

На правах рукописи



Полетаева Анна Николаевна

**РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ ДЛЯ УПАКОВКИ
БАКАЛЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Специальность 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре химии и технологии полимерных материалов и нанокompозитов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.)».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химии и технологии полимерных материалов и нанокompозитов ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.)»

Бокова Елена Сергеевна

Официальные оппоненты: **Марков Анатолий Викторович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов» Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

Пугачева Инна Николаевна, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», г. Москва

Защита состоится «13» декабря 2018 года в 10⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.144.07 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.)» по адресу 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, конференц-зал (ауд. 156).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.)» и сайте университета <https://kosygin-rgu.ru>

Автореферат разослан « _____ » _____ 2018 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.144.07, канд.хим.наук, доцент



Кузнецов Д.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В разнообразном ассортименте упаковочных материалов для пищевой промышленности несомненный интерес представляют полимерные пленки, как альтернативное упаковочное решение, которое может применяться наряду с традиционными материалами, такими как бумага, тканые материалы и др.

Большинство высокотехнологичных, многофункциональных пленочных материалов, используемых для упаковки пищевых продуктов, производятся и закупаются за рубежом, поэтому в условиях импортозамещения остро встает вопрос об их замене на отечественные аналоги, что требует от российских производителей разработок и внедрения современных конкурентоспособных материалов.

Особенно актуален этот вопрос для пищевой группы товаров, относящихся к стратегически важным, резервным, определяющим продовольственную безопасность государства. К таким продуктам относится представитель бакалейной группы товаров – мука пшеничная хлебопекарная, одновременно являющаяся продуктом повседневного спроса и стратегическим продуктом резервного хранения.

В качестве традиционных материалов для упаковки муки, как продукта розничной торговли, применяли мешки из натуральных материалов, затем пакеты из мелованной бумаги. Основными материалами для длительного хранения являлись льняные, джутовые, полотняные мешки, на место которых пришли тканые полипропиленовые (ПП). Несмотря на широкое распространение ПП-мешков, связанного с их высокой прочностью, эффективной защитой продукции от загрязнений крупными элементами и воздействия микроорганизмов, а также низкой себестоимостью, они не лишены недостатков. В частности, такой вид упаковки не способен в полной мере обеспечить защиту продукта от повышенной влажности и проникновения пыли, а также от окислительных процессов, ускоряющих химические процессы, приводящие к порче муки.

Учитывая существенный прогресс в области полимерной химии и технологии полимерного производства, возникла необходимость разработки нового упаковочного решения, обладающего комплексными физико-химическими, гигиеническими и эксплуатационными характеристиками, позволяющего снизить продовольственные потери муки хлебопекарной и увеличить сроки ее хранения, как в условиях розничной торговли, так и в условиях резервного складирования.

Цель работы – разработка технологических решений по созданию пленочных материалов на основе полиолефинов с комплексом структурных, морфологических и физико-химических характеристик для упаковки и увеличения сроков хранения муки пшеничной хлебопекарной.

В соответствии с поставленной целью в работе необходимо было решить следующие **задачи:**

– проанализировать ассортимент современных полимерных пленочных материалов для упаковки и хранения пищевой продукции и осуществить научно-обоснованный выбор объектов для разработки нового упаковочного решения применительно к хранению муки хлебопекарной;

- провести идентификацию состава полимерных пленок, анализ их морфологии и структуры;

- определить влияние химической природы полимеров, входящих в состав пленок, а так же структурных особенностей полимерных материалов на изменение физико-химических показателей муки при хранении в стандартных условиях и в условиях варьирования температурно-временных режимов;

- предложить оптимальную модельную структуру эффективного упаковочного материала для хранения муки, как в условиях розничной торговли, так и в условиях резервного складирования;

- разработать технологические решения, направленные на создание нового упаковочного материала с комплексом структурных и морфологических характеристик для упаковки и увеличения сроков хранения муки пшеничной хлебопекарной.

Научная новизна работы:

- предложен научно-обоснованный подход к разработке нового упаковочного решения на основе полиолефинов с комплексом структурных, морфологических и физико-химических характеристик для упаковки и увеличения сроков хранения муки пшеничной хлебопекарной;

- установлено влияние химической природы полимеров, а так же структурных характеристик полимерных пленок, таких как геометрия, форма и размер перфорации, степень продольной ориентации на показатели свойств упаковочного материала и физико-химических показателей муки при хранении в стандартных условиях и в условиях варьирования температурно-временных режимов;

- предложена модельная структура эффективного упаковочного материала для хранения муки, как в условиях розничной торговли, так и в условиях резервного складирования;

- доказана эффективность использования в качестве упаковочного решения для резервного хранения муки – трехслойных, одноосноориентированных перфорированных полотен на основе полиолефинов;

- установлено, что использование в качестве вкладыша в стандартный ПП-мешок перфорированного полотна, с заданными геометрическими и физико-химическими характеристиками, исключает продовольственные потери и увеличивает срок годности/хранения муки в условиях резервного складирования до 1 года.

Практическая значимость.

- разработаны технические решения по производству эффективной полимерной упаковки с заданным комплексом характеристик для создания нового упаковочного решения для хранения муки;

- применительно к виду упаковки для хранения муки, показана возможность использования в качестве экспресс-анализа методики ускоренного «старения», позволяющей адекватно оценивать физико-химические процессы окисления и сорбирования влаги через упаковочный материал в широком диапазоне изменения температурно-временных параметров;

– математически обоснованы геометрические параметры полимерных пленок: толщина, количество перфорированных отверстий на единицу поверхности, форма перфорации, а так же необходимая степень продольной ориентации материала, определяющие эффективность их использования в качестве вкладыша в стандартный ПП-мешок для долгосрочного хранения муки;

– предложен вариант интеграции разработанных технологических решений, в производственный процесс получения многослойных перфорированных пленок на основе полиолефинов методом плоскощелевой соэкструзии с их последующей одноосной ориентацией для придания требуемых структурных характеристик и показателей свойств, необходимых для долгосрочного хранения муки.

Методология и методы исследования. При выполнении работы использованы: основы теории переработки полимеров через расплавы методом экструзии; методы физического и математического моделирования, планирования эксперимента, статистической обработки результатов; оценка эффективности разработанных технических решений и материалов и другие современные методы теоретических и экспериментальных исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Анализ ассортимента современных полимерных пленочных материалов для упаковки и хранения пищевой продукции и научно-обоснованный выбор объектов для разработки нового упаковочного решения хранения муки хлебопекарной.

2. Результаты определения состава полимерных пленок, анализ их морфологии и структуры.

3. Результаты влияния химической природы полимеров, входящих в состав пленок, структурных особенностей пленочных материалов на изменение физико-химических показателей качества муки при хранении в стандартных условиях и в условиях ускоренного «старения».

4. Математическое обоснование параметров полимерной пленки, таких как форма и размер перфорации, а так же степень продольной ориентации, для использования в качестве вкладыша в стандартный полипропиленовый мешок.

