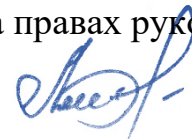


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи



Лесникова Наталия Александровна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЗЕРНОВЫХ РЕСУРСОВ
В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ
И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Котова Татьяна Вячеславовна

Екатеринбург – 2023

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Аналитический обзор научно-технической литературы..... | 12 |
| 1.1 Анализ состояния и тенденции развития рынка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий..... | 12 |
| 1.2 Использование вторичных зерновых ресурсов в технологиях хлебобулочных и мучных кондитерских изделий..... | 19 |
| 1.3 Обоснование выбора зародышей пшеницы в качестве рецептурного компонента для производства пищевых продуктов повышенной пищевой ценности..... | 28 |
| Заключение по главе 1..... | 34 |
| 2 Организация работы, объекты и методы исследования..... | 36 |
| 2.1 Организация работы..... | 36 |
| 2.2 Объекты исследований..... | 36 |
| 2.3 Методы исследований..... | 41 |
| 3 Разработка рецептуры, исследование состава и свойств функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы..... | 49 |
| 3.1 Обоснование целесообразности использования шрота зародышей пшеницы в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий..... | 50 |
| 3.2 Влияние сухой механоактивации на органолептические, физико-химические свойства и показатели безопасности муки из шрота зародышей пшеницы..... | 54 |
| 3.3 Математическое моделирование ингредиентного состава рецептуры функционально-технологической добавки..... | 65 |
| 3.4 Исследование показателей качества и безопасности полученной функционально-технологической добавки в процессе ее хранения..... | 77 |
| Заключение по главе 3..... | 81 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4 | Разработка рецептурно-технологических решений применения функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина | 83 |
| 4.1 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на технологические свойства сырья | 83 |
| 4.2 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качественные характеристики и реологические свойства теста | 87 |
| 4.2.1 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качественные характеристики и реологические свойства дрожжевого теста | 87 |
| 4.2.2 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качественные характеристики и реологические свойства песочного теста | 91 |
| 4.3 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качество готовых изделий | 94 |
| 4.3.1 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качество хлебобулочных изделий | 94 |
| 4.3.2 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качество сдобного печенья | 101 |
| 4.3.3 | Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на пищевую ценность хлеба и сдобного печенья | 123 |
| 4.4 | Расчет технико-экономических показателей производства хлеба и сдобного печенья с использованием функционально-технологической добавки | 134 |
| | Заключение | 137 |

| | |
|---|-----|
| Список литературы | 140 |
| Приложение А Технические условия ТУ 10.61.4-011-02069214-2021 «Полуфабрикат на основе зародышей пшеницы» | 163 |
| Приложение Б Технологическая инструкция по производству полуфабриката на основе зародышей пшеницы ТИ 10.61.4-011-02069214-2021 | 164 |
| Приложение В Технические условия ТУ 10.71.11-014-40586197-2022 «Хлеб из пшеничной муки „Младость“» | 165 |
| Приложение Г Технологическая инструкция по производству хлеба из пшеничной муки «Младость» ТИ 10.71.11-014-40586197-2022. | 166 |
| Приложение Д Технические условия ТУ 10.72.12-017-40586197-2022 «Печенье сдобное „Полезное“» | 167 |
| Приложение Е Технологическая инструкция по производству печенья сдобного «Полезное» ТИ 10.72.12-017-40586197-2022..... | 168 |
| Приложение Ж Документы, подтверждающие внедрение результатов исследования | 169 |
| Приложение И Патент РФ № 2804613 «Способ изготовления хлеба»..... | 175 |
| Приложение К Аппаратно-технологическая схема производства хлеба «Младость»..... | 176 |

Введение

Актуальность темы исследования. Питание – важнейшая физиологическая потребность человеческого организма, имеющая особое значение для здоровья. В связи с этим существующая проблема несбалансированного питания, типичная не только для населения нашей страны, но и многих других стран мира, делает актуальными разработку и внедрение в производство продуктов, содержащих широкий спектр биологически активных соединений, способных поддерживать здоровье и активный образ жизни.

Первостепенная роль среди факторов питания отводится полноценному и регулярному снабжению организма белками, пищевыми волокнами, минеральными веществами, витаминами, что важно не только для поддержания здоровья и работоспособности человека, но и для его активного долголетия. Это обуславливает необходимость обогащения продуктов питания, в том числе хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, эссенциальными нутриентами. Одним из основных источников биологически активных веществ является растительное сырье, которое воспроизводится ежегодно в достаточных объемах. Использование натуральных растительных добавок оказывает определяющее влияние на тенденции хлебопекарного и кондитерского производства, так как современный потребитель ориентирован на «здоровые» продукты, что, среди прочего, связано с популярностью теории адекватного питания.

В современном мире приобретает актуальность концепция малоотходного производства, основанная на максимальном вовлечении всех сырьевых ресурсов. В большинстве случаев технологические процессы в перерабатывающей промышленности порождают большое количество отходов. При переработке зерна образующиеся остатки, такие как зародыши, отруби, лузга, мучка рассматриваются как ценные вторичные сырьевые ресурсы. Эти материалы в основном используются в качестве кормовых компонентов, всего 15 % общего объема отрубей и зароды-

шей применяются в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, а также в производстве продуктов питания лечебного и профилактического назначения.

