки, в том числе антиоксидантные. Такие материалы способствуют как обеспечению требуемых барьерных свойств, так и сохранению качества продукта, замедляя процессы окисления жиров и других компонентов молочных продуктов.

В связи с этим, диссертационная работа Сиротина С.С., целью которой является совершенствование научно-технологических подходов к созданию модифицированных упаковочных систем для молочных продуктов на основе полиолефинов, является актуальной научно-практической задачей.

Представленная к защите диссертационная работа выполнена в лаборатории технологий упаковки Федерального государственного автономного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности в рамках государственного задания по теме «Развитие научных принципов глубокой переработки и обеспечения длительного

хранения молочного сырья и продукции с применением малоотходных ресурсосберегающих технологий» периодом 2022-2024 г.

Структура и объем работы. Диссертационная работа Сиротина С.С. написана и сформирована по традиционной схеме и состоит из введения, литературного обзора, методологической части и третьей главы, в которой представлены анализ структуры и свойств разработанных упаковочных материалов на основе полиэтилена низкой и высокой плотности, наполненных органическими и неорганическими наполнителями. Заключение по работе, списка используемых источников, который включает 162 ссылки. Диссертационная работа содержит 39 рисунков, 21 таблицу, 5 приложений. Полный объем диссертационной работы изложен на 130 страницах машинописного текста. По объему и структуре диссертационная работа соответствует всем общепринятым требованиям.

Во введение диссертационной работы Сиротин С.С. обосновывает актуальность темы исследования, формулирует цель и задачи, научную новизну и практическую значимость результатов работы, их достоверность и обоснованность, охарактеризовывает методы исследования и апробацию их результатов, представляет основные положения, выносимые на защиту, приводит данные по наличию публикаций, а также по структуре и объему диссертации.

Литературный анализ состояния научной проблемы представляет собой информационный обзор по теме диссертации. В литературном обзоре автор рассматривает современные тенденции в области производства и потребления полимерных материалов, а также приводит разновидности термопластов и наполнителей различного происхождения, потенциально применяемых для производства композитов из них, предназначенных для упаковки.

Учитывая цель диссертационной работы, Сиротин С.С. уделяет особое внимание требованиям, предъявляемым к упаковочным материалам, среди которых выделяет барьерные характеристики (стойкость к паро-, влаго-, жиро- и газонепроницаемости), санитарно-гигиенические и органолептические свойства, так как совокупность всех этих требований позволяет направленно обеспечивать сохранность молочных продуктов в упаковке.

Важно отметить, что Сиротин С.С. в литературном обзоре также приводит анализ актуального направления как в пищевой, так и в упаковочной отрасли, связанного с разработкой antimicrobial полимерных упаковочных материалов, одним из преимуществ которых является сопоставимость с производством однослойной упаковки с возможностью пролонгации срока хранения пищевого продукта, что взаимосвязано с темой диссертационной работы.

Таким образом, в соответствии с целью и задачами диссертационной работы, Сиротиным С.С. проделана большая комплексная работа, которая включает в себя обоснование выбора полимерных матриц и неорганического наполнителя – мела при производстве полимерных композитов с возможностью

нивелирования теплофизическими и эксплуатационными свойствами, а также применение органического наполнителя – дигидрокварцетина для придания полимерным композициям стойкости к окислительному процессу, который необходимо учитывать при производстве упаковки для молочных продуктов.

Во втором разделе диссертационной работы Сиротиним С.С. представлены и аргументированы объекты исследования. Для получения полимерных композиций на основе полиолефинов (ПЭНП, ПЭВП), наполненных мелом и дигидрокварцетином, в работе использовали рукавно-выдвунную технологию экструзии. Для изучения структуры и свойств полимерных композиций использованы современные методы исследования: сканирующая электронная микроскопия, ИК-Фурье спектроскопия с приставкой МНПВО, а также ГОСТированное лабораторное оборудование по определению деформационно-прочностных свойств, лабораторные стенды по определению санитарно-химических и органолептических показателей, а также оборудование для хроматографических исследований.