5. Возможность внедрения разработанных технологических решений в производственный процесс получения многослойных перфорированных пленок на основе полиолефинов методом плоскощелевой соэкструзии с их последующей одноосной ориентацией.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в постановке, решении задач, получении экспериментальных данных, формулировании выводов по работе, разработке и изготовлении опытных образцов многослойных пленочных материалов. По результатам выполненных исследований опубликовано 18 печатных работ, 5 из которых – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Апробация работы. Основные научные и практические результаты работы были представлены на всероссийских, межрегиональных и международных конференциях: Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ – 2015), Москва 2015 г.; Международной научно-технической конференции «Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск, 2015 г.; X международной практической конференции

студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», Могилев, 2016 г.; Международном симпозиуме «Перспективные материалы и технологии», Витебск, 2017 г.; Седьмой Всероссийской Каргинской конференции «Полимеры – 2017», Москва, 2017 г.; Международной 51-ой научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, 2018 г.; V Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2018), Москва, 2018 г. и др.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, четырех глав, заключений по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка, 22 таблицы. Список литературы включает 128 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 8 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, обозначены цель и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе представлен обзор отечественной и зарубежной литературы, в котором обобщены современные тенденции в области производства и применения многослойных полимерных пленочных материалов на основе полиолефинов, как крупнотоннажного, экономически эффективного и физиологически безвредного полимерного сырья для производства и упаковки пищевой продукции. Отражены теоретические закономерности влияния химического состава и надмолекулярной структуры полимеров на формирование структуры и свойства пленок на их основе. Представлены сведения из нормативных документов (ГОСТ, СТО и т.п.) о требованиях, предъявляемых к хранению муки как объекта стратегического назначения в условиях розничной торговли и долгосрочного резервного складирования.

Во второй главе описаны объекты и методы исследования.

Объекты исследования – образцы многослойных пленочных материалов на основе полиолефинов монолитной структуры, а так же с перфорацией марок «ECOWAVE» (Италия) и «ПЭВ», «ПрофУпак» (Россия). Все образцы представляли собой многослойные пленки с числом слоев – три, были произведены методом плоскощелевой экструзии, имели одинаковую толщину – 120-150 мкм, были предназначены для пищевой продукции и соответствовали требованиям безопасности ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». Все образцы были условно закодированы, как Образец 1 – пленка с перфорацией; Образец 2 – пленка с перфорацией; Образец 3 – монолитная пленка; Образец 4 – монолитная пленка (Италия); Образец 5 – пленка с перфорацией; Образец 6 – пленка с перфорацией; Образец 7 – монолитная пленка (Россия).

Для выпуска опытных партий трехслойных соэкструзионных пленок в работе применяли: ПЭНП (ПВД 158) производства ОАО «Казаньоргсинтез»; изотактический ПП (ПП-30, гомо, рафия) производства ОАО «Уфимский НПЗ».

Объект хранения – мука пшеничная хлебопекарная первого сорта – производства ОАО «Мелькомбинат в Сокольниках» г. Москва. Массовая доля влаги – 12,2 %, КЧЖ – 18,7 мг КОН/г жира.

Методы исследования: Атомно-силовая микроскопия (АСМ); электронная сканирующая микроскопия (ЭСМ); цифровая микроскопия; инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия); дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК); метод определения кислотного числа жира КЧЖ (мг КОН/1 г жира), согласно ГОСТ Р 52466-2005; метод определения массовой доли влаги – м.д.в. (%), согласно ГОСТ 8.633-2007; метод определения газопроницаемости по кислороду; метод определения воздухопроницаемости; метод определения паропроницаемости; метод определения прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве, в соответствии с ГОСТ 14236-81.

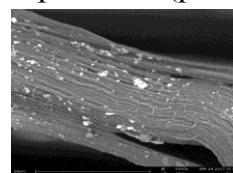
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Поиск оптимального упаковочного решения для резервного хранения муки предполагал проведение структурного анализа и идентификации упаковочных материалов.

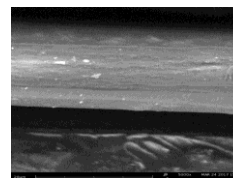
В качестве структурных характеристик пленок, от которых, вероятнее всего, может зависеть динамика изменения показателей качества муки в процессе хранения, в работе определяли их морфологию, толщину, форму и количество перфорированных отверстий, а также их суммарную площадь на единицу поверхности образца.

Как было указано в объектах исследования, все образцы пленок, взятые для анализа, по сведениям производителей, представляли собой трехслойные полимерные материалы, полученные методом плоскощелевой соэкструзии. Попытка определить количество слоев с использованием метода ЭСМ, не привела к очевидным результатам. На микрофотографиях практически всех образцов отчетливо просматривалась однородная структура с отсутствием явных границ раздела. Известно, что при правильном подборе соэкструдруемых полимеров, такой эффект может быть достигнут вследствие полного внутреннего отражения света на границе раздела слоев (рис.1а). Исключение составлял Образец №7, на микрофотографии которого отчетливо виден внутренний слой и два внешних, что может свидетельствовать о возможной комбинации в пленке плохо термодинамически совместимых полимеров, приводящей к эффекту внутреннего армирования (рис. 1б).

Визуальный осмотр образцов свидетельствовал об их равномерности и однородности. Отсутствие «волн» и других видимых дефектов, позволяло предположить о «симметричности» материалов, при которой, как минимум внешние слои пленок выполнены из одного и того же полимера. Для подтверждения этого предположения исследовали поверхность пленок с «лицевой» и «изнаночной» стороны, а также определяли их краевые углы смачивания.



а



б

Рис. 1. ЭСМ-изображения пленок: Образец №2 (а); Образец №7 (б)

Согласно данным АСМ, на примере Образцов №№ 2 и 5 (рис. 2), очевидно, что рельеф поверхности пленок с обеих сторон практически одинаков и характеризуется минимальной шероховатостью. Исключение составляет Образец № 7, имеющий ярко выраженные неровности.

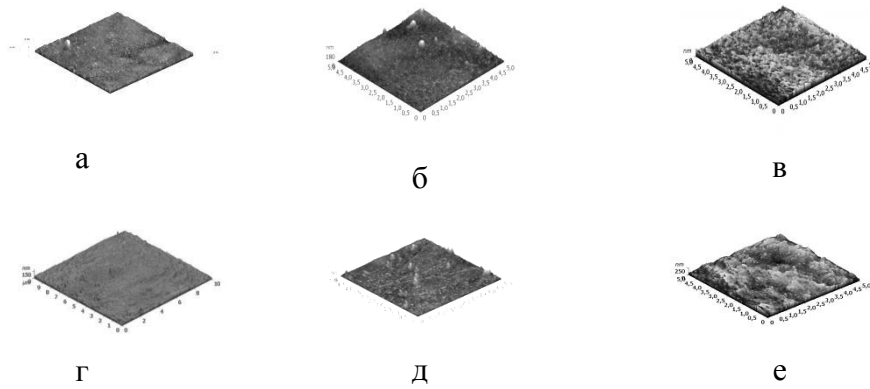


Рис. 2.
3d АСМ-изображение
поверхности пленок:
Образцы №№ 2, 5, 7
(а,б,в) - «лицевая»
(г,д,е) - «изнаночная»
стороны пленок

Определение краевых углов смачивания, значения которых для всех исследуемых образцов было одинаково как с «изнаночной», так и с «лицевой» стороны, подтвердило симметричность полимерных пленок и возможность идентичного химического состава внешних слоев.