Особенно ценными в пищевом отношении являются зародыши пшеницы, в состав которых входят макро- и микронутриенты в естественной форме, положительно влияющие на здоровье человека и обладающие целебными свойствами. В связи с вышеизложенным использование вторичных зерновых ресурсов повышенной пищевой ценности в рецептурах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий можно обоснованно считать актуальным, что подтверждается рядом программ обеспечения населения продуктами для здорового питания на государственном уровне – Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. и др.

Степень разработанности проблемы. Весомый вклад в научное развитие биохимических основ производства хлебобулочных изделий внесли известные ученые Л. Я. Ауэрман, Е. Д. Казакова, Н. П. Козьмина, Л. И. Пучкова, А. С. Романов, Т. Б. Цыганова, и др. Исследования российских авторов Н. А. Березиной, В. А. Буховец, Г. А. Губаненко, Н. И. Давыденко, Н. В. Заворохиной, С. Я. Корячкиной, А. С. Маркова, В. М. Позняковского, И. Ю. Потороко, И. Ю. Резниченко, М. К. Садыговой, В. Б. Спиричева, Н. Б. Трофимовой, Р. А. Федоровой, В. Я. Черных, О. В. Чугуновой, Л. Н. Шатнюк, а также зарубежных ученых P. Allsopp, U. Gawlik-Dziki, C. Graca, S. Plazzotta, M. A. Saccotelli, D. M. Salazar и др. развивают знания в области технологии производства и формирования качества обогащенных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Вопросами использования зародышей пшеницы в технологии пищевых систем занимались Т. В. Алексеева, А. Б. Вишняков, Н. С. Родионова, В. Н. Сергеев. Однако при анализе доступных источников информации не выявлены обоснованные подходы к использованию шрота зародышей пшеницы и разработке функционально-технологической добавки на основе муки из него для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, что определило цель работы.

Цель и задачи исследования. *Цель работы* – разработка технологии функционально-технологической добавки на основе вторичных зерновых ресурсов - механоактивированной муки из шрота зародышей пшеницы для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности.

Для достижения цели поставлен ряд *задач*:

– проанализировать состояние, перспективы развития рынка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, изучить вопросы использования вторичных зерновых ресурсов в технологии пищевых систем;

– изучить химический состав шрота зародышей пшеницы и его возможность использования в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий;

– изучить влияние метода сухой механоактивации на изменение органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества и безопасности муки из шрота зародышей пшеницы;

– определить оптимальный ингредиентный состав функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы и ее регламентируемые показатели качества и безопасности;

– исследовать влияние разработанной функционально-технологической добавки на технологические и реологические свойства различных видов теста, показатели качества и безопасности хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности;

– разработать нормативно-техническую документацию на производство функционально-технологической добавки, а также хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с ее использованием.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 4, 11, 15 и 29 Паспорта научной специальности 4.3.3:

1. Доказана эффективность метода сухой механоактивации с использованием дезинтегратора в технологии получения муки из шрота зародышей пшеницы. Установлены рациональные режимы работы дезинтегратора: частота вращения роторов – 10 500 об/мин, скорость ударов – 175 м/с, время измельчения – 180 с, позво-

ляющие получить до 76 % фракции с размерами частиц от 40 до 60 мкм (п. 4 Паспорта научной специальности 4.3.3).

2. Показана высокая степень дисперсности муки из шрота зародышей пшеницы (средний эквивалентный диаметр частиц 52 мкм), позволяющая влиять на структурную конформацию белковых и полисахаридных макромолекул, что приводит к увеличению их биодоступности и содержания низкомолекулярных компонентов (п. 15 Паспорта научной специальности 4.3.3).

3. Обоснован состав и рациональное соотношение компонентов в рецептуре функционально-технологической добавки с заданными свойствами и ее использование в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, содержащей 68,4 % муки из шрота зародышей пшеницы, полученной методом сухой механоактивации, 23,3 % инулина, 8,3 % лецитина (п. 11 Паспорта научной специальности 4.3.3).

4. Показана эффективность использования функционально-технологической добавки для повышения пищевой ценности, улучшения органолептических показателей и сохраняемости хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (п. 29 Паспорта научной специальности ВАК 4.3.3).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в применении научно обоснованного подхода к моделированию заданных технологических и потребительских свойств продуктов переработки зернового сырья с помощью метода сухой механоактивации.

Практическая значимость заключается в разработке технологии механоактивации применительно к шроту зародышей пшеницы, определении рационального соотношения компонентов в рецептуре функционально-технологической добавки с заданными технологическими свойствами и его использование в составе хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

По результатам работы получен патент РФ № 2804613 «Способ изготовления хлеба».

Разработана нормативно-техническая документация на производство функционально-технологической добавки на основе муки зародышей пшеницы и гото-

вой продукции (Технические условия 10.61.4-011-02069214-2021 «Полуфабрикат на основе муки зародышей пшеницы», ТИ 10.61.4-011-02069214 Технологическая инструкция по производству полуфабриката на основе зародышей пшеницы, Технические условия 10.71.11-014-40586197-2022 Хлеб из пшеничной муки «Младость», ТИ 10.71.11-014-40586197-2022 Технологическая инструкция по производству хлеба из пшеничной муки «Младость», Технические условия 10.72.12-017-40586197-2022 Печенье сдобное «Полезное», ТИ 10.72.12-017-40586197-2022 Технологическая инструкция по производству печенья сдобного «Полезное»). Проведена промышленная апробация технологических решений в ООО «Хлебный дом» (г. Верхняя Пышма) и ООО «Вест-Ресторанс» (г. Екатеринбург), что подтверждается актами о промышленной апробации и актами внедрения.

