

Федорович Ирина Владимировна

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА
ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ЗЕРНОПРОДУКТОВ И МУКИ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ХРАНЕНИЯ**

Специальность: 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Янова Марина Анатольевна

Официальные оппоненты: **Суворов Олег Александрович**,
доктор технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Российский биотехнологический
университет (РОСБИОТЕХ)», профессор
кафедры «Индустрия питания, гостиничного
бизнеса и сервиса»

Руденко Оксана Сергеевна,
кандидат технических наук,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение «Российская академия наук»,
начальник сектора хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции отдела
сельскохозяйственных наук РАН

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»

Защита состоится «27» ноября 2025 г. в 09⁰⁰ на заседании
диссертационного совета 35.2.018.03 на базе Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Красноярский государственный аграрный университет» по адресу:
660049, г. Красноярск, проспект Мира, 90, тел.: +7(391)227-36-09, e-mail:
dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Присухина
Наталья Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Выращиваемое зерно и производимые из него зернопродукты для любого государства являются стратегически важнейшим пищевым сырьем, определяющим его пищевую безопасность. Как в рамках Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, так и в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации целью является обеспечение качества пищевой продукции как важнейшей составляющей жизни населения.

Сырье, полученное из экструдата зерновых культур, обладает определенными органолептическими и физико-химическими свойствами, обусловленными в первую очередь самой технологией, что позволяет отнести его к новому виду пищевых продуктов – текстурированным углеводным продуктам. Введение в рецептуры пищевых добавок в виде текстурированных зернопродуктов является достаточно частым явлением, базирующимся на широком круге исследований. Учитывая, что данное пищевое сырье достаточно широко используется в хлебопекарной и кондитерских отраслях, выбор способа хранения на основе комплексного изучения различных показателей в сравнении с мучным сырьем, как наиболее близким по содержанию макронутриентов, является актуальной задачей, требующей своего решения.

Степень разработанности темы. В развитие основ теории и практики экструзии внесли вклад российские и зарубежные ученые и исследователи: О.В. Абрамов, В.Н. Василенко, В.Г. Карпов, В.А. Коваленок, Г.О. Магомедов, А.Н. Остриков, Ю.Ф. Росляков, А.С. Рудометкин, М.А. Янова, Е.С. Bernhardt, G.H. Jepson, Z. Tadmor и многие другие. Вопросам технологии хранения муки и зернопродуктов, их качества были посвящены работы ученых Л.А. Трисвятского, Н.П. Козьминой, специалистов Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (в т. ч. Л.Г. Приезжевой, Е.П. Мелешкиной, В.Ф. Сорочинского и т. д.), Т.П. Турчаниновой – в области бестарного хранения муки, К.Б. Гурьевой – в области длительного хранения, О.А. Суворова – при изучении вопросов качества, безопасности и хранения продовольственного сырья и продуктов, Л.В. Анисимовой – при изучении стойкости при хранении овсяной и ячменной муки и др. Однако, следует отметить, что, несмотря на неуклонный рост рынка пищевых текстурированных зернопродуктов, потенциал их использования в производстве хлебобулочных изделий, исследований способов их хранения с учетом особенностей сырья в настоящее время проведено недостаточно.

Цель исследования – изучение показателей качества текстурированных зернопродуктов и муки из ячменя и овса для обоснования способа хранения.

Задачи исследования:

1) провести анализ нормативно-правовых документов Российской Федерации в области контроля качества и хранения муки и текстурированных зернопродуктов;

2) исследовать химический состав и функционально-технологические характеристики текстурированных продуктов из ячменя и овса, ячменной и овсяной муки в процессе хранения;

3) проанализировать динамику кислотного числа жира, органолептических и микробиологических показателей безопасности текстурированных продуктов из ячменя и овса, ячменной и овсяной муки при различных способах хранения и видах упаковки;

4) определить влияние способа хранения и вида упаковки на изменение химического состава, кислотного числа жира, водопоглотительной, водо- и жирудерживающей способностей, общей обсемененности (КМАФАнМ, КОЕ/г) текстурированных продуктов из ячменя и овса, ячменной и овсяной муки в процессе хранения;

5) провести оценку уровня качества текстурированных зернопродуктов и муки при различных способах хранения и видах упаковки для обоснования сроков хранения, выбора оптимального способа хранения и вида упаковки;

6) сравнить экономическую эффективность хранения при разных сроках тарным и бестарным способами для рекомендаций профильным предприятиям, разработать нормативно-техническую документацию на хранение текстурированных зернопродуктов и муки.

Научная новизна. Впервые получены новые данные об изменении химического состава, кислотного числа жира и показателей безопасности текстурированных зернопродуктов и муки при различных способах хранения и видах упаковки.

Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 4, 15, 16 паспорта научной специальности 4.3.3.

1. Впервые получены данные о химическом составе текстурированных продуктов из ячменя и овса, ячменной и овсяной муки в процессе хранения. Определены первые лимитирующие аминокислоты: лизин, триптофан и лейцин+изолейцин. Установлено, что индекс незаменимых аминокислот при значении больше 1 не характеризует белок текстурированных зернопродуктов как идеальный за счет большего содержания ряда аминокислот к его содержанию в эталонном белке (*п. 15 паспорта научной специальности 4.3.3*).

2. Впервые исследовано влияние способа хранения и вида упаковки на химический состав, кислотное число жира, общую обсемененность, функционально-технологические характеристики текстурированных зернопродуктов и муки в процессе хранения. Установлено, что текстурированные зернопродукты обладают большей стойкостью при хранении по сравнению с мукой к окислению жира, более низкой обсемененностью. Определено, что способ хранения и вид упаковки значимо не оказал влияние ($p \geq 0,05$) на гидролитические и окислительные процессы в текстурированных зернопродуктах и муке. Выявлено, что тарный способ хранения значимо ($p \leq 0,05$) оказывает влияние на снижение общей обсемененности (КМАФАнМ, КОЕ/г) при хранении ячменной и овсяной муки (*п. 4 паспорта научной специальности 4.3.3*).

3. Впервые предложены оптимальные способы хранения и виды упаковки с учетом итоговых оценок уровня качества. Установлено, что уровень качества текстурированных зернопродуктов и муки при хранении в полимерных видах упаковки вследствие их барьерных свойств выше, чем при бестарном способе хранения. Определено, что при тарном способе хранения текстурированного продукта из ячменя возможно до 18 мес., из овса – до 12 мес. (*п. 16 паспорта научной специальности 4.3.3*).

Теоретическая значимость заключается в применении научно обоснованного подхода к организации хранения муки и текстурированных зернопродуктов. Предлагаемый подход основан на анализе физико-химических процессов, протекающих в данных продуктах при хранении, а также оценке влияния ключевых факторов, включая способы хранения и вид упаковочного материала. Результаты исследования позволили обосновать оптимальные способы хранения, обеспечивающие максимальную сохранность качества, органолептических, микробиологических показателей продукции и безопасности.

Практическая значимость заключается в определении уровня качества текстурированных зернопродуктов и муки при различных сроках, способах хранения и используемых при затаривании видов упаковки, оценке их экономической эффективности.

Результаты проведенного исследования апробированы и используются на предприятии ООО «Зернопродукт». Разработана и утверждена технологическая инструкция на хранение тарным и бестарным способом продуктов переработки зерна (муки и текстурированных зернопродуктов) ТИ 10.61.-97623423-001-2024, технологический регламент «Правила хранения текстурированных зернопродуктов и муки из ячменя и овса».

Материалы диссертации используются в учебном процессе на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ при реализации основных профессиональных образовательных программ.

Работа является обобщением результатов методического, теоретического и прикладного характера, полученных лично автором или при его непосредственном участии.

Методология и методы исследования. Методологической основой работы являются труды отечественных и зарубежных ученых в области различных способов хранения зернопродуктов и установления сроков их безопасного хранения. Для решения поставленных задач применялись общенаучные подходы, при проведении экспериментальных исследований был использован комплекс стандартных методик и методов биохимических исследований, а также специальные методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты исследования влияния способа хранения и вида упаковки на изменение кислотного числа жира, микробиологических показателей, функционально-технологических характеристик, а также химического состава текстурированных продуктов из ячменя и овса, ячменной и овсяной муки;

- обоснование способа хранения, обеспечивающего максимальную сохранность качества текстурированных зернопродуктов и муки из ячменя и овса в зависимости от срока хранения и используемого вида упаковки;
- использование дифференциального метода для оценки уровня качества текстурированных зернопродуктов и муки при хранении;
- результаты сравнительного анализа эффективности применения тарного и бестарного способов хранения текстурированных зернопродуктов и муки из ячменя и овса.

Степень достоверности. Достоверность подтверждается результатами экспериментальных исследований, большим объемом экспериментальных данных, обработанных с использованием методов статистической обработки (дисперсионный анализ) в программах Microsoft Office Excel и STATISTICA.

Апробация результатов. Основные результаты исследования были доложены и обсуждены на научно-практических конференциях, прошедших в Красноярске (2021, 2022, 2023), Новосибирске (2021), Краснодаре (2023), Тюмени (2023), Москве (2024).