На рис. 3 приведены микрофотографии перфорированных образцов пленок, полученные с помощью цифрового микроскопа МИКРОМЕД МС-2-Z00М при 30 и 40 кратном увеличении.

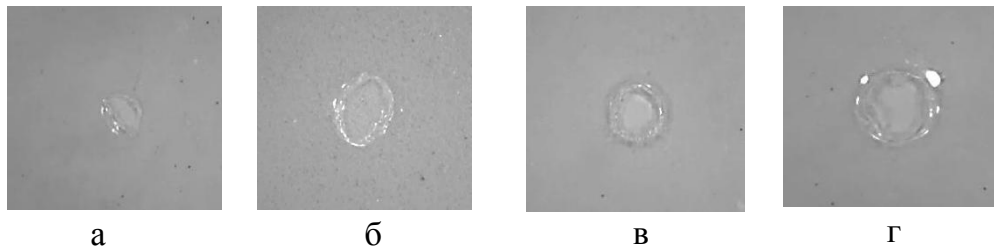


Рис. 3.
Микрофотографии
поверхности
перфорированных
Образцов
№№ 1(а), 2(б),
5(в) и 6(г)

Перфорированные отверстия имеют четко очерченную форму круга или эллипса (Образец №2) с заметно утолщенными краями. Это говорит о применении приема горячей перфорации, приводящей к оплавлению кромки отверстия, что необходимо для «залечивания» возможных дефектов, возникающих при прокалывании. Форма эллипса, вероятно, связана с ориентационной вытяжкой пленки, как способа дополнительной обработки при методе плоскощелевой экструзии, и позволяет предполагать наличие в составе Образца № 2 кристаллизующихся полимеров.

Пленки отличаются не только по количеству проколов на единицу поверхности их диаметру и форме, но и по общей открытой площади контакта с окружающей средой (табл. 1)

Таблица 1. Геометрические параметры перфорированных пленок

Код	Число проколов на 10мм ²	D отверстия, мм	S отверстия, мм ²	S отверстий на 10 мм ²	Форма
№ 1	10	0,67	0,35	3,50	круг
№ 2	4	0,45* × 0,20*	0,3	1,20	эллипс
№ 5	6	0,53	0,22	1,31	круг
№ 6	25	0,49	0,2	4,91	круг

*- длины полуосей эллипса

Согласно данным дифференциальной сканирующей калориметрии, Образцы №№ 1; 5; 4 и 6 имели практически одинаковые термограммы плавления и кристаллизации (рис. 4), на примере Образцов №№ 1 и 5)

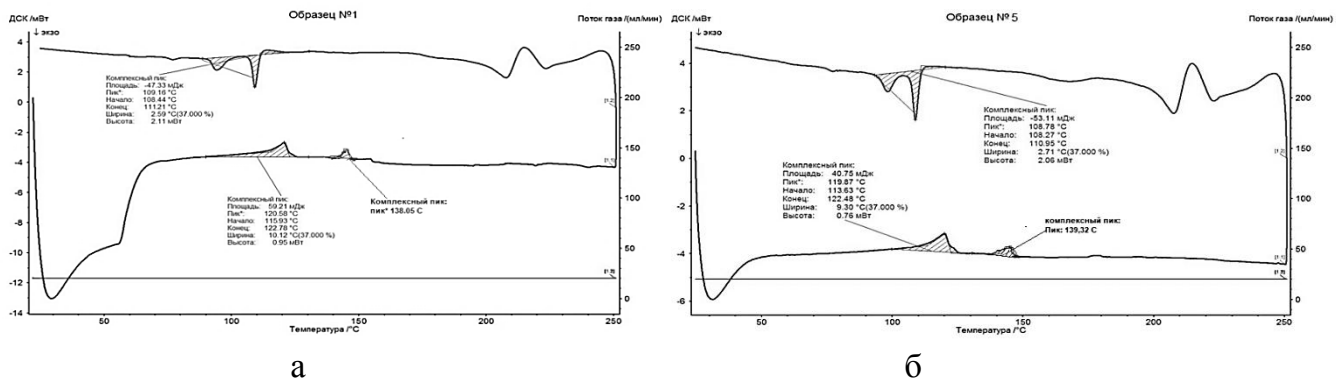


Рис. 4. Термограмма плавления и кристаллизации. Образец №1 (а), Образец №5 (б)

Полученные результаты свидетельствуют о наличии во всех образцах трехслойных пленок, полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) (широкий интервал $T_{пл} = 100-125$ °C). При этом, учитывая многослойность пленок, нельзя исключать присутствия в них вместо и/или в виде смеси с ПЭНП, линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП), температура плавления которого составляет 125 °C.

Образец №3 состоит только из ПЭНП (рис. 5а), о чем свидетельствуют узкий эндотик плавления (104 °C) и соответствующий ему экзотик кристаллизации (94,9 °C).

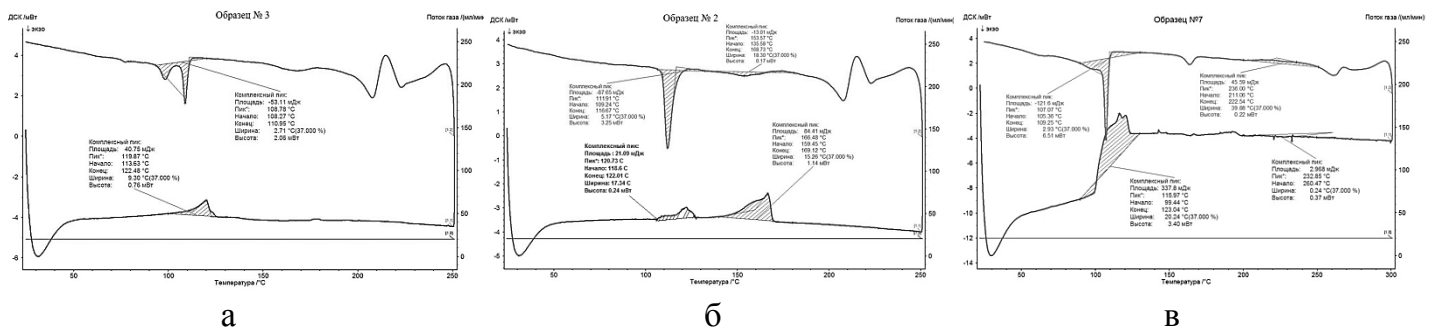


Рис. 5. Термограмма плавления и кристаллизации. Образец №3 (а), Образец №2 (б), Образец №7 (в)

В Образцах №№ 1;5;4,6 в качестве второго полимера идентифицирован полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) (узкий интервал плавления $T_{пл} = 135-140$ °C). В Образце № 2 (рис. 5б) помимо ПЭНП обнаружен изотактический полипропилен (ПП) (эндотик плавления в максимуме – 166 °C и менее выраженный экзотик кристаллизации – 153,6 °C). Это, как и в предыдущих случаях позволяет сделать вывод о преимущественном содержании в пленке ПЭНП при меньшем содержании ПП. В Образце № 7 (рис. 5в), наряду с наличием ПЭНП, зафиксирован полиамид (ПА) (нечетко выраженные пики в интервале плавления 220-240 °C и кристаллизации 211-222 °C), а также неопознанных веществ, дающие «помехи». Последнее является следствием наличия в пленках праймеров (адгезивов), необходимых для обеспечения прочной связи между слоями из полимеров, обладающих низкой термодинамической совместимостью.