Материалы диссертации используются в учебном процессе на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» при подготовке бакалавров в рамках основной образовательной программы 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания» (профиль «Организация и управление предприятиями в сфере индустрии питания») по дисциплине «Технология и организация специальных видов питания».

Методология и методы исследования. Методологической основой работы являются труды отечественных и зарубежных ученых в области производства обогащенных хлебобулочных и кондитерских изделий. Для решения поставленных задач применялись общенаучные и специальные методы. Исследования проводились в 3–5-кратной повторности.

Положения, выносимые на защиту:

- новые данные о влиянии метода сухой механоактивации на химический состав муки из шрота зародышей пшеницы и ее технологические свойства при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий;
- результаты сравнительного анализа показателей качества функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина, и его технологических свойств при различной степени дисперсности;

– новые технологические решения при изготовлении хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы, полученной методом сухой механоактивации;

– результаты оценки технологической пригодности разработанной добавки на основе механоактивированной муки из шрота зародышей пшеницы в составе хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Степень достоверности и апробация результатов подтверждена экспериментальными исследованиями, выполненными с использованием современных методов и оборудования, результаты которых статистически обработаны с применением Microsoft Office Excel 2019.

Основные результаты доложены и обсуждены на научных конференциях различного уровня: XIII Всероссийская научно-практическая конференция «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития» (Екатеринбург, 2012); I Международная научно-практическая конференция «Потребительский рынок Евразии – современное состояние, теория и практика» (Екатеринбург, 2012); Международная научно-практическая конференция «Качество и безопасность продуктов питания в условиях ВТО» (Москва, 2012); Всеукраинская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития пищевых производств, гостиничного, ресторанного хозяйства и торговли» (Харьков, 2013); Международный конкурс научно-исследовательских проектов молодежи «Продовольственная безопасность» (Екатеринбург, 2013); Международная научно-практическая конференция «Продовольственный рынок: состояние, перспективы, угрозы» (Екатеринбург, 2015); III Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли» (Екатеринбург, 2015); Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания» (Екатеринбург, 2017); V Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли» (Екатеринбург, 2018); VII Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли» (Екатеринбург, 2020); VIII Международная научно-практическая конферен-

ция «Биотехнология: наука и практика» (Ялта, 2020); XVII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны – 2021» (Красноярск, 2021); 1st International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (Новосибирск, 2021); X Международная научно-практическая конференция «Fundamental science and technology» (Уфа, 2022).

Публикации. По материалам исследований опубликовано 17 научных работ объемом 8,8 п. л., в том числе шесть статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации; две статьи в изданиях, индексируемых в международной базе Web of Science; 9 публикаций в сборниках и трудах международных и всероссийских конференций; один патент РФ № 2804613 «Способ изготовления хлеба».

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из четырех глав, включающих: аналитический обзор научно-технической литературы; методическую часть; результаты исследования и их анализ, список литературы и шесть приложений. Основное содержание изложено на 162 страницах печатного текста, включает 52 таблицы и 47 рисунков. Список литературы включает 209 источников, из них 28 – зарубежных авторов.

1 Аналитический обзор научно-технической литературы

1.1 Анализ состояния и тенденции развития рынка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

На сегодняшний день проблеме здорового питания уделяется все большее внимание, поэтому пищевые продукты повышенной пищевой ценности, восполняющие дефицит макро- и микронутриентов, сохраняющие и улучшающие здоровье, становятся востребованными [187]. В России формирование политики здорового образа жизни осуществляется на государственном уровне, о чем свидетельствуют рекомендации по здоровому питанию, сформулированные Стратегией формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 г. [154].

Объемы выработки такой продукции в России не превышают 5 % объема всего производства, однако интерес к ним со стороны покупателей и потребителей постоянно растет. По данным исследования компании Grand View Research, в России стоимостный объем продаж обогащенных пищевых продуктов будет увеличиваться, и до 2025 г. эта категория продуктов будет показывать прирост от 7 % до 9 % ежегодно, что обуславливается ненасыщенностью рынка [122].

Хлеб относится к наиболее употребляемым населением продуктам питания [3; 151; 200; 208], что является одной из причин пристального внимания ученых и производителей к его обогащению полезными веществами с целью повышения пищевой ценности изделия.

На рисунке 1 показаны сегменты рынка хлеба и хлебобулочных изделий.

Показано, что преобладание изделий из ржаной, пшеничной, а также их смесей – характерная особенность российского рынка, которая отличает его от рынков хлебобулочных и мучных кондитерских изделий развитых европейских стран [126].