Публикации. По материалам проведенного исследования было опубликовано 10 научных работ, в том числе 3 статьи, опубликованные в ведущих российских периодических изданиях, включенных в Перечень ВАК Минобрнауки РФ, 1 в издании, индексируемом в международной базе.

Личный вклад соискателя заключается в определении цели и постановке задач исследований, планировании эксперимента, закладке экспериментальных образцов, анализе и обработке полученных данных, обобщении и апробации результатов проведенных исследований, подготовке научных публикаций, написании и оформлении текста диссертационной работы. Автор лично осуществлял статистическую обработку полученных результатов, сформулировал выводы и практические рекомендации.

При проведении исследований и написании статей определенные виды работ были проведены в соавторстве: с М.А. Яновой была разработана программа исследования, проведена интерпретация полученных данных.

Результаты ряда разделов научного исследования (аминокислотный и химический состав муки) получены в ходе выполненной научно-исследовательской работы по тематическому плану-заданию по заказу Минсельхоза РФ за счет средств федерального бюджета на 2020 год «Установление норм естественной убыли зерна, семян различных культур при хранении в элеваторах применительно к условиям климатических групп, а также естественной убыли продуктов переработки зерна при хранении в складах насыпью» (рег. № НИОКР АААА-А20-120012090016-0).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, 4 главы, заключение, список цитируемых литературных источников и приложения. Работа изложена на 219 страницах компьютерного текста, содержит 33 таблицы, 39 рисунков, 182 наименования использованных литературных источников, в том числе 68 – зарубежных авторов, и 7 приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность д-ру биол. наук, профессору С.В. Хижняку за консультацию по математической обработке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, проанализирована степень разработанности проблемы, показаны научная новизна и практическая значимость, достоверность и уровень апробации, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены мука и текстурированный зернопродукт как объекты хранения (рис. 1). Приведен обзор теоретических аспектов и требований к процессу хранения, отраженных в научно-исследовательском поле в отношении различных факторов. Представлен анализ нормативной документации в сфере хранения и контроля качества зернопродуктов. Дана краткая характеристика зерноперерабатывающей отрасли в Красноярском крае и использование мощностей по производству муки в регионе.

Во второй главе приводится схема проведенного исследования (рис. 2), описание объектов и методов исследования. Эксперимент выполнен в Инжиниринговом центре при ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Экспериментальные данные (химический состав, функционально-технологические показатели, органолептическая оценка, кислотное число жира, микробиологические показатели и содержание влаги) образцов, заложенных на хранение, были получены в НИИЦ и межкафедральной инновационной лаборатории аграрных и пищевых технологий ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, в лаборатории технологической оценки зерна КрасНИИСХ – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН.

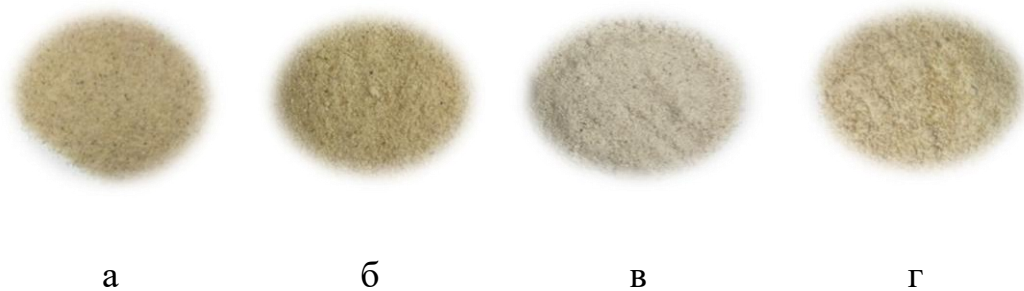


Рисунок 1 – Образцы текстурированного продукта из ячменя (а) и овса (б), ячменной (в) и овсяной муки (г)

Образцы текстурированного продукта из ячменя (рис. 1, а) были произведены по ТУ 10.61.22-002-97623423-2017 из ячменя сорта Ача, текстурированного продукта из овса (рис. 1, б) по ТУ 10.61.22-003-97623423-2017 из овса сорта Саян. Зерно подвергалось обработке на экструдере зерновом марки ЭК-100 и последующему измельчению экструдата на мельнице пальцевой. Образцы ячменной (рис. 1, в) и овсяной муки (рис. 1, г) произведены по ТУ 10.61.22-005-97623423-2018 и ТУ 10.61.22-006-97623423-2018 из тех же сортов, что и текстурированные зернопродукты.

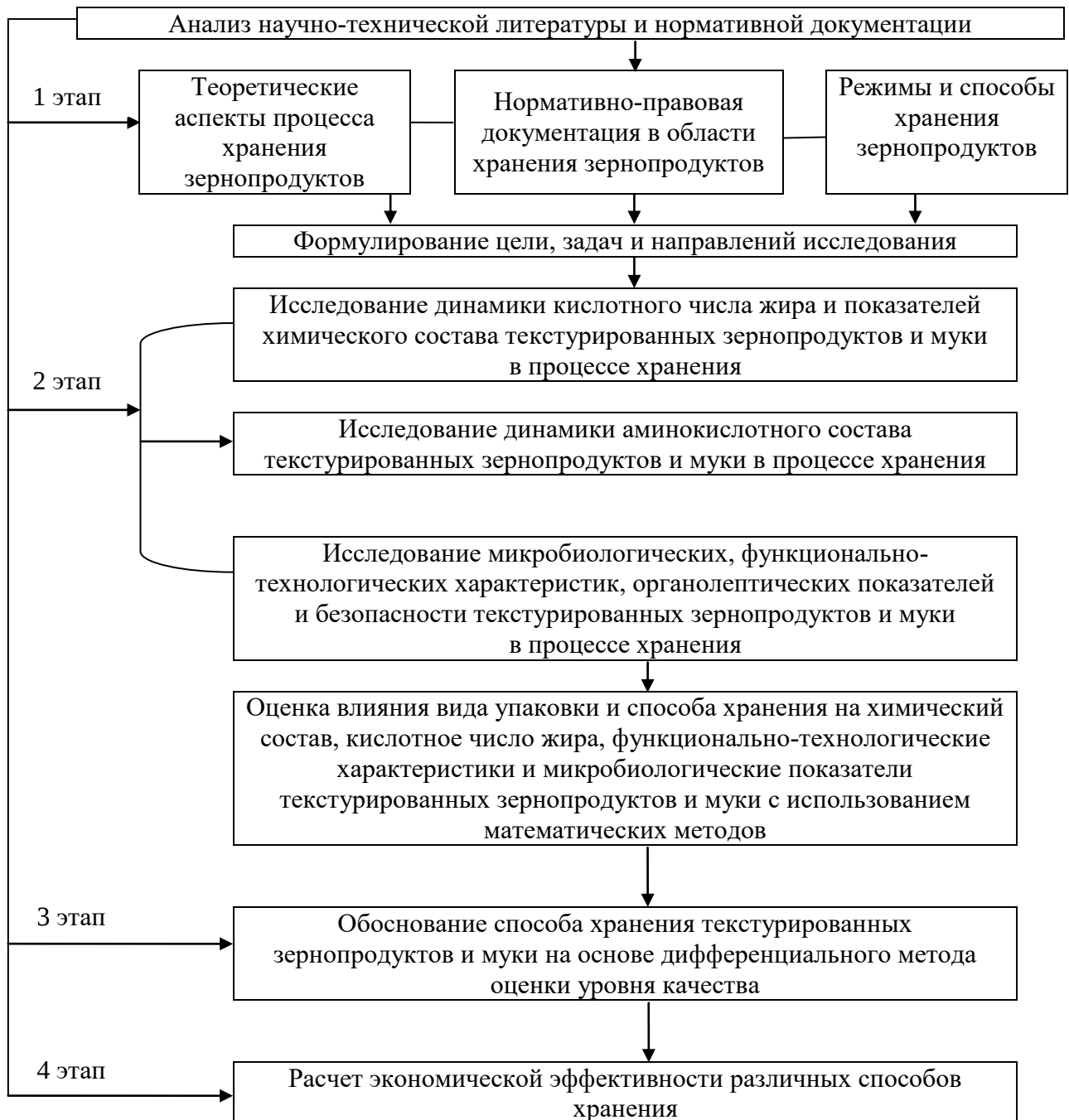


Рисунок 2 – Структурная схема проведения исследования

Образцы текстурированных зернопродуктов и муки были заложены на хранение с использованием следующих видов упаковки: крафтовый пакет из бумаги высокой плотности (**БП**); полиэтиленовый пакет (**ПВД**) с застежкой *zip-lock* плотностью 50 мкм (**ПВД (*zip-lock*)**); пакет Дой-Пак (**Doypack**) с застежкой *zip-lock* металлизированный непрозрачный (**ПЭТ мет/ПЭ**) плотностью 12 мкм/80 мкм (**Doypack, мет. (*zip-lock*)**); полиэтиленовый пакет (**ПВД**) в вакуумной упаковке (**ПВД в вакуум.**); полипропиленовый мешок (**ПП**). Образцы муки для исследования бестарного способа хранения (**БХ**) были отобраны для анализа непосредственно на предприятии. Для каждого варианта упаковки опытные образцы текстурированных зернопродуктов и муки были заложены на хранение в трехкратной повторности по 1 кг и помещены в

гофрокороб на стеллаж. Хранение бестарным способом осуществлялось в бункере без использования другой тары.