Установлено, что в ИК-спектрах Образов №№ 1,2,3,4,5,6 (рис. 6а, на примере ИК-спектра Образца № 6) наблюдаются пики сильной интенсивности с волновыми числами 1375-1456 и 2837-2949 см^{-1} , и слабой интенсивности 718,5 см^{-1} , соответствующие валентным колебаниям метиленовых групп. Это подтверждает наличие в составе плёнок полиэтиленов низкой и высокой плотности.

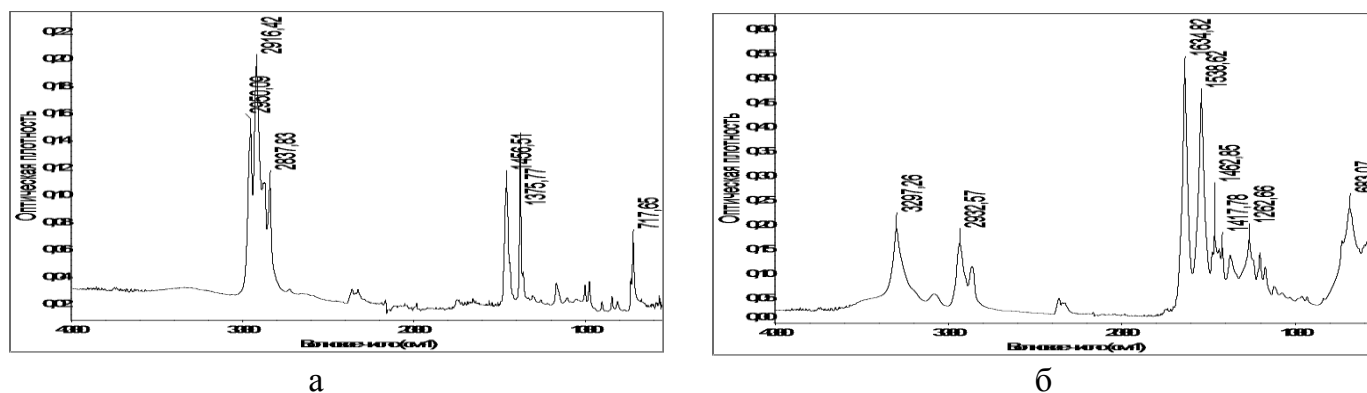


Рис. 6. ИК-спектр. Образец № 6 (а), Образец №7 (б)

Идентификация ПП в Образце № 2 не представлялась возможной из-за наложения полос поглощения валентных колебаний метиленовых и метиловых групп.

В спектре Образца №7 (рис. 6б) просматриваются дополнительные пики слабой 1262,7 см^{-1} и сильной 1634,8 см^{-1} интенсивности, подтверждающих наличие в пленках ПА.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МУКИ

Принимая во внимание, что мука хлебопекарная относится к «живой» продукции, качество которой во многом определяется способностью «дышать», то есть участвовать в воздухообмене с окружающей средой, для ее хранения необходим материал, позволяющий, с одной стороны, ограничить доступ влаги к продукту и защитить его от увлажнения, а с другой, обеспечить контроль окислительных процессов, происходящих в муке под воздействием кислорода воздуха, температуры и других внешних факторов.

Исходя из этого, для оценки возможности и эффективности использования полимерных пленок в качестве упаковки муки хлебопекарной, в работе исследовали изменение ее основных функциональных параметров, таких как кислотное число жира (КЧЖ, мг КОН/ г жира) и массовая доля влаги (ϕ , %). Эксперимент проводили в условиях длительного и ускоренного хранения.

Муку закладывали на хранение в пакеты, изготовленные из анализируемых образцов, каждый из которых имел два варианта исполнения, где одна и та же пленка контактировала с мукой условно «лицевой» и «изнаночной» стороной. Герметичность пакетов обеспечивали методом термической сварки на аппарате HANDSEALER CXP-400, предназначенном для сваривания слоев полиэтилена, полиэтилентерефталата, полипропилена, поливинилхлорида, полистирола.

Хранение образцов осуществляли в течение 3, 6, 9 и 12 месяцев при температуре $T = +10^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха $\phi = 50\%$ в холодильной камере специального назначения фирмы LIEBHERR (согласно стандартной методике хранения) и в тече-

ние 0,5; 1,5 ; 3 и 6 месяцев при температуре $T = +37^{\circ}\text{C}$; $\phi = 50-60\%$ в климатической камере BINDER серии M (хранение в условиях ускоренного «старения»).

По данным ГОСТ Р 52189-2003 и ГОСТ 31700-2012, для сохранности хлебопекарных свойств муки, массовая доля влаги в ней не должна превышать 14,5 %, а КЧЖ – 100 мг КОН/1г жира, по данным Всероссийского научно-исследовательского института зерна (ВНИИЗ) предельно допустимый показатель КЧЖ не должен превышать 80 мг КОН/1г жира.

Следует отметить, что для показателя КЧЖ помимо верхней границы, существует также минимальный нижний предел, начиная с которого мука считается «дозревшей» и годной к употреблению, это 30-50 мг КОН/ г жира. Исходя из этого, при выборе полимерной упаковки должна быть, решена сложная компромиссная задача обеспечения «дозревания» муки, для чего необходим контролируемый доступ кислорода, без достижения допустимого верхнего предела, с учетом необходимости дальнейшей реализации в розничной торговле.

В табл. 2, 3 приведены данные по изменению показателей качества муки при хранении в условиях варьирования температурно-временных режимов, в зависимости от упаковочной полимерной пленки, на примере ряда образцов различной структуры.