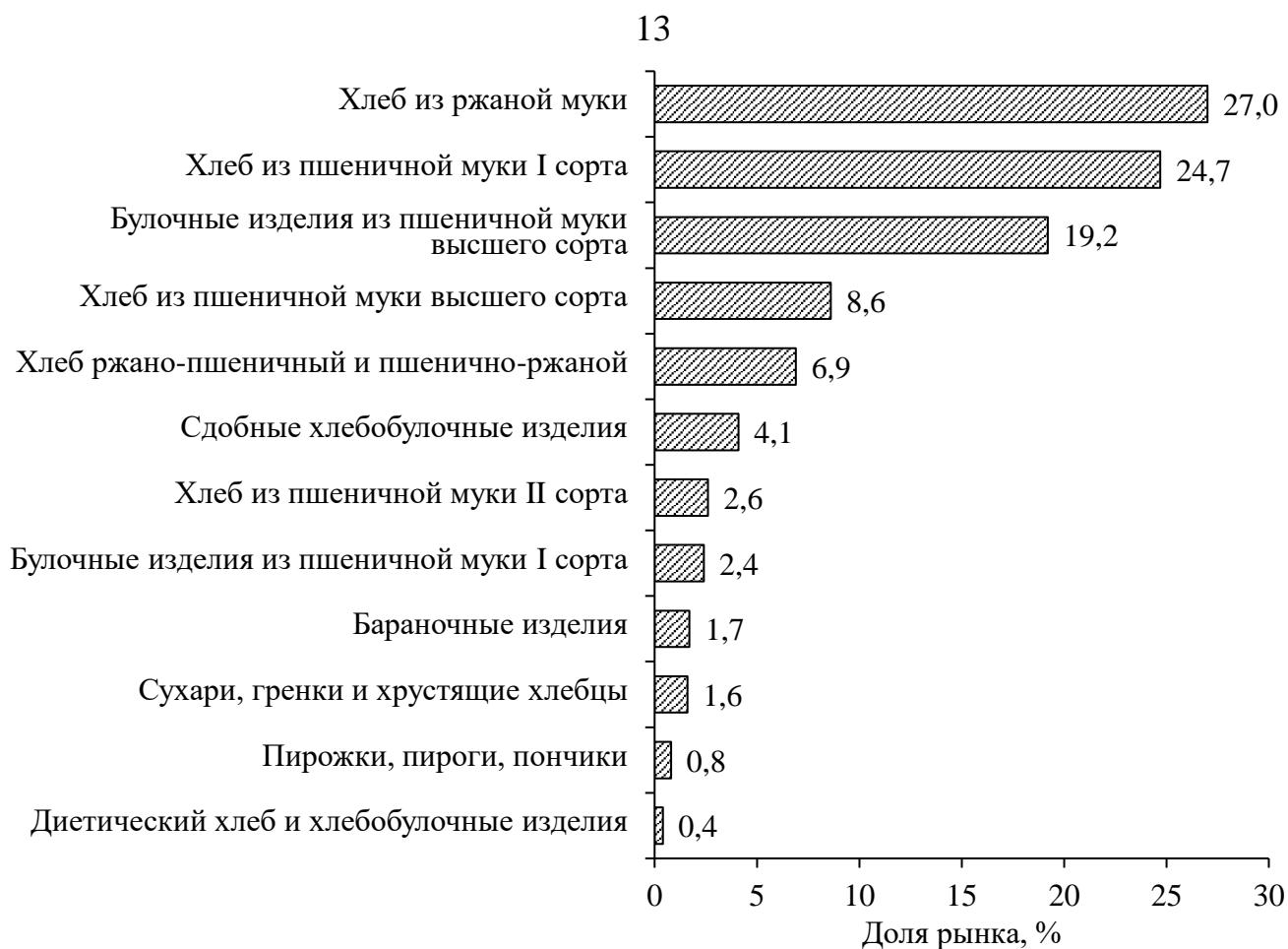


Рисунок 1 – Сегменты рынка хлеба и хлебобулочных изделий
[103; 133; 151; 178]

В соответствии с зарубежным опытом условием повышения конкурентоспособности является переход к инновационному ассортименту хлебобулочных изделий, соответствующему тенденциям развития потребительского спроса [8; 90; 151]. Как отмечают исследователи, потребители отдают предпочтение продуктам с новыми вкусами, с меньшим содержанием и натуральными ингредиентами, производимыми компаниями, которые заботятся о здоровье потребителей [17; 76; 127]. Выявленной тенденцией в настоящее время является рост интереса населения к здоровому питанию и, соответственно, новым сортам хлебной продукции с повышенной пищевой ценностью [67; 146; 163; 168].

Хлеб и хлебобулочные изделия являются одними из базовых продуктов питания, поэтому спрос на данный вид продукции остается стабильным. В структуре потребления наблюдается замещение хлебобулочных изделий другими продуктами, которые потребители считают полезными. Поэтому должна меняться и струк-

тура производства, увеличиваться доля сортов хлебобулочных изделий с повышенной добавленной стоимостью, которые рассматриваются населением не просто как источник калорий, а как здоровый, вкусный и полезный продукт. По прогнозным оценкам, в перспективе развитие рынка хлеба и хлебобулочных изделий будет происходить в основном за счет роста спроса на нетрадиционные сорта продукции с более сложной рецептурой.

Почти на всех хлебопекарных предприятиях страны выпускаются хлебобулочные изделия с повышенным содержанием витаминов, биологически активных добавок, с использованием диспергированного зерна и др. Кроме того, в целом производство хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью характеризуется неравномерным распределением по экономическим регионам страны. Так, основная доля выпуска таких хлебобулочных изделий приходится на Центральный федеральный округ – 23 % [70; 74; 172; 180].

Таким образом, существует большой потенциал развития приоритетного сегмента производства хлеба и хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности, поскольку данный рынок находится на стадии активного роста [175].