Хранение осуществлялось при условиях: температура не более 20 °С при относительной влажности не выше 70–75 %. Периодичность отбора проб текстурированных зернопродуктов для исследований составила 1, 6, 12, 18 мес. хранения, муки – 1, 3, 6, 9, 12 мес. В экспериментах были использованы стандартные, общепринятые и специальные методы исследования. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием программ MS Excel и STATISTICA.

В третьей главе представлены результаты исследования по определению влияния вида упаковки и способа хранения на химический состав, КЧЖ, функционально-технологические характеристики и микробиологические показатели текстурированных зернопродуктов и муки. Приведена оценка безопасности и органолептических показателей в процессе хранения, обоснованы оптимальные способы и предложены сроки хранения.

Характеристика химического состава в процессе хранения ячменной и овсяной муки. Дисперсионный анализ указывает на более низкое содержание белка на поздних сроках хранения (рис. 3), что обусловлено гидролитическим расщеплением под действием ферментов.

Доказано снижение содержания белка между сроками хранения 1–3 и 9 мес., 1 и 12 мес.

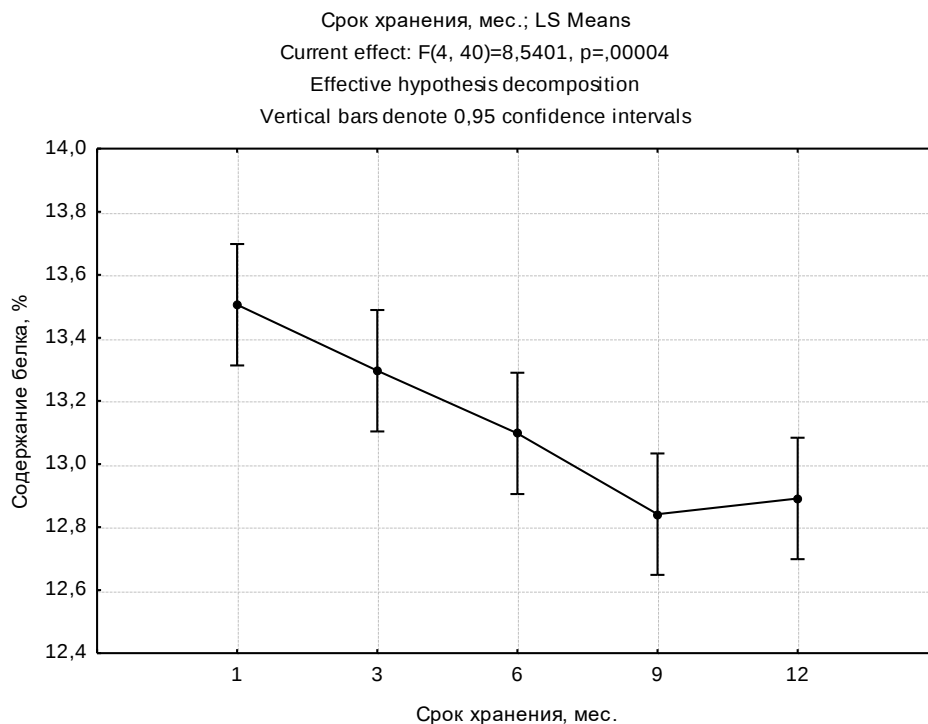


Рисунок 3 – Значимость различий между сроками хранения ячменной и овсяной муки по содержанию белка

Выявлено, что при бестарном способе хранения (БХ) образцы ячменной и овсяной муки характеризуются в среднем более низким содержанием белка, чем при хранении в ПВД (*zip-lock*).

Содержание сахара (рис. 4) в среднем при сроке хранения 12 мес. выше, чем в интервале 1–9 мес. хранения ($p < 0,05$), что подтверждает протекание ферментативного гидролиза крахмала.

Установлено, что срок хранения не оказал статистически значимого влияния на содержание жира и зольности ($p > 0,05$).

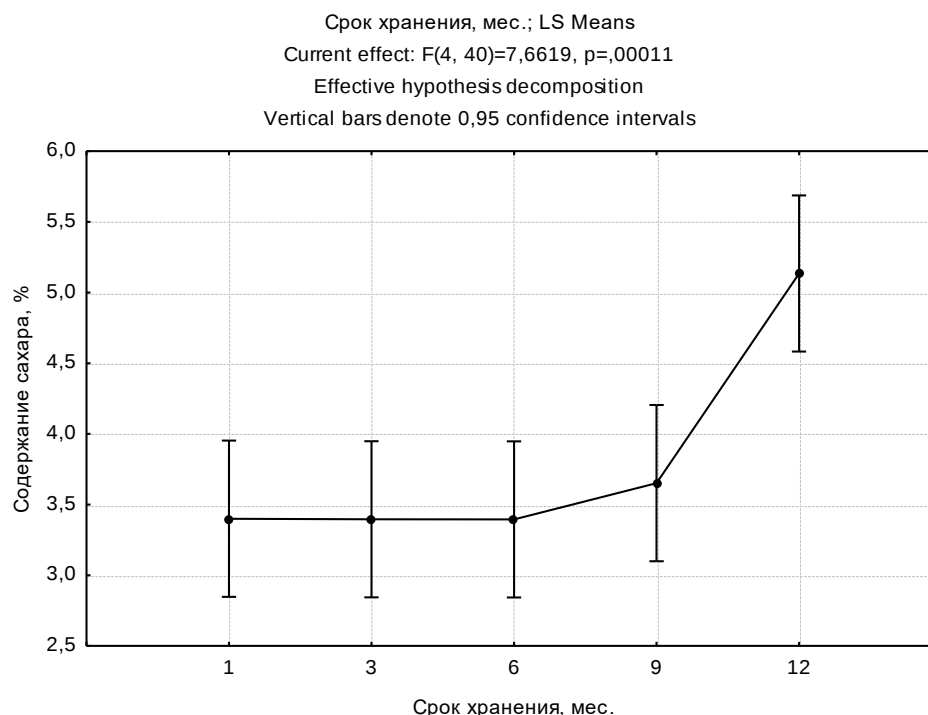


Рисунок 4 – Значимость различий между сроками хранения ячменной и овсяной муки по содержанию сахара

Анализ значимости различий по химическому составу овсяной и ячменной муки (табл. 1) показывает, что бестарный способ хранения характерен большим количеством отличий от других видов упаковки.

Таблица 1 – Статистически значимые различия ($p < 0,05$) между способами хранения и видами упаковки по химическому составу ячменной и овсяной муки

Способ хранения/ вид упаковки	БХ	БП	ПВД (<i>zip-lock</i>)	Doу Pack, мет. (<i>zip-lock</i>)	ПВД в вакуум
БХ					
БП	Ж ($p=0,044589$), З ($p=0,021169$)				
ПВД (<i>zip-lock</i>)	Б ($p=0,035465$)	–			
Doу Pack, мет. (<i>zip-lock</i>)	Ж ($p=0,032585$)	К ($p=0,041001$)	–		
ПВД в вакуум.	К ($p=0,014145$), Ж ($p=0,016456$)	З ($p=0,002765$)	–	К ($p=0,009124$)	
Показатели: Б – содержание белка; К – содержание крахмала; С – содержание сахара; З – зола; Ж – содержание жира.					

В числе лимитирующих аминокислот, характерных для большинства образцов при различных сроках и способах хранения, следует отметить лейцин + изолейцин (АКС овсяной муки – 35,03–61,7 %, ячменной муки – 26,9–79,3 %), триптофан (АКС овсяной муки – 15,9–44,14 %, ячменной муки – 19,0–65,5 %). Также одной из лимитирующих аминокислот, встречающейся у всех видов муки, является лизин (АКС овсяной муки – 31,84–85,84 %, ячменной муки – 24,6–57,2 %).

Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) имеет значение больше 1, приобретая его за счет большего содержания ряда аминокислот к его содержанию в эталонном белке.

Динамика кислотного числа жира ячменной и овсяной муки. Установлено, что КЧЖ растет ($p < 0,001$) с увеличением срока хранения (рис. 5).

Выявлено, что способ хранения и вид упаковки для ячменной и овсяной муки не оказывали достоверного влияния на КЧЖ ($p > 0,05$).