В третьем разделе Сиротиним С.С. представлены результаты проведенных исследований и их обсуждение. Первая часть главы 3 включает в себя исследование по определению свойств полимерных композиций на основе полиолефинов двух марок – 15803-020 – ПЭВД и 276-73 – ПЭНД, наполненных мелом и ДКВ. Автор указывает, что разрушающее напряжение при растяжении полимерных композиций на основе полиолефинов, дисперсно-наполненных мелом до 70 мас. % снижается, и связывает это с низким межфазным взаимодействием в системе полимер-наполнитель, так как мел является инертной гидрофобной добавкой, что является логичным и обоснованным. Аналогичные результаты приводит и для полимерных композиций на основе полиолефинов в смесях с ДКВ. Образование гетерофазной структуры полимерных композиций влияет и на снижение прочности сварных швов, что необходимо учитывать при разработке упаковочных материалов из них.

Вторая часть третьей главы представляет собой анализ структурно-морфологических свойств полимерных композиций на основе полиолефинов, дисперсно-наполненных мелом и ДКВ, методом СЭМ. Автор отмечает, что дисперсные наполнители характеризуются гомогенным распределением в матрицах полиолефинов не только в их объеме, но и на поверхности, что влияет на увеличение антиоксидантных свойств. При этом рельеф поверхности, определяемый методом АСМ для полимерных композиций на основе полиолефинов и ДКВ, становится более гладким, а при наполнении мелом матриц полиолефинов полимерных композиций – наоборот, снижается. Эти эффекты оказывают влияние не только на взаимодействие с жидкими фазами, поскольку на поверхность упаковки наносят лакокрасочные покрытия, но и потенциально оказывают влияние на формирование упаковочных материалов из них.

Третья часть раздела «Результаты и их обсуждение» посвящена определению органолептических и санитарно-гигиенических показателей. Анализируя результаты водных вытяжек, автор установил, что полимерная основа не оказывает влияния на изменение органолептического профиля, а также отсутствие миграции низкомолекулярных веществ при максимальной концентрации мела и ДКВ в полиолефинах, что является неоспоримым преимуществом данной работы.

Важно также отметить, что автор в своей работе приводит практическую реализацию результатов исследования, по результатам которой разработанные упаковочные материалы являются рентабельными с возможностью масштабирования в технологическом производстве по созданию упаковочных материалов и с относительно невысокой себестоимостью.

В результате проведенных исследований разработаны и утверждены технические условия, техническая инструкция и стандарты организации: СТО 00419785-086-2025 – Пленка полиэтиленовая высоконаполненная антиоксидантная.

В заключении диссертационной работы сформулированы основные выводы, обобщающие результаты проведенного исследования. Представленные в диссертационной работе Сиротина С.С. экспериментальные данные отличаются научной новизной и практической значимостью.

Научная новизна проведенных исследований заключается в представлении впервые полученных соискателем данных о том, что:

- Развита методологическая основа и определены диапазоны применения антиоксидантных компонентов и минерального наполнителя при создании модифицированных полимерных материалов на основе 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 дигидрохлоридом (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 .

Важным научно-практическим результатом представленной к защите диссертационной работы является развитие научно-технологических подходов в области создания и изучения полимерных материалов на основе ПЭВД, ПЭНД, CaCO_3 и ДКВ для молочной продукции. Установлена принципиальная возможность использования органических наполнителей в качестве основных модифицирующих компонентов для придания синтетическим материалам антиоксидантных свойств.

Практическая значимость подтверждена документами по стандартизации: СТО 00419785-086-2025 «Пленка полиэтиленовая высоконаполненная антиоксидантная».

Апробация работы. Основное содержание диссертационной работы Сиротина С.С. представлено в автореферате и 11 печатных научных публикациях, из которых 5 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 статья (Q1), индексируемая в международной базе цитирования SCOPUS.

Результаты диссертационной работы докладывались на Международных и Всероссийских научных конференциях и опубликованы в 5 – материалах. Получены документы по стандартизации СТО 00419785-086-2025 «Пленка полиэтиленовая высоконаполненная антиоксидантная».

По содержанию диссертационной работы имеются замечания:

1. Чем обусловлена температура переработки полиэтилена низкой плотности в смесях с мелом - 231 °С ?