Улучшение качества, пищевой ценности и расширение ассортимента хлебобулочных изделий является одними из важных проблем, стоящих перед хлебопекарной промышленностью в настоящее время. В связи с этим инновационные исследования, направленные на разработку эффективных способов использования в хлебопечении нетрадиционного сырья и добавок, обеспечивающих экономию основного и дополнительного сырья, а также повышение качества и пищевой ценности продукции являются актуальными [67].

Разработка технологий хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью ведется в двух направлениях:

- 1) технологии с добавлением пищевых ингредиентов в дозировке от 3 % до 20–30 % к массе муки (к таким ингредиентам относятся, например, отруби, разнообразные зернопродукты, соевая мука и др.);

- 2) технологии с введением микронутриентов (витаминов, минеральных и иных веществ) [34; 126].

В рамках первого направления разрабатываемые технологии нацелены на улучшение качества и потребительских свойств продукции (объем, пористость и т. д.) за счет снижения отрицательного влияния пищевых ингредиентов (таких, как отруби), функциональные свойства которых не совместимы с белково-углеводными компонентами муки, а также повышения микробиологической чистоты хлеба. В основном это предполагает разработку полуфабрикатов, в которых происходят биохимические преобразования пищевых ингредиентов, способствующие улучшению свойств теста и качества изделий. Так, в настоящее время разработаны технологии хлеба и хлебобулочных изделий:

– с соевой мукой – на основе полуфабрикатов, интенсифицирующих коллоидные процессы; ферментативных, предполагающих гидролиз белковых веществ; а также технологии с введением соевой муки на финальной стадии замеса теста, что обеспечивает минимальный контакт между белками сои и пшеничной муки [164];

– с зернопродуктами (отрубями, крупкой пшеничной дробленой, мукой овсяной, ячменной, кукурузной), предварительно ферментированными в молочнокислых или пропионовокислых заквасках, что позволяет снизить микробиологическую загрязненность и таким образом предотвратить «картофельную болезнь» и плесневение хлеба, улучшить качество хлебобулочных изделий за счет расщепления ингредиентов до низкомолекулярных веществ, повысить пробиотические свойства [99].

В рамках второго направления разрабатываются технологии, повышающие биоусвояемость микронутриентов либо снижающие их потери в процессе приготовления теста. Современные технологии позволяют:

– повышать усвояемость кальция – на основе полуфабрикатов с молочной кислотой (молочная сыворотка, молочнокислая закваска), в результате чего неусвояемый кальций пищевого мела переходит в форму лактата, вовлекаемую в обмен веществ;

– предусматривать введение витаминов В₁, В₂, РР и ряда других в полуфабрикаты определенного состава (например, содержащие молочную сыворотку, пшеничную муку, растительное масло), что снижает потери витаминов;

– повышать биоусвояемость железа, что предполагает внесение в рецептуру витаминсодержащих продуктов, таких как пшеничная зародышевая мука или хлопья, или витаминно-минеральных смесей.

Часто хлебобулочные изделия имеют измененный химический состав, для них разработаны «порошковые» технологии на основе различных композитных смесей из нетрадиционных видов сырья и пищевых добавок [74; 163].

Перспективным направлением развития ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой и биологической ценности является использование натуральных пищевых обогатителей. К ним относятся, например, технологии хлебобулочных изделий на основе проросшего (биоактивированного) диспергированного зерна ржи или пшеницы, отличающегося повышенным содержанием витаминов, минеральных веществ в биоусвояемой форме, незаменимых аминокислот и др. [14; 76; 87; 91; 100].

К натуральным обогатителям хлеба относятся закваски с направленным культивированием микроорганизмов. Так, пропионовокислые бактерии (*Pr. shermanii*) в пропионовокислой закваске, синтезируют витамины, в том числе В₁₂, пропионовую кислоту и антибиотики – ингибиторы развития «картофельной болезни» хлеба. Каротинсинтезирующие дрожжи в витаминной закваске синтезируют β-каротин; эргостериновые дрожжи в дрожжевой закваске – провитамин D [94].

Перспективными направлениями производства новых сортов хлеба, содержащих все морфологические части зерна, являются:

- выработка хлеба из цельносмолотого зерна;
- изготовление хлебобулочных изделий на основе композиционных смесей высокосортной муки и отрубей;
- производство хлеба с использованием зерна, прошедшего специальную механическую и (или) гидротермическую обработку, в том числе использование зерна в виде крупки, экструдатов, хлопьев.

Простейшим способом повышения пищевой ценности хлеба является увеличение выхода муки. Однако более целесообразна разработка усовершенствованной системы помола зерна, которая позволяет удалить неперевариваемые оболочки, ухудшающие внешний вид получаемых изделий, и полностью направить в муку зародыш и алейроновый слой зерна. Ранее традиционный способ получения муки обеспечивал попадание в нее зародыша и щитка [155; 156], однако при этом уменьшалась сохраняемость муки из-за интенсивного гидролиза жиров.

Традиционным спросом у потребителей пользуются мучные кондитерские изделия. Объем российского рынка мучных кондитерских изделий – около 1 млн т в год, из которых импортная продукция составляет примерно 7 % рынка. На рынке мучных кондитерских изделий сейчас очень много предложений, в том числе и от производителей из других государств. Рынок стал более плотным, произошло деление зон сбыта и влияния между крупными и мелкими компаниями.

Хотя кондитерские изделия не являются основными продуктами потребления, они принадлежат к числу важных и любимых компонентов пищевого рациона всех возрастных групп населения. На рисунке 2 представлены доли сегментов рынка мучных кондитерских изделий.