Таблица 2. Изменение показателей качества муки при хранении в стандартных условиях ($T = +10^{\circ}\text{C}$, $\phi = 50\%$)

Код	Контакт с мукой	Показатель качества	Срок хранения, месяцы			
			3	6	9	12
Образец №2	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	12,5	13,1	13,4	13,8
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	27,8	40,2	65,7	67,5
Образец №4	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	11,6	12,5	13,7	13,9
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	22,3	46,2	56,8	82,3
Образец №5	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	12,8	13,1	13,5	13,7
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	29,9	38,4	62,1	73,9
Образец №6	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	12,7	13,0	13,2	13,6
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	28,8	45,2	63,8	70,8
Образец №7	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	11,6	15,7	17,8	18,5
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	22,3	46,2	56,8	60,2
Контрольный	ПП тканый мешок	Массовая доля влаги, %	13,1	13,5	13,7	14,3
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	46,3	71,9	87,3	93,5
Контрольный	ПП тканый мешок с ПЭ вкладышем	Массовая доля влаги, %	13,5	13,1	12,9	12,8
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	51,3	78,4	90,5	90,8

* Показатели входного контроля муки: массовая доля влаги 12,2 %, КЧЖ 18,7 мг КОН/ г жира

Таблица 3. Изменение показателей качества муки при хранении в условиях ускоренного старения ($T = +37^{\circ}\text{C}$, $\phi = 50-60\%$)

Код	Контакт с мукой	Показатель качества	Срок хранения, месяцы			
			0,5	1,5	3	6
Образец №2	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	12,2	11,8	12,1	13,5
		КЧЖ, мг КОН/г жира	29,8	43,2	59,4	81,2
Образец №4	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	11,5	11,6	12,2	13,9
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	26,6	42,8	56,2	82,5
Образец №5	лицевая сторона	Массовая доля влаги, %	12,2	12,1	12,4	13,7
		КЧЖ, мг КОН/ г жира	33,4	43,6	58,9	80,2

Очевидно, что между показателями качества муки, определенными при хранении в стандартных условиях и условиях ускоренного «старения», для всех образцов, за исключением Образца № 7, существует линейная корреляционная связь, что делает возможным построение моделей прогноза показателей качества муки при хранении в требуемых условиях +10 °С, по показателям качества, полученным при критической температуре +37 °С за существенно короткий промежуток времени.

На рис. 7 представлены сравнительные линейные регрессионные зависимости показателей качества муки от сроков хранения, скорректированные с учетом уравнения $T(t) = 1.472 + 3.320 \cdot t - 0.261 \cdot t^2$ (1) (функции «перехода» от временного интервала 0,5-6 месяцев к интервалу 3-12 месяцев) при различных температурах (на примере Образца №2, вариант исполнения – «лицевая» сторона пленки к продукту).

В табл. 4 приведены линейные уравнения регрессии и значения коэффициентов корреляции, полученные для всех образцов.

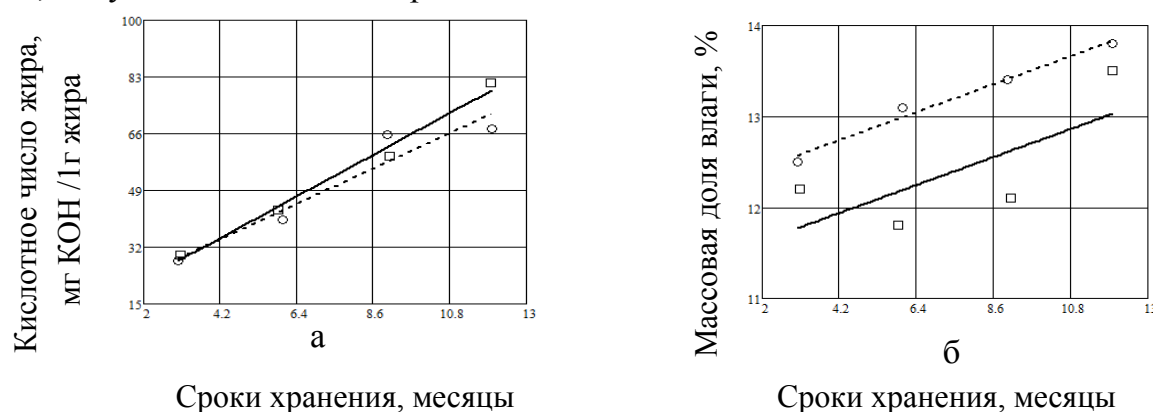


Рис. 7. Зависимость показателей качества муки от условий и сроков хранения

а – сплошная линия – линейная модель $10,8 + 5,68 \times t$ прогноза КЧЖ на срок до 12 месяцев (при оптимальной температуре) по данным для критической температуры хранения; пунктирная линия – линейная аппроксимация $14,2 + 4,81 \times t$ показателя КЧЖ при стандартных условиях хранения ($T=10^{\circ}\text{C}, \varphi = 50\%$). б – линейная модель $11,4 + 0,14 \times t$ прогноза влажности муки на срок до 12 месяцев (при оптимальной температуре) по данным для критической температуры хранения; пунктирная линия – линейная аппроксимация $12,15 + 0,14 \times t$ показателя влажности муки при стандартных условиях хранения ($T=10^{\circ}\text{C}, \varphi = 50\%$).

Таблица 4. Линейные уравнения и коэффициенты корреляции

Код	Линейные уравнения регрессии					
	КЧЖ, мг КОН/ г жира		$K_{кор}$	Массовая доля влаги, %		$K_{кор}$
	Оптимальное хранение ($T=10^{\circ}\text{C}$)	Ускоренное старение ($T=37^{\circ}\text{C}$)		Оптимальное хранение ($T=10^{\circ}\text{C}$)	Ускоренное старение ($T=37^{\circ}\text{C}$)	
№1	$5,75 + 5,53 \times t$	$14,1 + 4,18 \times t$	0,983	$11,45 + 0,13 \times t$	$10,2 + 0,19 \times t$	0,984
№2	$14,2 + 4,81 \times t$	$10,8 + 5,68 \times t$	0,930	$12,15 + 0,14 \times t$	$11,4 + 0,14 \times t$	0,647
№3	$7,65 + 5,95 \times t$	$9,3 + 6,01 \times t$	0,995	$12,45 + 0,07 \times t$	$12,45 + 0,08 \times t$	0,723
№4	$4,25 + 6,35 \times t$	$6,75 + 6,04 \times t$	0,993	$10,9 + 0,27 \times t$	$10,35 + 0,26 \times t$	0,791
№5	$12,2 + 5,19 \times t$	$15,1 + 5,19 \times t$	0,978	$12,01 + 0,1 \times t$	$11,4 + 0,16 \times t$	0,778
№6	$16 + 4,82 \times t$	$14,8 + 5,41 \times t$	0,965	$12,4 + 0,1 \times t$	$12 + 0,12 \times t$	0,985
№7	$15,3 + 4,14 \times t$	$15,6 + 4,77 \times t$	0,994	$10,2 + 0,76 \times t$	$10,3 + 0,78 \times t$	0,999

Коэффициенты всех уравнений значимы, что подтверждает принцип соответствия сроков хранения муки при оптимальной и критической температурах. Это в свою очередь может быть использовано для построения моделей прогноза, сокращения времени эксперимента и экстраполяции результатов изменения показателей качества муки при повышенной температуре $T = +37^{\circ}\text{C}$, полученные за 0,5-3 месяца, на показатели качества при хранении в стандартных условиях $T = +10^{\circ}\text{C}$, в течение 6-12 месяцев.