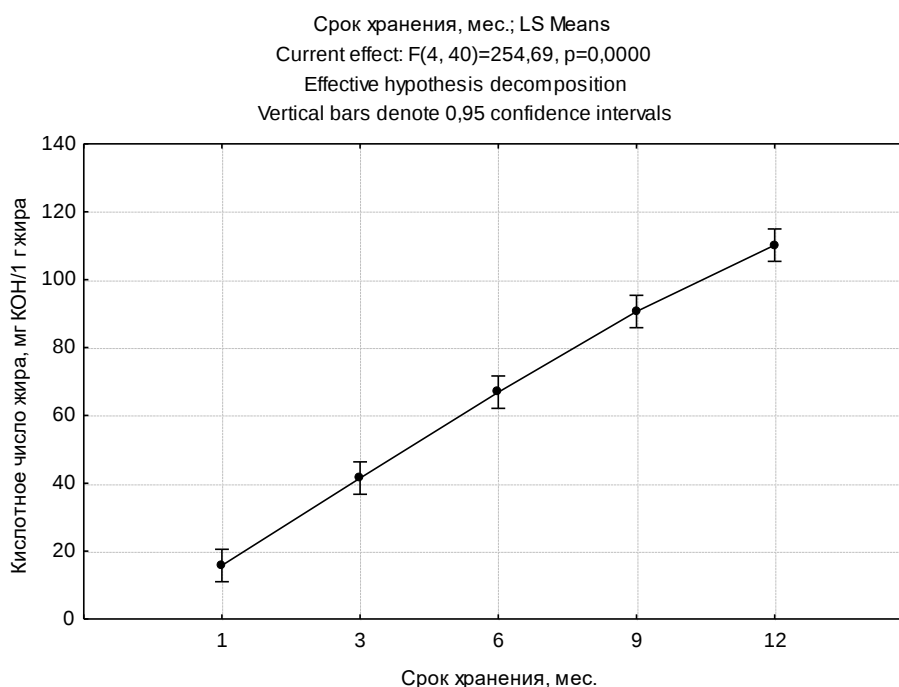


Рисунок 5 – Значимость различий между сроками хранения ячменной и овсяной муки по КЧЖ

Безопасность и микробиологические показатели ячменной и овсяной муки. Содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов и радионуклидов в муке не превышало допустимые уровни, установленные ТР ТС 021/2011.

Динамика КМАФАнМ, КОЕ/г, ячменной и овсяной муки представлена на рисунках 6, 7. В ячменной и овсяной муке выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$) между хранением бестарным способом и другими вариантами: в образцах, хранимых БХ, КМАФАнМ, КОЕ/г, было выше по сравнению с образцами в указанных видах упаковки вследствие их барьерных свойств.

Органолептические показатели ячменной и овсяной муки. С повышением показателя КЧЖ определяется слабоощутимая, а после выраженная горечь, обусловленная процессом прогоркания жиров, происходящим под действием ферментов. В целом можно отметить, что пленочные материалы, обладающие более выраженными барьерными свойствами, не повышали сохранность органолептических показателей. Слабоощутимая горечь во вкусе проявляется при КЧЖ > 70 мг КОН/1 г жира, выраженная горечь при КЧЖ 120 мг КОН/1 г жира.

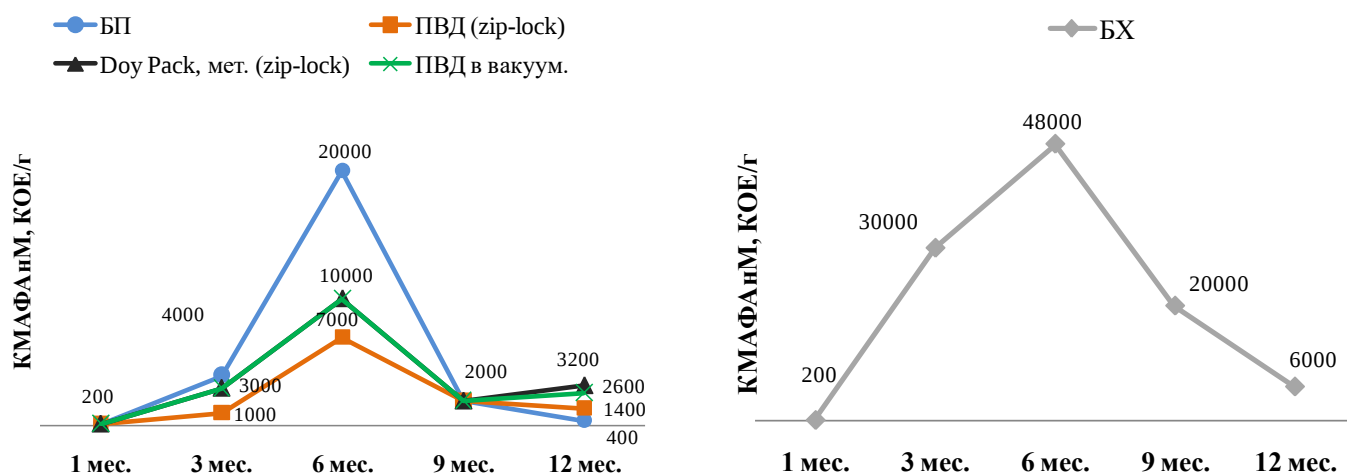


Рисунок 6 – Динамика КМАФАнМ, КОЕ/г, в ячменной муке в процессе хранения

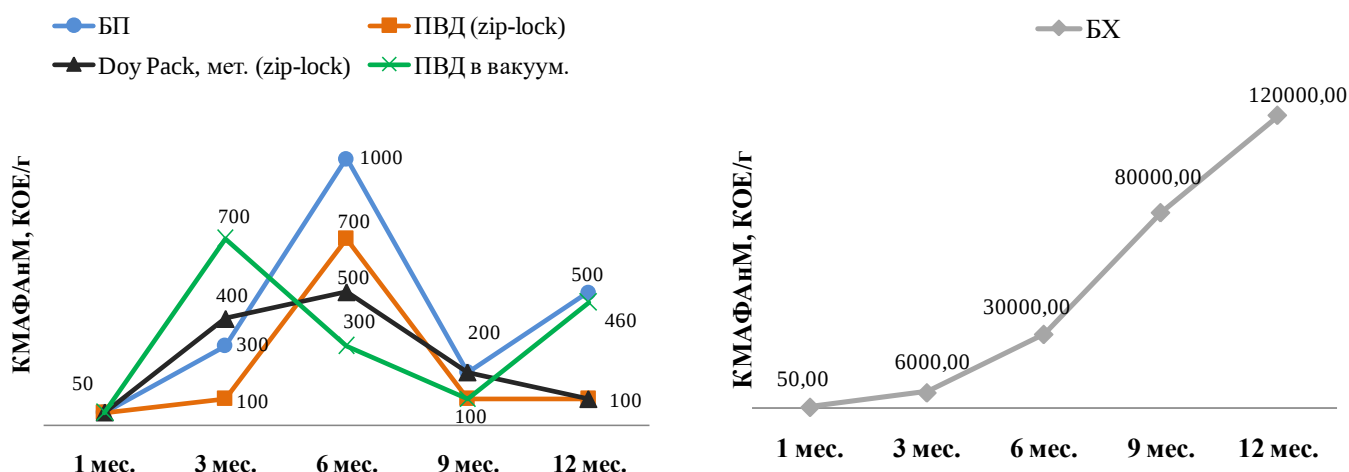


Рисунок 7 – Динамика КМАФАнМ, КОЕ/г, в овсяной муке в процессе хранения

Функционально-технологическая характеристика ячменной и овсяной муки. Дисперсионный анализ водопоглотительной (ВПС), водоудерживающей (ВУС) и жироудерживающей (ЖУС) способностей ячменной и овсяной муки указывает на влияние вида муки ($p < 0,0001$). Ячменная мука в среднем характеризуется более высокой ВУС и ЖУС, более низкой ВПС.

При сроке хранения 1 мес. ВУС выше, чем, при сроках 6–12 мес. Способ хранения не оказал статистически значимого влияния на ВУС в процессе хранения (рис. 8).

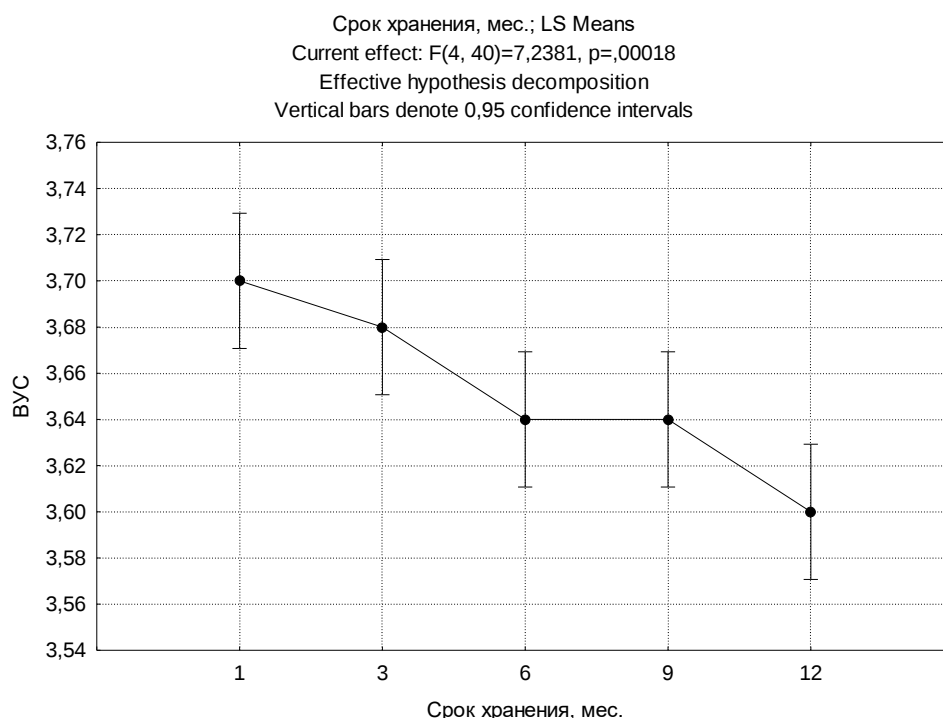


Рисунок 8 – Значимость различий между сроками хранения ячменной и овсяной муки по ВУС

Способ и срок хранения не оказали статистически значимого влияния на ВПС и ЖУС в процессе хранения ($p > 0,05$).