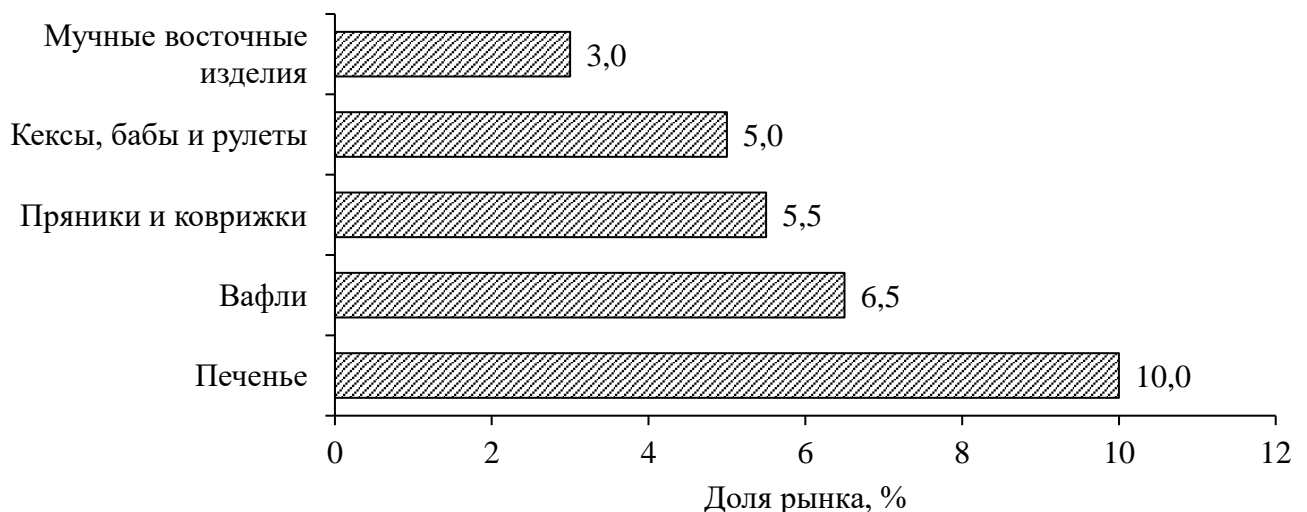


Рисунок 2 – Сегменты рынка мучных кондитерских изделий

Мучные кондитерские изделия занимают существенную долю потребляемой кондитерской продукции, и объем продаж их продолжает расти. В структуре рынка мучных кондитерских изделий по категориям наибольшую долю составляют изделия мучные кондитерские длительного хранения. Самый большой объем обеспечивает сегмент печенья.

Преобразования на рынке мучных кондитерских изделий, происходящие в последние годы, изменили традиционный подход к ассортименту продукции этой группы. Она относится к высококалорийной, что объясняется большим содержанием в рецептурах таких компонентов, как жир и углеводы, а в ряде случаев и полным отсутствием пищевых волокон, витаминов и др., поэтому создание и вывод на российский рынок мучных кондитерских изделий, богатых витаминами, микроэлементами, пищевыми волокнами и белками, – важная задача [3], поэтому в настоящее время ведется изыскание нетрадиционных видов сырья с высокой пищевой ценностью (соя, глютин кукурузы, полуобезжиренная масса семян подсолнечника, мука тритикале, отруби злаковых культур, а также сухофрукты, орехи и семечки и др.) [133; 174]. Растет популярность инновационной продукции с расширенными потребительскими свойствами [70].

Анализ научно-технической литературы показал, что в настоящее время в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий активно применяется разнообразное нетрадиционное сырье, в том числе вторичные зерновые ресурсы, отличающиеся высоким содержанием пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, что позволит не только расширить ассортимент, удовлетворить имеющийся на продовольственном рынке спрос на изделия с повышенной пищевой ценностью, но и в рамках актуальной задачи ресурсосбережения, даст возможность более полного вовлечения в хозяйственный оборот экологически безопасного натурального растительного сырья.

1.2 Использование вторичных зерновых ресурсов в технологиях хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

В настоящее время проблемы несбалансированного питания все более углубляются. Медиками фиксируется резкое снижение содержания пищевых волокон в современном рационе питания человека, что приводит к значительным негативным отклонениям в состоянии здоровья широких слоев населения развитых стран.

В результате выработки высокосортной муки при отделении от эндосперма оболочек, алейронового слоя, зародыша зерна из конечного продукта удаляются почти все витамины, значительная часть белковых и минеральных веществ, резко сокращается количество важных для здоровья пищевых волокон [101; 126]. Вследствие недостатка клетчатки, гемицеллюлозы, пектиновых веществ и лигнина у людей развиваются различные заболевания, как рак прямой кишки, ожирение, сахарный диабет, атеросклероз, ухудшается моторная функция кишечника, прогрессирует дисбактериоз, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы [126].

В условиях нашей страны большая часть пищевых волокон поступает в организм человека с овощами, фруктами и зернопродуктами. Именно в хлебе, хлебобулочных изделиях (особенно из муки грубого помола) содержится повышенное количество физиологически активных компонентов – целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз. Однако при современном уровне потребления хлеба, хлебобулочных изделий и их ассортиментном составе население России с продуктами питания получает не более 15–20 % потребляемого количества пищевых волокон.