2. На рис. 3.1 представлены значения разрушающего напряжения при растяжении для продольного и поперечного направления полимерных композиций ПЭНП, наполненных мелом. Чем обусловлено повышение разрушающего напряжения при растяжении полимерной композиции 50 мас. % мела в смеси с ПЭНП, если в выводе указано о снижении межмолекулярного взаимодействия систем полимер-наполнитель при увеличении массового содержания последнего?

3. Не представлены данные по определению фазовых состояний полимерных систем на основе полиолефинов, наполненных мелом и ДКВ, методом ДСК, что позволило бы качественно описать теплофизические свойства (энтальпию и температуру плавления, кристалличность) с возможностью определения влияния структуры на их деформационно-прочностные свойства.

4. В пункте 3.1.3 более научно-обосновано было бы рассчитать термодинамическую работу адгезию, учитывая краевой угол смачивания полимерных композиций, а также их поверхностную энергию.

5. В пункте 3.5.1. указано, что температура плавления ДКВ составляет 224-230 °С, однако на СЭМ изображениях в п. 3.2.1 отчетливо видно, что ДКВ не переходит в вязкотекучее состояние, а распределяется в полимерной матрице в виде «хлопьевидных» частиц неправильной и/или игольчатой морфологии. Применимо ли использовать термин «температура плавления» для дисперсных наполнителей?

6. Не представлены структурно-морфологические свойства исходных мела и ДКВ, что позволило бы оценить влияние поверхностной активности частиц на их распределение в матрицах полиолефинов.

7. Структурное звено ДКВ имеет в составе гидроксильные группы, которые на ИК-спектрах отсутствуют. Чем это обусловлено? Может ли гидрофильность ДКВ влиять на барьерные свойства полимерных композиций?

8. В пункте 3.3.1 указано, что при получении образцов использовали термостабилизатор. Какое функциональное назначение имеет термостабилизатор в разработанных полимерных композициях при условии, что во втором разделе об этом наполнителе ничего не сказано? Какой химический состав и марка термостабилизатора?

9. Учитывая, что разработанные полимерные композиции являются высоконаполненными, важно учитывать барьерные свойства упаковки из них. Было бы логично и обоснованно привести данные по определению кислород- и паропроницаемости полимерных композиций, так как наличие мела и ДКВ в бинарных системах с ПЭНП и ПЭВП влияет как на снижение, так и на повышение барьерных свойств.

Указанные выше замечания не влияют на общее положительное мнение по работе Сиротина Сергея Сергеевича и не снижают ее достоинства и ценности.

Диссертационная работа оформлена грамотно, результаты доказательны, материал систематизирован и четко изложен. Автореферат отражает основное содержание диссертации. Название работы, цель, задачи, актуальность, научная новизна, практическая значимость и выводы не противоречат друг другу.

Заключение. Диссертационная работа Сиротина Сергея Сергеевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технологические решения в области переработки синтетических полимеров и наполнителей различного происхождения в упаковочные полимерные композиционные материалы для отечественной пищевой и упаковочной промышленности.

Рассмотренные в диссертации вопросы соответствуют направлениям исследований, включенных в паспорт специальности 4.3.3. Пищевые системы:

Направление исследований п.5: Технология мясной, молочной и рыбной продукции и холодильных производств.

Направление исследований п.12: Новые виды ресурсов и их применение в пищевых системах.

Направление исследований п.16: Обоснование и регламентирование показателей безопасности пищевой продукции и технологических процессов.

Направление исследований п.27: Технологии упаковочных материалов. Упаковка. Биоразлагаемые материалы.

По актуальности, новизне, уровню выполнения, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября

2013 г. в действующей редакции от 01 января 2025г.), а соискатель, Сиротин Сергей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Официальный оппонент, канд. тех. наук по специальности 2.6.11. (Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов. Технические науки), доцент кафедры инновационных материалов принтмедиаиндустрии ФГАОУ ВО Московского политехнического университета

Васильев
Илья Юрьевич

12.03.2026 г.

Подпись Васильева И.Ю. заверяю.



Контактные данные: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет»
107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38
Тел.: +7(999)-713-58-66
e-mail: iljanaras@ya.ru