Характеристика химического состава текстурированных продуктов из ячменя и овса в процессе хранения

Дисперсионный анализ содержания белка в процессе хранения указывает на его повышение в интервале 1–12 мес. и на более высокое его содержание при сроке хранения 18 мес. по сравнению с 1 и 6 мес. (рис. 9).

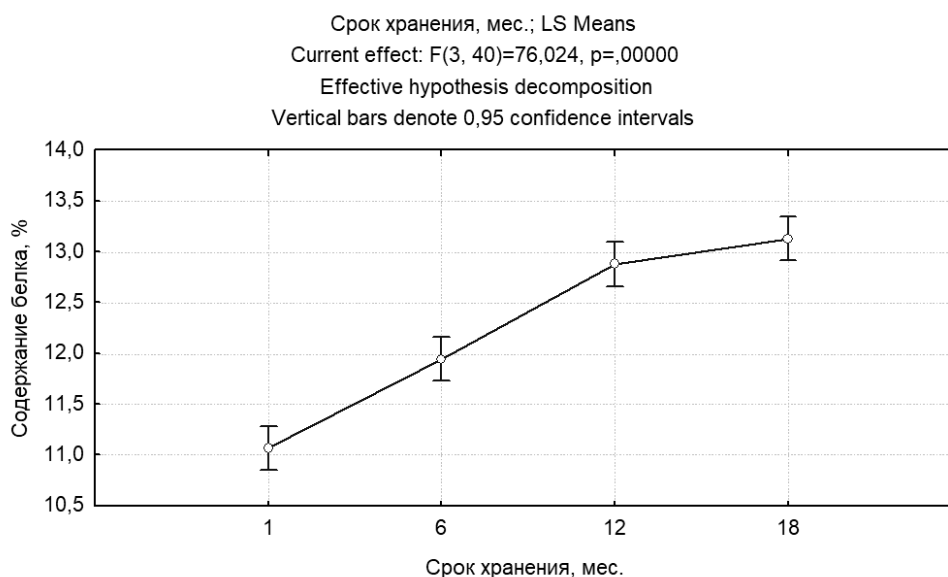


Рисунок 9 – Значимость различий между сроками хранения текстурированных зернопродуктов по содержанию белка

Способ хранения и вид упаковки не оказали статистически значимого влияния на содержание белка в текстурированных зернопродуктах ($p > 0,05$).

Выявлено, что содержание крахмала и сахара (рис. 10, 11) увеличивается в интервале 1–12 мес. Также между сроками хранения 18 и 12 мес. присутствуют статистически значимые различия ($p < 0,001$) по содержанию крахмала.

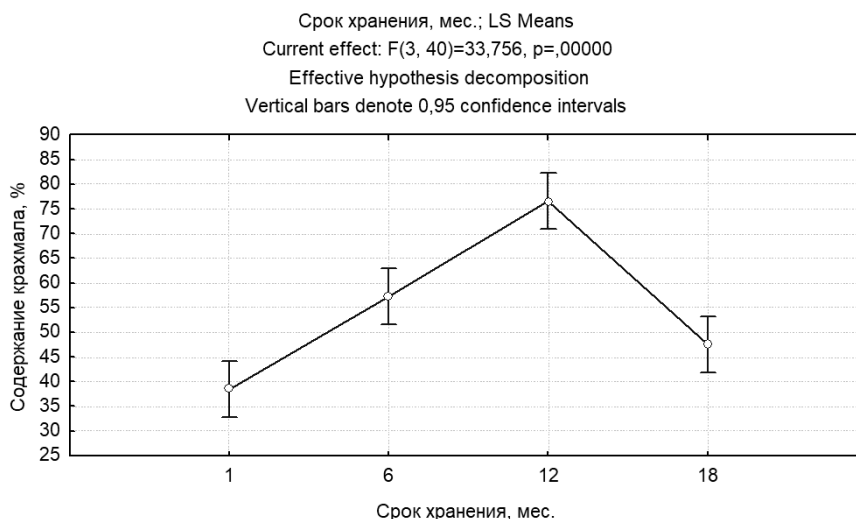


Рисунок 10 – Значимость различий между сроками хранения текстурированных зернопродуктов по содержанию крахмала

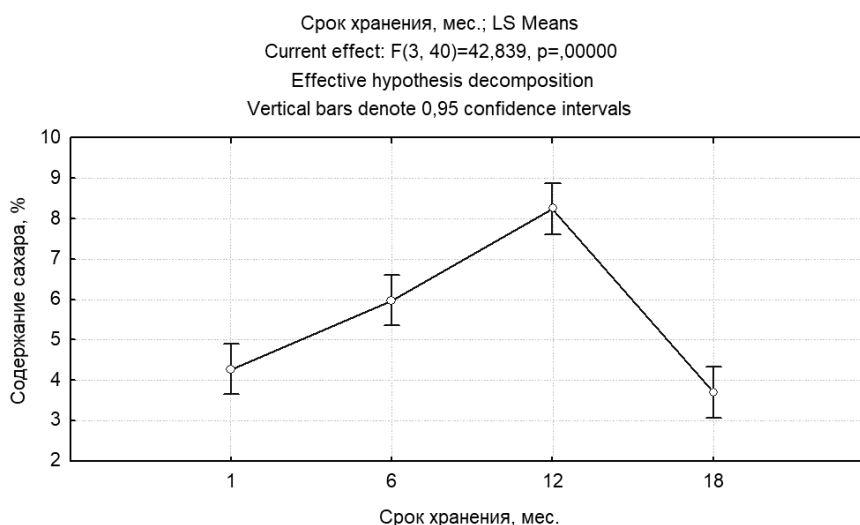


Рисунок 11 – Значимость различий между сроками хранения текстурированных зернопродуктов по содержанию сахара

При сроке хранения 18 мес. содержание сахара статистически значимо ($p < 0,05$) ниже по сравнению с интервалом 6–12 мес.

Установлено, что срок хранения не оказал статистически значимого влияния на содержание жира ($p > 0,05$) и золы.

Совокупность результатов дисперсионного анализа между способами хранения и вариантами упаковки свидетельствует, что для текстурированных зернопродуктов способ хранения и вариант упаковки не оказывали влияния на химический состав ($p > 0,05$).

Лимитирующими аминокислотами, характерными для всех рассматриваемых текстурированных зернопродуктов являются лизин (АКС 1,8–63,8 %), триптофан (АКС 3,7–43,7 %) и лейцин+изолейцин (АКС 3,5–52,86 %).

Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) имеет значение больше 1 за счет большего содержания ряда аминокислот к его содержанию в эталонном белке.

Динамика кислотного числа жира текстурированных продуктов из ячменя и овса. Установлено, что показатель КЧЖ в процессе хранения ($p < 0,001$) растет с увеличением срока хранения (рис. 12).

Выявлено, что при БХ КЧЖ в целом был выше, чем при хранении в ПВД в вакуум. и хранении в ПВД (zip-lock) (рис. 13).