Первостепенными продуктами мукомольного производства являются мука пшеничная и ржаная. К промежуточным продуктам помола зерна относят крупки различных размеров. При высвобождении наиболее питательной части зерновки, эндосперма, из охватывающих ее оболочек, плодовых, семенных, цветковых пленок, образуются вторичные продукты, в которых сконцентрированы витамины, микроэлементы, пищевые волокна. Вторичные продукты – это мучка, лузга, зародыши, кормовые зернопродукты и отруби [193]. В зависимости от используемого

технологического оборудования, а также от качественных характеристик исходного сырья определяется выход разных сортов муки. При помолах зерна на современном оборудовании можно достичь выход муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта 76 %, отрубей – 21 %, кормовых продуктов – 2,4 %, отходов – 0,6 %. При сортовых помолах из 100 т зерна выход муки высшего, первого и второго сортов будет составлять 79 и 20 т отрубей соответственно. При получении 96 т обойной муки выход отрубей равен 1 т [186].

Сегодня используемые вторичные ресурсы зерновых культур в основном идут на кормовые цели, и только 15 % от их общего объема применяется в хлебопечении и в качестве диетического продукта. При этом существует множество перспективных разработок новых ресурсосберегающих экологически безвредных и безотходных технологических процессов для переработки вторичного сырья зерновых культур. Возможные направления его использования достаточно широки, а ассортимент получаемых веществ и материалов может применяться в различных отраслях народного хозяйства. К числу таких технологий в мукомольном производстве относят процесс получения пшеничных отрубей и зародышевых хлопьев и их использование в производстве продуктов питания, в том числе для лечебно-профилактического и лечебного питания, что является актуальной научной задачей [186].

Отруби – это побочный продукт помола пшеницы или ржи, состоящий из частиц оболочек и алейронового слоя с примесью частиц зародыша и эндосперма. Пшеничные и ржаные отруби, образующиеся на первых драных системах мукомольных заводов, являются наиболее перспективным, доступным и дешевым источником натуральных пищевых волокон. Содержание в них пищевых волокон в 3–5 раз выше, чем в овощах и фруктах, и 10 раз больше, чем в муке [106].

При производстве сортовой пшеничной муки на долю отрубей приходится 15–28 %. Отруби состоят из оболочек, прилегающего к ним алейронового слоя и наружных слоев эндосперма. В состав оболочек входит неусвояемая клетчатка, а в состав алейронового слоя входят белки, жиры, минеральные вещества, витамины. Отруби содержат большое количество белка (массовая доля 16–20 %), жира

(до 5,4 %), углеводов (до 70 %), витамины: РР, Е, макроэлементы: калий, кальций, магний, фосфор, микроэлементы: железо марганец, селен, цинк. Аминокислотный состав белков отрубей включает, % общего азота: аргинин – 7,5; цистин-цистеин – 1,5; гистидин – 1,7; аланин – 2,4; треонин – 2,8; триптофан – 1,8 и валин – 4,1.

Однако экспериментально установлено, что питательные вещества алейронового слоя не усваиваются организмом человека [130; 147].

Около 16 % всего количества отрубей, идущих на пищевые цели, обрабатывают, доводя их качество до требований к диетическому продукту.

Учитывая низкую усвояемость питательных веществ, входящих в состав отрубей, проводились многочисленные исследования, направленные на повышение их перевариваемости. Предложен способ обработки отрубей паром, однако он не обеспечивал повышение усвояемости, а лишь улучшал внешний вид хлеба, его объем.

Разработаны более эффективные биохимические способы обработки отрубей. Например, академиком А. И. Опариным предложен способ заваривания и осахаривания отрубей с последующим заквашиванием этой массы молочнокислыми бактериями [136; 151]. Это позволило улучшить перевариваемость хлеба. Сбраживание отрубей пивными дрожжами приводило к улучшению усвояемости хлеба и обогащению его витаминами группы В. Из-за высокой трудоемкости данные способы не нашли широкого применения в пищевой промышленности [147].

Всесоюзным научно-исследовательским институтом хлебопекарной промышленности (ВНИИХП) предложен способ приготовления хлеба из тонкодиспергированного целого зерна или с внесением тонкоизмельченных фракций отрубей в количестве до 15 % [118]. При этом химический состав смеси муки и отрубей близок к составу целого зерна. В результате тонкого измельчения (размер частиц оболочек – менее 200 мкм) количество доступного азота в хлебе возросло в 1,6 раза, увеличилось содержание минеральных веществ (фосфора, калия, магния), витаминов и повысилась их усвояемость. Разработчиками предложено достаточно большое количество рецептов хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, содержащих отруби, в том числе профилактической направленности. Однако

диетологи отмечают необходимость строгого контроля химического состава отрубей в связи с тем, что они могут содержать токсичные вещества в результате использования ядохимикатов при возделывании пшеницы [121; 147].

Из отрубей, содержащих до 15 % пшеничной муки, вырабатывают пористые экструдированные отрубяные палочки. Их микронизация делает палочки хрустящими, ароматными; возможны вкусовые и ароматические добавки в экструдированную массу. Отрубяные палочки пользуются спросом, их выработка возрастает из года в год примерно на 10 %. Часть диетических отрубей (до 0,1 %) вырабатывается в виде экструдированных палочек с последующей их микронизацией. Остальные отруби поставляются комбикормовой промышленности либо используются на мукомольном заводе для выработки кормосмесей или продажи вподсобные хозяйства в натуральном виде.