В целом, анализ данных, приведенных в табл. 2, позволяет разделить все Образцы экспериментальных пленок на три группы: Образец № 7 не пригодный для хранения муки; Образцы №№ 3 и 4, удовлетворяющие только условиям кратковременного хранения; универсальные Образцы №№ 1, 2, 5, 6, пригодные как для кратковременного, так и для длительного хранения муки.

Для последней группы образцов, с учетом полученных уравнений, в работе спрогнозированы сроки розничной реализации муки, хранившейся в экспериментальных образцах в течение 12 месяцев, без критического снижения показателей ее качества. За начальные показатели качества муки были приняты: КЧЖ – 100 мг КОН/1г; массовая доля влаги – 14,5 % (рис.8).

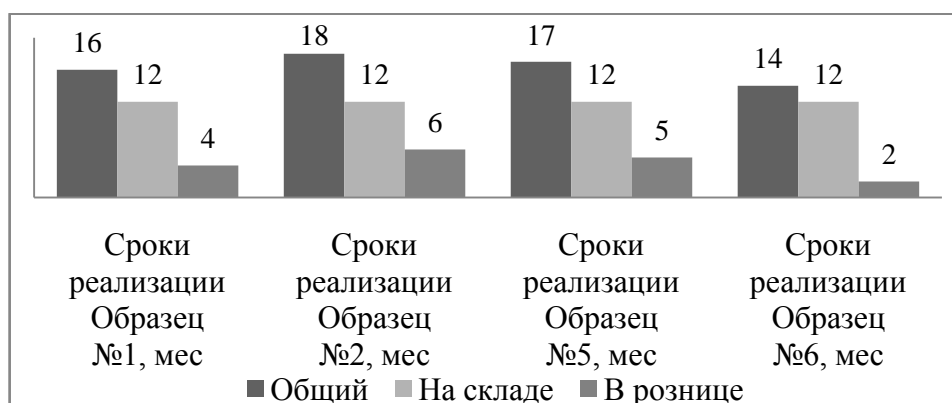


Рис. 8. Прогнозируемые сроки реализации муки в зависимости от применяемой полимерной упаковки

Видно, что самый большой срок реализации имеет мука, хранившаяся в Образцах №№ 2 и 5.

Из данных табл. 2 и 3, очевидно также, что все предлагаемые материалы из третьей группы по способности обеспечения качества муки превосходят стандартные полипропиленовые мешки и для них не принципиален вариант исполнения пакета. Последнее позволяет подтвердить предположение об идентичности химического состава и структуры внешних слоев трехслойных пленок.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МУКИ

Согласно классификации образцов по способности обеспечения сохранности показателей качества муки, с учетом их химической идентификации и структурного анализа, а также исходя из теоретических предпосылок и технологических особенностей производства многослойных пленок из расплава полимера методом плоскощелевой экструзии, в работе были предложены следующие возможные схемы сочетания полимеров в многослойных пленках (табл.5).

Таблица 5. Состав полимерных пленок для длительного и розничного хранения

Код	Морфология пленки	Полимер	Вид хранения
Перфорированные пленки			
№1	с частой перфорацией	ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП	для длительного хранения до 12 мес. с последующей реализацией в рознице в течение 4 мес.
№2	с редкой перфорацией	ПЭНП–ПП–ПЭНП	для длительного хранения до 12 мес. с последующей реализацией в рознице в течение 6 мес.
№5	с редкой перфорацией	ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП	для длительного хранения до 12 мес., с последующей реализацией в рознице в течение 5 мес.
№6	с частой перфорацией	ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП	для длительного хранения до 12 мес. с последующей реализацией в рознице в течение 2 мес.
Монолитные пленки			
№3	монолитная	ПЭНП–ПЭНП–ПЭНП	для резервного хранения в течение 6 мес. с последующей реализацией в течение 3 мес.
№4	монолитная	ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП	для резервного хранения в течение 6 мес. с последующей реализацией в течение 3 мес.

Общим структурным признаком первой группы – Образцы №№ 1, 2, 5, 6, пригодные для длительного резервного хранения муки, с последующей ее реализацией в рознице в течение определенного срока, является наличие перфорации. Общими признаками идентичности по химическому составу – сочетание в материалах ПЭНП и ПЭВП, за исключением Образца № 2, в составе которого определен изотактический полипропилен. Ко второй группе относятся монолитные трехслойные пленки, состоящие из полиолефинов (Образцы №№ 3 и 4).

Общим для всех, без исключения, образцов является присутствие в пленках ПЭНП, в качестве основного полимера внешних слоев.

В пользу последнего аргумента свидетельствуют результаты анализа поверхности методом АСМ, из которых очевидно, что внешние слои состоят из аморфных или слабо кристаллизующихся полимеров, что подтверждает отсутствие в структуре значительных микровыступов кристаллитов, приводящих к явно выраженным шероховатостям поверхности пленок; абсолютные величины краевых углов смачивания, а также данные ДСК, где, несмотря на идентификацию в пленках полимеров, имеющих более высокую степень кристалличности и регулярную структуру, экзо и эндопики ПЭНП более явно выражены и их площадь существенно больше, чем для ПЭВП или изотактического ПП (степень кристалличности 80%).

Особого внимания и более подробного структурного анализа требуют перфорированные образцы из первой группы, эффективные для резервного хранения муки.

Математическая оценка диффузионных потоков через полимерную матрицу и ламинарного пуазейлевского течения через перфорированное отверстие показала, что поток газа через отверстие в пленке во много раз превосходит поток газа диффундирующего через полимерную матрицу $P_0 \gg P_D$ (порядок отличия 10^{21}), что очевидно и говорит об основном вкладе в процессы окисления и влагонасыщения муки потоков кислорода и паров воды через отверстие.

Сопоставляя данные табл. 1 и 5, можно предположить, что не принимая во внимание вид полимера, при одинаковой толщине и структуре пленки, для регулируемого процесса жизнедеятельности муки, необходима и достаточна открытая площадь контакта

с окружающей средой приблизительно равная $120 \times 10^{-6} \text{ м}^2$ на 1 м^2 пленки. Необходимую площадь контакта можно достичь, регулируя количество проколов на единицу поверхности, либо применяя перфоратор с разным диаметром игл.

Отличительной особенностью Образца № 2 является наличие в пленке отверстий в форме «эллипса», что вызывает вопрос о природе его происхождения, необходимости перфорации именно такой формы, и о вкладе этого геометрического фактора в свойства пленки и технологию ее производства. Для ответа на этот вопрос в работе исследовали Образцы №№ 2 и 5, имеющие разную форму перфорации, которая обеспечивала при этом практически одинаковый контакт с окружающей средой.

Результаты испытаний приведены в табл. 6.

Таблица 6. Показатели деформационно-прочностных свойств пленок

Код	Прочность при разрыве, Мпа		Относительное удлинение, %	
	в продольном направлении	в поперечном направлении	в продольном направлении	в поперечном направлении
№2	28,5	19,0	180	130
№5	39,7	34,7	165	144

Разница в величинах абсолютных показателей и явная анизотропия свойств пленки Образца №2, свидетельствует о применении приема одноосной ориентации вдоль направления движения материала, о чем свидетельствует форма отверстия в виде «эллипса». В работе было установлено, что для достижения определенной ориентации скорость тянущих валов должна быть в 1,42 раза больше скорости валов предварительного нагрева.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВА УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА С ЗАДАНЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ

Исходя из проведенных исследований и полученных результатов, в работе были сформулированы технические и технологические решения, направленные на создание новых упаковочных материалов на основе полиолефинов, с комплексом структурных, морфологических и физико-химических характеристик для упаковки и увеличения сроков хранения муки пшеничной хлебопекарной.