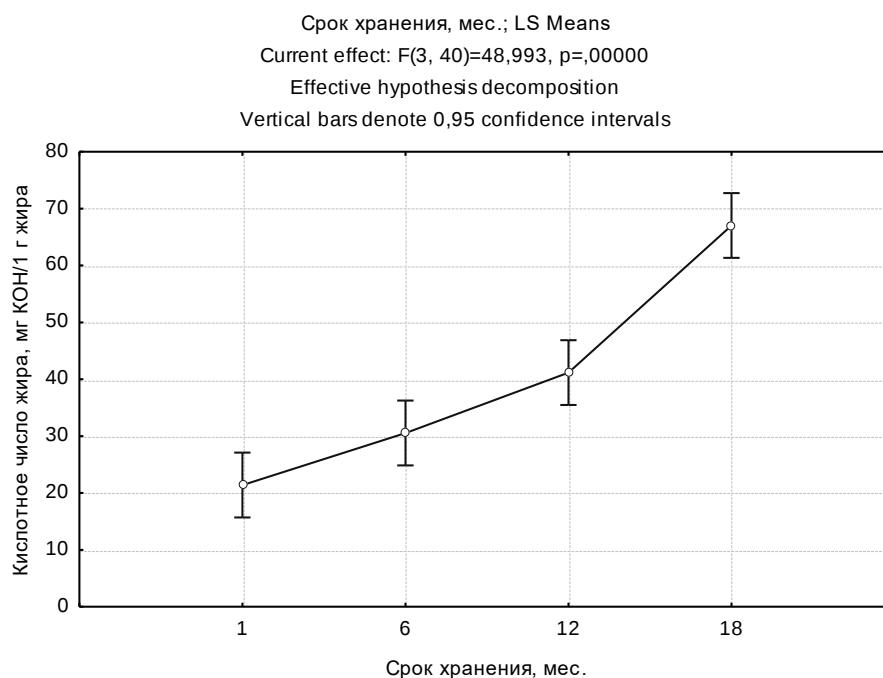


Рисунок 12 – Значимость различий между сроками хранения текстурированных зернопродуктов по КЧЖ

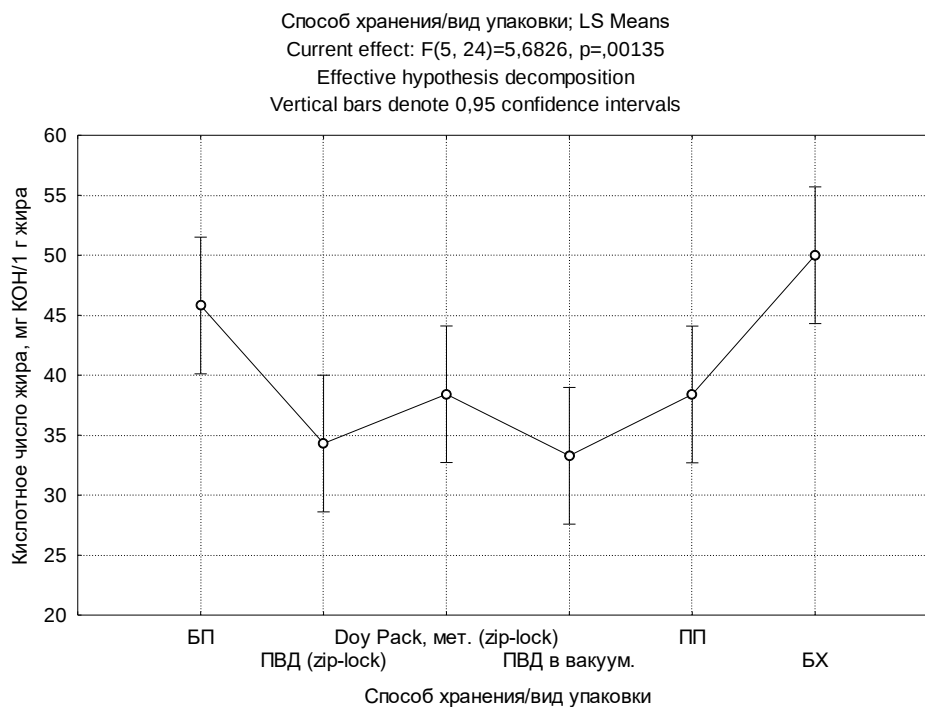


Рисунок 13 – Значимость различий между способами хранения и видами упаковки текстурированных зернопродуктов по КЧЖ

Безопасность и микробиологические показатели текстурированных продуктов из ячменя и овса. Содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов и радионуклидов в текстурированных зернопродуктах не превышало допустимые уровни, установленные ТР ТС 021/2011.

В отношении текстурированных зернопродуктов показатели микробиологической безопасности соответствовали установленным требованиям ТР ТС 021/2011, что подтверждает положительное влияние экструзионной обработки на микробиологические показатели.

Установлено статистически значимое ($p < 0,05$) снижение КМАФАнМ, КОЕ/г, при увеличении срока хранения (рис. 14).

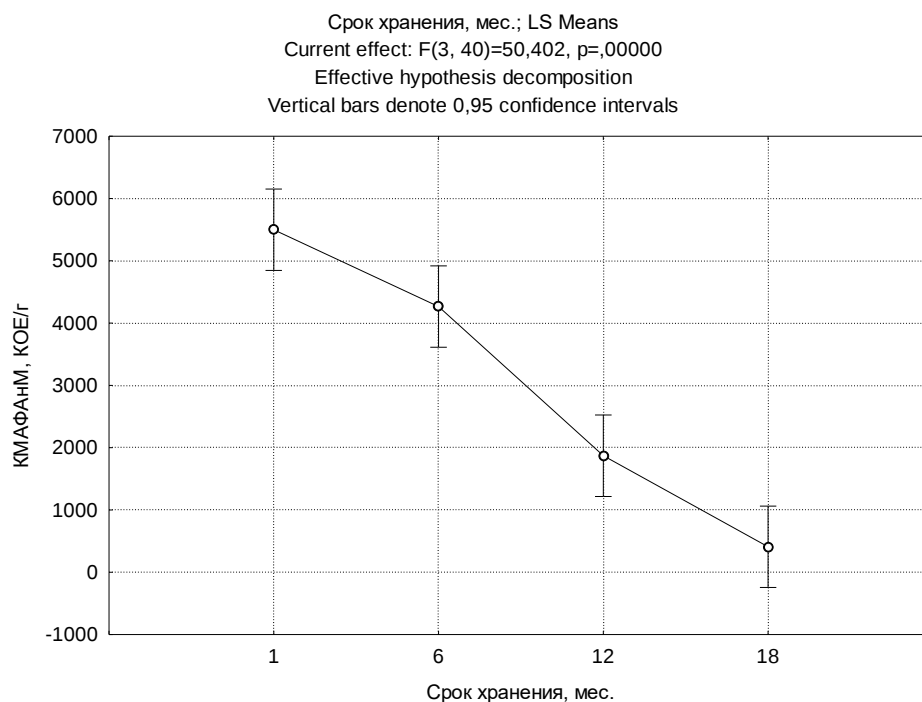


Рисунок 14 – Значимость различий между сроками хранения текстурированных зернопродуктов по КМАФАнМ, КОЕ/г

Способ хранения и вид упаковки не оказал статистически значимого влияние на КМАФАнМ, КОЕ/г, текстурированных зернопродуктов ($p > 0,05$).

Органолептические показатели текстурированных продуктов из ячменя и овса. Текстурированные зернопродукты по сравнению с мукой на протяжении большего срока хранения более стабильны по цвету, вкусу и запаху и соответствуют органолептическим показателям, установленным в ТУ 10.61.22-002-97623423-2017 и ТУ 10.61.22-003-97623423-2017.

Наиболее интенсивно процесс прогоркания жиров протекает в присутствии кислорода воздуха, появления горьковатого привкуса изначально обнаруживается при хранении БХ и в БП.

Функционально-технологическая характеристика текстурированных продуктов из ячменя и овса. Дисперсионный анализ выявил, что срок хранения не оказал статистически значимого влияния на ВПС, ВУС и ЖУС текстурированных продуктов из ячменя и овса ($p > 0,05$).

В отношении ВУС выявлены статистически значимые отличия между способами хранения и вариантами упаковки: между вариантом хранения в ПВД в вакуум., БХ и в БП (рис. 15).

Способ хранения и вид упаковки также не оказал статистически значимого влияния на ВПС и ЖУС в процессе хранения ($p > 0,05$).

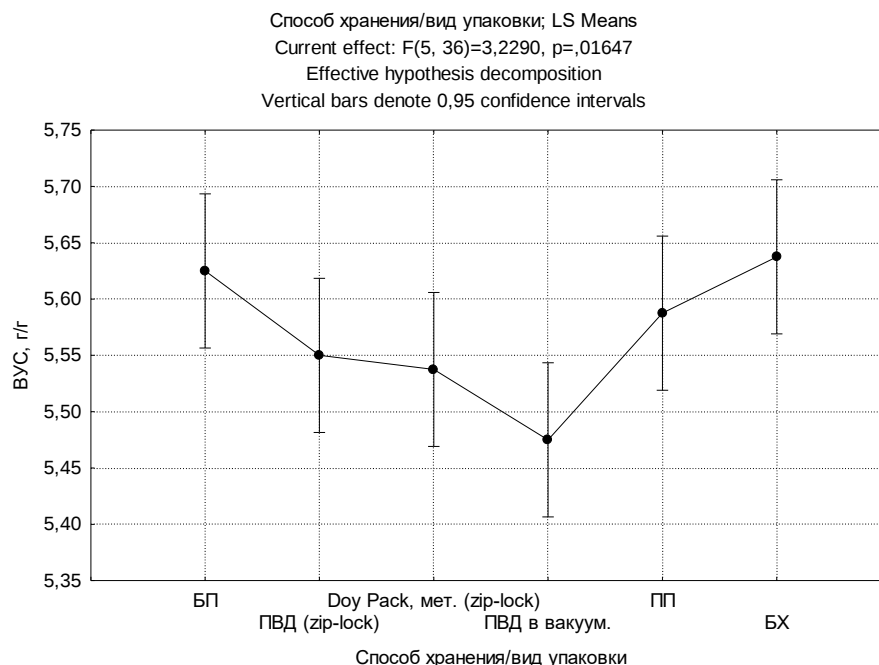


Рисунок 15 – Значимость различий между сроками хранения текстурированных зернопродуктов по ВУС

В связи с выявленными статистически значимыми отличиями по ВУС была проведена реологическая оценка теста из текстурированных зернопродуктов на фаринографе Brabender (табл. 2).

Таблица 2 – Реологические показатели теста из текстурированных зернопродуктов

Срок хранения, мес.	Способ хранения/вариант упаковки	Время образования теста, мин	Устойчивость теста к замесу, мин	Степень разжижения теста через 12 мин, ЕФ	Показатель качества фаринографа, мм
Текстурированный зернопродукт из ячменя					
1 мес.	–	1,75	2,8	145	28
12 мес.	БП	3,5	4,2	130	55
	ПВД в вакуум.	3	3,2	145	45
	БХ	3,5	4,2	135	55
Текстурированный зернопродукт из овса					
1 мес.	–	2	1,9	150	35
12 мес.	БП	5	5,8	100	85
	ПВД в вакуум.	5,5	6,1	140	78
	БХ	6	7,5	70	100

В процессе хранения происходит изменение белково-протеиназного комплекса текстурированных зернопродуктов, что привело к увеличению времени образования теста.

Устойчивость теста к замесу при позднем сроке хранения больше, чем при 1 мес. хранения.

Обоснование оптимальных сроков и способов хранения. Для оценки уровня качества был использован дифференциальный метод, заключающийся в сравнении единичных показателей качества экспериментальных образцов с соответствующими единичными показателями качества и пороговых значений (для КЧЖ, КМАФАнМ), определенных ГОСТ, ТР ТС.

Относительные показатели качества рассчитывались по формулам (1), (2). Формула (1) использовалась для показателей, увеличение которых соответствует улучшению качества, формула (2) – для показателей, увеличение которых соответствует ухудшению качества. Итоговая оценка выражается суммой рассчитанных относительных показателей качества.

$$K_i = K/K_b, \quad (1)$$

$$K_i = K_b/K, \quad (2)$$

где K_i – относительный показатель качества;

K – экспериментальное значение показателя качества;

K_b – установленное значение конкретного показателя качества.

Установлены значения для последующего расчета относительных показателей качества (табл.3).

Таблица 3 – Установленные значения КЧЖ, КМАФАнМ белка, крахмала и сахара для различных видов муки и текстурированных зернопродуктов

Вид муки и текстурированного зернопродукта	КЧЖ, мг КОН на 1 г жира, не более	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Содержание, %		
			белка	крахмала	Сахара
Ячменная мука	80	$5 \cdot 10^4$	10,0	63,8	1,1
Текстурированный продукт из ячменя	80	$1 \cdot 10^4$	11,0	63,0	4,8
Овсяная мука	15	$1 \cdot 10^4$	13,0	63,5	1,0
Текстурированный продукт из овса	27	$1 \cdot 10^4$	13,0	45,0	3,7

Итоговые оценки уровня качества представлены в таблицах 4, 5. При хранении ячменной муки не зафиксировано превышение установленных значений КЧЖ и КМАФАнМ, что позволяет хранить ее до 12 мес.

Таблица 4 – Итоговые оценки уровня качества муки при различных сроках хранения, способах и видах упаковки

Q вида муки	Способ хранения/ вид упаковки	Срок хранения, мес.				
		1	3	6	9	12
<i>Q_{ячмен. мука}</i>	БП	259,4	19,9	9,3	32,0	136,9
	ПВД (<i>zip-lock</i>)		58,0	14,1	31,9	42,4
	Doу Pack, мет. (<i>zip-lock</i>)		24,6	11,8	32,3	27,6
	ПВД в вакуум.		24,7	11,9	32,1	27,8
	БХ		9,5	9,0	10,6	16,0

Овсяная мука из-за высокого содержания жира не подлежит длительному хранению. Текстурированный продукт из ячменя обладает большей стойкостью при хранении к протеканию различного рода отрицательных процессов. Хранение текстурированного продукта из овса в полимерных упаковках позволило из-за их барьерных свойств продлить срок хранения до 6 мес.

Таблица 5 – Итоговые оценки уровня качества текстурированных зернопродуктов при различных сроках хранения, способах и видах упаковки

Q вида текстурированного продукта	Способ хранения/ вид упаковки	Срок хранения, мес.			
		1	6	12	18
<i>Q_{текстурированный продукт из ячменя}</i>	БП	7,5	8,3	10,2	
	ПВД (<i>zip-lock</i>)		9,2	14,9	47,8
	Doу Pack, мет. (<i>zip-lock</i>)		7,8	13,8	20,6
	ПВД в вакуум.		9,8	10,2	103,6
	ПП		8,1	11,1	20,6
	БХ		6,9	8,8	37,4
<i>Q_{текстурированный продукт из овса}</i>	БП	9,07			
	ПВД (<i>zip-lock</i>)				
	Doу Pack, мет. (<i>zip-lock</i>)		12,31	67,73	
	ПВД в вакуум.		24,86		
	ПП				
	БХ				

Примечание: темной заливкой выделены ячейки соответствующих сроков хранения с превышением показателя КЧЖ или КМАФАнМ относительно их установленных значений.

По итоговым оценкам уровня качества выявлено, что более высокий уровень качества при хранении ячменной муки до 9 мес. обеспечивался вариантом упаковки ПВД (*zip-lock*); при 12 мес. хранения – БП и ПВД (*zip-lock*); хранение текстурированного продукта из овса тарным способом обеспечило его более продолжительное хранение (до 12 мес. для варианта хранения в полимерном непрозрачном упаковочном решении – DoуPack, мет. (*zip-lock*)).

В четвертой главе приводятся результаты расчета затрат при бестарном и тарном способах хранения. Результаты расчетов при хранении и упаковке сырья бестарным и тарным способами при разных сроках представлены на рисунке 16.

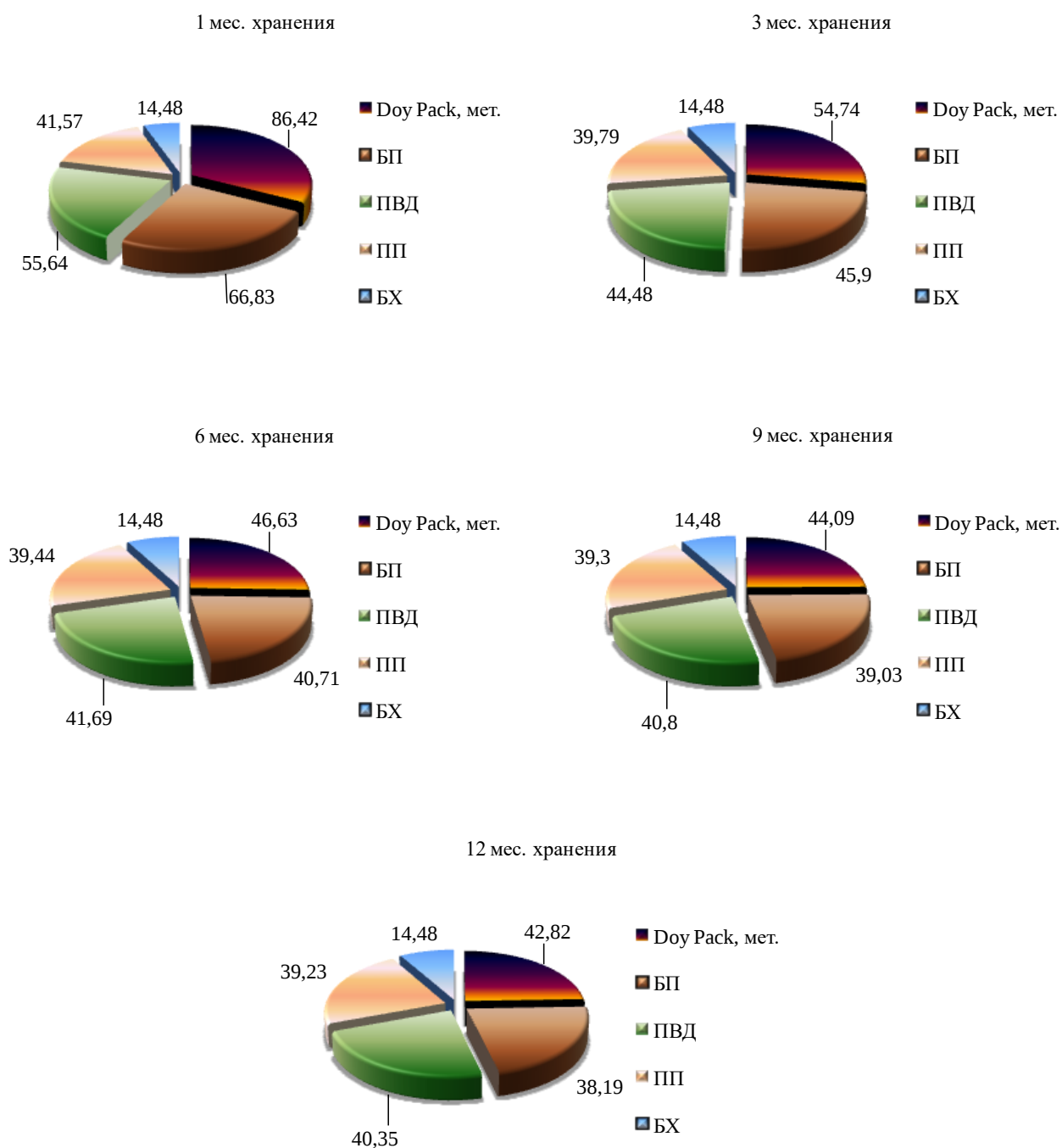


Рисунок 16 – Затраты и себестоимость хранения пищевого сырья бестарным и тарным способами на 1 кг

Себестоимость хранения с учетом приведенных затрат указывает на бестарный способ хранения как наиболее экономически эффективный. Экономически эффективным видом упаковки при всех сроках хранения являются полипропиленовые мешки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что для продуктов, полученных путем экструзии, применим только межгосударственный стандарт ГОСТ 26791-2018, для мучного сырья предусмотрена нормативно-техническая документация в области регулирования качества, безопасности, сроков годности (хранения) в зависимости от вида муки; для ячменной и овсяной муки не предусмотрены отдельные нормативные документы на стандарты производства и контроля качества.