1. Для расфасовки муки, поступающей в розничную торговлю – пакеты из трехслойных полимерных пленок монолитной структуры, произведенные методом плоскощелевой соэкструзии, на основе ПЭНП (внешние слои) и ПЭВП (внутренний несущий слой) с прогнозируемым сроком хранения и реализации в них муки хлебопекарной. По желанию производителя к ПЭНП может быть добавлен ЛПЭНП, в качестве технологической добавки, в количестве от 15 до 20% для интенсификации процесса экструзии, уменьшения толщины пленки, увеличения ее прочности. Для получения пленок могут быть использованы стандартные соэкструзионные линии с встроенным агрегатом для дуосной ориентации в одну или две стадии.

2. Для расфасовки муки в целях создания запасов для долгосрочного резервного хранения – перфорированные пакеты вкладыши в тканые полипропиленовые мешки в двух вариантах исполнения ПЭНП–ПП–ПЭНП и ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП, отвечающие требованиям ГОСТ 32522-2013 «Мешки тканые полипропиленовые. Общие технические ус-

ловия», предусматривающий применение мешков-вкладышей из полиэтиленовой пленки ГОСТ 10354-82 «Пленка полиэтиленовая. Технические условия» Для получения пленок могут быть использованы стандартные соэкструзионные линии с дополнительным агрегатом для ориентации пленок. По согласованию с потребителем, мешки-вкладыши могут быть вложены или вшиты в тканый полипропиленовый мешок или входить в комплект поставки мешка. Эффективность использования материалов в качестве вкладыша в стандартный полипропиленовый мешок для хранения муки подтверждена Актом производственных испытаний ФГБУ НИИ Проблем Хранения Росрезерва.

Согласно предложенной рецептуре и технологии производства пленок методом плоскощелевой соэкструзии, в полупроизводственных условиях ООО ИНТЦ ПОИСК, выпущена опытная партия перфорированного трехслойного полимерного материала на основе полиолефинов, эффективность применения которого подтверждена экспериментальными исследованиями (табл. 7).

Таблица 7. Показатели свойств экспериментальной полимерной пленки

Характеристики	Состав
	ПЭНП-ПП-ПЭНП
Толщина, мкм	150
Структура	перфорированная
Геометрия перфорации	эллипс
S отверстий на 1 м^2 S пов. пленки	120×10^{-6}
Способ получения	Плоскощелевая экструзия с последующей продольной ориентацией при разнице линейных скоростей до и после ориентации 1,42
Сроки хранения муки	до 12 мес., с последующей реализацией в рознице в течение 6 мес.
Предел прочности при растяжении, МПа	65/45
Относительное удлинение при разрыве, %	360/240

ВЫВОДЫ

1. Предложен научно-обоснованный подход и разработаны технологические решения по проектированию и производству упаковочных материалов на основе полиолефинов с комплексом структурных, морфологических и физико-химических характеристик для упаковки и увеличения сроков хранения муки пшеничной хлебопекарной.

2. Проанализирован ассортимент современных полимерных пленочных материалов для упаковки и хранения пищевой продукции и осуществлен научно-обоснованный выбор соэкструзионных трехслойных пленок как объектов для упаковки и хранения муки. Получены результаты изменения показателей качества муки (КЧЖ и массовой доли влаги) в зависимости от упаковочного решения при хранении муки в контролируемых температурно-временных интервалах.

3. Получено уравнение экстраполяции сроков хранения муки при критической температуре на сроки хранения в стандартных условиях. Предложены линейные уравнения регрессии, позволяющие со степенью достоверности 0,995 (по показателю КЧЖ) и 0,990 (по массовой доле влаги), применять на практике метод ускоренного «старения» и экстраполировать результаты изменения показателей качества муки при повышенной

температуре $T = +37^{\circ}\text{C}$, полученные за 0,5-3 месяца, на показатели качества муки при хранении в стандартных условиях при $T = +10^{\circ}\text{C}$, в течение 6-12 месяцев.

4. Установлены закономерности влияния вида полимерной упаковки на процессы влагопоглощения и окисления муки. Выявлены полимерные материалы непригодные для хранения муки; удовлетворяющие только условиям кратковременного хранения, а также универсальные, пригодные как для кратковременного, так и для длительного резервного хранения. Показано, что все полимерные материалы из последней группы по способности обеспечения качества муки превосходят стандартные полипропиленовые мешки.

5. С целью выявления морфологических особенностей, геометрических различий, связанных с химическим составом и технологией производства многослойных пленок, проведен их структурный анализ. Методами АСМ, ЭСМ, определением краевых углов смачивания установлена «симметричность» материалов, при которой, как минимум внешние слои трехслойных пленок выполнены из одного вида полимера.

6. Определен состав полимеров в трехслойных соэкструзионных пленках. Методами ДСК и ИК-спектроскопии доказано наличие во всех образцах ПЭНП, в ряде образцов в качестве второго полимера идентифицирован ПЭВП, в Образце № 2 – изотактический ПП, в Образце №7 – ПА.

7. Установлено влияние структуры, состава и свойств полимерных пленок на изменения показателей качества муки, предложены научно-обоснованные и подтвержденные экспериментально схемы послойного сочетания полимеров в трехслойных пленках. Выявлены общие структурные признаки и признаки соответствия по составу группы материалов. Для длительного резервного хранения муки – наличие перфорации и сочетание в материалах полиолефинов по схеме ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП и ПЭНП–ПП–ПЭНП; для кратковременного хранения муки – монолитные пленки ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП; непригодные для хранения – пленки, содержащие ПА.

8. Определены геометрические размеры перфорации и площадь открытого контакта упакованного продукта с окружающей средой. Экспериментально установлено, что необходимая и достаточная суммарная площадь открытой поверхности в перфорированной пленке, для контролируемого протекания влагообменных и окислительных процессов в продукте хранения должна составлять порядка $120 \times 10^{-6} \text{ м}^2$ на 1 м^2 пленки.

9. С использованием математического аппарата в работе на примере Образца № 2 определена степень продольной вытяжки, в процессе одноосного ориентирования многослойной соэкструдированной пленки, позволяющая повысить прочностные показатели материала.

10. Разработаны и рекомендованы к применению новые упаковочные решения. Для расфасовки муки, поступающей в розничную торговлю – пакеты из трехслойных полимерных пленок монолитной структуры, произведенных методом плоскощелевой соэкструзии, на основе ПЭНП (внешние слои) и ПЭВП (внутренний несущий слой). Для расфасовки муки в целях создания запасов для долгосрочного резервного хранения – перфорированные пакеты вкладыши в тканые полипропиленовые мешки в двух вариантах исполнения ПЭНП–ПП–ПЭНП и ПЭНП–ПЭВП–ПЭНП. Эффективность применения материалов подтверждена актом производственных испытаний ФГБУ НИИ Проблем

Хранения Росрезерва, а так же оценкой социально-экономической эффективности от их внедрения.