2. Определено изменение химического состава овсяной и ячменной муки в процессе хранения: содержание белка находилось в пределах от $13,5 \pm 0,09$ до $12,84 \pm 0,09$ %; крахмала – от $62,76 \pm 0,62$ до $71,86 \pm 0,62$ %; сахара – от $3,40 \pm 0,27$ до $5,13 \pm 0,27$ %; для текстурированных зернопродуктов содержание белка при хранении изменялось от $12,50 \pm 0,09$ до $14,32 \pm 0,09$ %, крахмала – от $37,64 \pm 1,71$ до $74,94 \pm 1,71$ %, сахара – от $4,10 \pm 0,23$ до $9,75 \pm 0,23$ %. Выявлено, что для муки и текстурированных продуктов из ячменя и овса срок хранения не оказал статистически значимого влияния на содержание жира и золы ($p > 0,05$). Установлено, что лимитирующими аминокислотами, характерными для муки и текстурированных продуктов из ячменя и овса, являются лейцин+изолейцин, триптофан и лизин. Выявлено, что индекс незаменимых аминокислот имеет значение больше 1, приобретая такое значение за счет большего содержания ряда аминокислот к его содержанию в эталонном белке.

3. Выявлено, что изменение КЧЖ в процессе хранения для овсяной муки происходило в интервале от $15,77 \pm 2,36$ до $110,17 \pm 2,36$ мг КОН/1 г жира, текстурированных зернопродуктов – от $26,53 \pm 2,2$ до $61,88 \pm 2,2$ мг КОН/1 г жира. Установлено, что для текстурированных зернопродуктов интервал 1–18 мес. сопровождается значимыми изменениями КМАФАнМ, КОЕ/г ($p < 0,0001$). Для текстурированных продуктов из ячменя и овса появление горьковатого привкуса изначально обнаруживается при хранении бестарным способом (БХ) и в БП. Оценка органолептических показателей выявила, что в отношении сохранности вкуса текстурированные зернопродукты из ячменя и овса более устойчивы при хранении в сравнении с мукой.

4. Установлено, что для всех видов муки способ хранения и вид упаковки не оказывали влияния на КЧЖ ($p > 0,05$). Для текстурированных зернопродуктов выявлено единичное статистически значимое отличие по КЧЖ между способами хранения и видами упаковки. Определено, что для текстурированных зернопродуктов и муки из ячменя и овса срок, способ хранения и вид упаковки не оказали статистически значимого влияния ($p > 0,05$) на функционально-технологические характеристики (ВПС, ВУС и ЖУС), что не позволяет рассматривать их в качестве факторов, определяющих их изменение. В отношении ячменной и овсяной муки выявлено, что бестарный способ хранения имеет статистически значимые отличия по КМАФАнМ, КОЕ/г, с каждым видом упаковки (от $p = 0,017$ до $p = 0,025$).

5. Обоснованы оптимальные способы хранения и виды упаковки с учетом уровня качества при различных максимально возможных сроках хранения: ячменная мука – 12 мес. хранения в полиэтиленовом пакете (ПВД); текстурированный продукт из ячменя – 12 мес. хранения в полиэтиленовом пакете (ПВД), 18 мес. хранения в полиэтиленовом пакете (ПВД) в вакуумной упаковке; текстурированный продукт из овса – 6 мес. хранения в полиэтиленовом пакете (ПВД) в вакуумной упаковке, 12 мес. хранения в пакете Doypack металлизированном.

6. Определено, что наиболее экономически эффективным является бестарный способ хранения. Выявлено, что для предприятий, осуществляющих хранение, в максимально короткие сроки рекомендуется реализовывать данные виды продукции в связи с увеличением затрат на хранение в течение каждого последующего месяца. Установлено, что полипропиленовые мешки являются экономически эффективными по сравнению с другими видами упаковки. Разработана и утверждена нормативная документация – технологическая инструкция на хранение тарным и бестарным способом продуктов переработки зерна (муки и текстурированных зернопродуктов) ТИ 10.61.-97623423-001-2024, технологический регламент «Правила хранения текстурированных зернопродуктов и муки из ячменя и овса».

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Федорович, И. В. Изменение аминокислотного состава зерновых текстуратов при хранении / И. В. Федорович, М. А. Янова // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 6(183). – С. 225–236 (*личный вклад – 66,5 %*).

Публикации в изданиях, включенных в RSCI

1. Федорович, И. В. Изменение химического состава ячменной муки в процессе хранения различными способами / И. В. Федорович, М. А. Янова, А. Ю. Першаков // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 3 (204). – С. 242–252 (*личный вклад – 54,5 %*).

2. Федорович, И. В. Изменение аминокислотного состава белка зерновых текстуратов и муки при хранении различными способами / И. В. Федорович, М. А. Янова // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 12. – С. 168–178 (*личный вклад – 50 %*).

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах

1. Федорович, И. В. Изменение показателей качества овсяной муки в процессе хранения / И. В. Федорович, М. А. Янова // Хлебопродукты. – 2023. – № 10. – С. 46–50 (*Chemicalabstracts, личный вклад – 60,0 %*).

Публикации в других научных изданиях

1. Fedorovich, I. V. Storing flour as a complex process determining its quality / I. V. Fedorovich // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых

ученых, Красноярск, 7–9 апреля 2021 г. Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – Р. 175–178 (*личный вклад – 100 %*).

2. Федорович, И. В. Изменение содержания белка в зерновых текстуратах при хранении / И. В. Федорович, М. А. Янова // Пища. Экология. Качество : труды XIX международной научно-практической конференции, Новосибирск, 8–9 ноября 2022 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2022. – С. 541–545 (*личный вклад – 70 %*).

3. Федорович, И. В. Изменение содержания углеводов в зерновых текстуратах при хранении / И. В. Федорович, М. А. Янова // Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК : материалы II Международной научной конференции, Красноярск, 15 декабря 2022 г. / ответственный за выпуск А.В. Коломейцев, Е.А. Речкина. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 149–153 (*личный вклад – 70 %*).

4. Федорович, И. В. Нормативно-правовое обеспечение хранения муки и текстуратов из экструдатов зерновых культур / И. В. Федорович, М. А. Янова // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 18–20 апреля 2023 г. / ответственные за выпуск А.В. Коломейцев, В.Г. Крымкова. Том 1. Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 321–326 (*личный вклад – 66,5 %*).

5. Янова, М. А. Исследование влияния типа хранения на качественные показатели муки и зерновых текстуратов при длительном хранении / М. А. Янова, И. В. Федорович // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века : сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня основания Кубанского государственного технологического университета (14–16 сентября 2023 г.) / Кубанский государственный технологический университет. – Электронные текстовые данные. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2023. – С. 77–85 (*личный вклад – 77,5 %*).

6. Янова, М. А. Современные аспекты хранения муки и зерновых текстуратов / М. А. Янова, И. В. Федорович // Проблемы и пути повышения качества зерна в природно-климатических условиях Западной Сибири : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 1 ноября 2023 г. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. – С. 162–168 (*личный вклад – 71,5 %*).

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

КЧЖ	– кислотное число жира, мг КОН на 1 г жира
БП	– крафтовый пакет из бумаги высокой плотности
ПВД (<i>zip-lock</i>)	– полиэтиленовый пакет с застежкой <i>zip-lock</i>
Doy Pack, мет. (<i>zip-lock</i>)	– пакет DoyPack с застежкой <i>zip-lock</i> металлизированный
ПВД в вакуум.	– полиэтиленовый пакет (ПВД) в вакуумной упаковке
ПП	– полипропиленовый мешок
БХ	– бестарный способ хранения
ВПС	– водопоглотительная способность
ВУС	– водоудерживающая способность
ЖУС	– жирудерживающая способность
АКС	– аминокислотный скор
ИНАК	– индекс незаменимых аминокислот

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 22.09.2025. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 389

Редакционно-издательская служба Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117