11. Согласно предложенной рецептуре и технологии производства пленок методом плоскощелевой соэкструзии, в полупроизводственных условиях ООО ИНТЦ ПОИСК, выпущена опытная партия трехслойного полимерного материала на основе полиолефинов и показана эффективность его использования в качестве вкладыша в стандартный полипропиленовый мешок для хранения муки в условиях резервного складирования в течение 1 года без потери ее качества.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых журналах и изданиях, включенных в перечень ВАК

1. **Голованова А.Н.**, Бокова Е.С., Евсюкова Н.В., Кузнецова Д.С. Применение метода дифференциально-сканирующей калориметрии для идентификации и анализа термоокислительной стабильности полимерных плёнок. [Текст] // Пластические массы. – 2015.–№ 3-4. – с. 32-35.
2. **Голованова А.Н.**, Гурьева К.Б., Сумелиди Ю.О., Магаюмова О.Н., Белецкий С.Л. Применение современной полимерной упаковки для защиты от влияния внешних факторов и увеличения сроков хранения гречневой крупы. [Текст] // Биотехносфера. – 2015. –№ 3/39/2015.– С. 54-57.
3. **Голованова А.Н.**, Бокова Е.С., Евсюкова Н.В., Кузнецова Д.С. Перспективные полимерные материалы для упаковки и хранения бакалейной продукции. [Текст] // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – №10/2015. – с. 56-58.
4. Бокова Е.С., **Полетаева А.Н.**, Евсюкова Н.В. Полимерно-пленочные материалы на основе полиолефинов для упаковки бакалейной продукции [Текст] // Пластические массы. – 2018.–№ 7-8. – С. 51-56.
5. **Полетаева А.Н.**, Островский Ю.К., Бокова Е.С., Евсюкова Н.В. Прогнозирование сроков хранения муки в полимерной упаковке [Текст] //Дизайн и технологии – 2018.–№ 65(3). – С. 79-87.

Другие статьи и материалы конференций

1. **Голованова А.Н.**, Гурьева К.Б., Кузнецова Д.С. Возможности дифференциальной сканирующей калориметрии для лабораторных исследований полимерных упаковочных материалов. // Теория и практика длительного хранения: информационный сборник; под общей редакцией С.Е. Уланина / ФГБУ НИИПХ Росрезерва. – М., 2014. - № 4(28). - С. 19-24.
2. **Голованова А.Н.**, Когтева Е.Ф., Черенков А.А., Гурьева К.Б., Кузнецова Д.С. Анализ показателей качества муки пшеничной хлебопекарной в процессе хранения в разных видах упаковок при разных температурных режимах. // Теория и практика длительного хранения: информационный сборник; под общей редакцией С.Е. Уланина / ФГБУ НИИПХ Росрезерва. – М., 2015. - № 1(29).- С. 21-30.
3. **Голованова А.Н.**, Когтева Е.Ф., Черенков А.А., Гурьева К.Б., Кузнецова Д.С. Анализ показателей качества муки пшеничной хлебопекарной в процессе её производственного хранения с применением перфорированного полимерного вкладыша. // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: междунар. сб. науч. ст. / ФГБУ НИИПХ Росрезерва; под общ. ред. С.Е. Уланина. – М.: Галлея-Принт, 2015. - №2(30) – С. 64-69 - Прил. к информ. сб. «Теория и практика длительного хранения».

4. **Голованова А.Н.,** Когтева Е.Ф., Гурьева К.Б., Кузнецова Д.С. Применение полиолефиновых пленок для упаковки и хранения бакалейной продукции. // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – №11/2015. - С. 53-58.
5. **Полетаева А.Н.,** Когтева Е.Ф., Гурьева К.Б., Кузнецова Д.С. Изучение влияния упаковки из полимерных пленочных материалов на основе полиолефинов на сохранность муки при длительном хранении. // Теория и практика длительного хранения: информационный сборник; под общей редакцией С.Е. Уланина / ФГБУ НИИПХ Росрезерва. – М. – 2016. - № 4(36).- С. 47-52.
6. **Голованова А.Н.,** Бокова Е.С., Евсюкова Н.В., Кузнецова Д.С. Применение метода инфракрасной спектроскопии для идентификации полимерных пленочных материалов.// Тезисы докладов X международной практической конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств». Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилев, Респ. Беларусь. – 2016 - С. 83
7. **Полетаева А.Н.** Влияние барьерных свойств многослойных пленочных материалов на изменения, происходящие в продуктах во время их хранения. // Теория и практика длительного хранения: информационный сборник; под общей редакцией С.Е. Уланина / ФГБУ НИИПХ Росрезерва. – М., 2017. - № 1(37).- С. 35-37.
8. **Полетаева А.Н.** Гурьева К.Б. Современные методы идентификации пленочных материалов для пищевой промышленности. // Теория и практика длительного хранения: информационный сборник; под общей редакцией С.Е. Уланина / ФГБУ НИИПХ Росрезерва. - М., 2017. - № 2(38).- С. 75-79.
9. **Полетаева А.Н.,** Бокова Е.С., Евсюкова Н.В. Влияние барьерных свойств многослойных пленочных материалов на изменения, происходящие в продуктах во время их хранения. // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: междунар. сб. науч. ст. / ФГБУ НИИПХ Росрезерва; под общ. ред. С.Е. Уланина. – М.: Галлея-Принт, 2017.-№7(30) – С. 233-239.
10. **Полетаева А.Н.,** Когтева Е.Ф., Полякова Е.А. Изучение влияния упаковки из полимерных пленочных материалов на основе полиолефинов на сохранность муки при длительном хранении. // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: междунар. сб. науч. ст. / ФГБУ НИИПХ Росрезерва; под общ. ред. С.Е. Уланина. – М.: Галлея-Принт, 2017.-№7 - С. 240-248.
11. **Полетаева А.Н.,** Бокова Е.С., Евсюкова Н.В. Применение современных методов исследования для изучения структуры и свойств пленочных материалов.// Тезисы Международного симпозиум «Перспективные материалы и технологии». – Витебск, 22-26 мая 2017. - С. 275-277.
12. **Полетаева А.Н.,** Бокова Е.С., Евсюкова Н.В., Кузнецова Д.С. Исследование влияния полимерной упаковки материалов на физико-химические показатели муки. // Тезисы Седьмой всероссийской Каргинской конференции «Полимеры-2017». – М., 13–17 июня 2017 г. - С. 698.
13. **Полетаева А.Н.,** Бокова Е.С., Евсюкова Н.В. Техническое решение по усовершенствованию упаковочных материалов для хранения муки.// Тезисы научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» ИНТЕКС-2018. – М., 17-19 апреля 2018 г. - С. 134-137.