Сибирский филиал ВНИИЗ разработал технологию производства высокобелковых хлебопродуктов из побочных продуктов переработки зерновых, бобовых и масличных культур путем мелкодисперсного измельчения в дисмембраторе с выделением белковой фракции на пневмоклассификаторе.

Высокобелковую муку из пшеничных отрубей с богатым аминокислотным, витаминным и минеральным составом применяют в качестве пищевой лечебно-профилактической добавки для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, а также в качестве компонентов комбикормов для животных и птицы [83].

Другой ценный вторичный продукт переработки зерна – это зародыш, состоящий преимущественно из целого и дробленого зародыша с примесью частиц оболочек и эндосперма. Зародыш зерновки содержит повышенное количество жира, который в контакте с кислородом воздуха быстро прогоркает. В нем сосредоточены многие витамины и микроэлементы, полезные человеку. Кукурузный зародыш частично направляют в масложировую промышленность для выработки пищевого масла. Из пшеничного зародыша вырабатывают «Пшеничные зародышевые хлопья пищевого назначения» и масло из пшеничных зародышевых хлопьев.

Технология выработки пшеничных зародышевых хлопьев освоена Московским мелькомбинатом в Сокольниках (№ 1), Новосибирским КХП и на ряде других

мукомольных заводов. Это высоковитаминный биологически активный продукт лечебно-профилактического назначения. Одновременно возможна экстракция пшеничного масла из зародыша, который представляет собой также очень ценный лечебный препарат. Увеличение объемов их производства весьма перспективно, выработка их рентабельнее переработки отрубей и зародыша в корма.

Объем образования вторичных сырьевых ресурсов составляет около одной четверти от объемов переработки зерна [83].

Особый интерес для современного хлебопечения и кондитерского производства представляют сухие готовые полуфабрикаты – многокомпонентные смеси, предназначенные для выработки широкого ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. В состав готовых смесей входит натуральное растительное сырье (мука пшеничная и ржаная цельносмолотые, мука полбяная, гороховая, кукурузная, овсяная, ячменная, соевая, гречневая; пшеничные зародыши; хлопья пшеничные, ячменные, ржаные, гороховые, кукурузные, овсяные; крупа и зерно кукурузы, сои, ржи, гречихи; семена масличных культур и продукты их переработки: подсолнечника, льна, кунжута, голосеменной тыквы; продукты переработки плодов и овощей: картофельные хлопья и крупка, порошки томатов, моркови, лука; лекарственные растения: семена расторопши, амарантовая мука; продукты переработки солода) и улучшители. Направленность применения отдельных видов сырья в составе смесей и достигаемый технологический эффект обуславливаются химическим составом, соотношением отдельных компонентов сырья, его физико-химическими, технологическими, функциональными свойствами и органолептическими показателями готовой продукции [7].

Сотрудниками Харьковской государственной академии технологии и организации питания разработана мучная смесь, полученная размолотом зерновой смеси из пшеницы и ячменя, для производства мучных кондитерских изделий.

В Алтайском государственном техническом университете разработан новый продукт для детского и диетического питания на основе мучной смеси, содержащей пшеничную зародышевую муку. Продукт обладает гипоаллергенным действием [87].

В Одесской государственной академии пищевых технологий получены зерновые многокомпонентные ингредиенты, представляющие собой тонкодисперсные высушенные порошки с приятным кисломолочным вкусом и ароматом. В настоящее время разработаны новые виды продуктов для детского питания на зерновой основе, содержащие плодовые и овощные добавки, обогащенные витаминами и минеральными элементами. В качестве зерновой основы использована композитная смесь из гречихи, рисовой, овсяной и пшеничной муки [74].

В Московском государственном университете пищевых производств, совместно с ООО «Боско-М», разработаны рецептуры и технология приготовления изделий с повышенным содержанием белка. Дополнительным его источником при создании сортов хлеба под общим названием «Постные», стали растительные ингредиенты, а именно сухая пшеничная клейковина и соевый изолят. В состав смеси входят отруби, содержащие большое количество пищевых волокон, необходимых для стимулирования моторики кишечника. Использование в питании данного сорта хлеба позволит обеспечить организм полноценным белком при отказе от употребления в качестве белка мясных и молочных продуктов, в период соблюдения постов, так и в случае приверженности к вегетарианству [163].

В Киевском технологическом институте пищевой промышленности разработаны следующие композитные смеси:

- зародыш пшеницы, сухая белковая смесь, сухое обезжиренное молоко с соотношением составных частей 5:2:3;
- зародыш пшеницы, белково-витаминный концентрат, сухое обезжиренное молоко с соотношением 5:1:3;
- зародыш пшеницы, белково-витаминный концентрат, сухая обезжиренная соевая мука с соотношением 5:2:3.

Добавление сухой белковой смеси к пшеничной муке первого сорта увеличивает количество белка на 7,2 % и повышает аминокислотный скор пшеничного белка на 14 %. При применении третьей композитной смеси высокая сбалансированность белка хлеба по лизину (скор 93 %) и триптофану (118 %) значительно снижается метионином (63 %), которого в соевой муке относительно мало. Пшенич-

ный зародыш на 1/3 состоит из высококачественного белка, богат витаминами группы В, токоферолами, содержит важные минеральные вещества. При использовании зародыша в количестве 5 % к массе муки увеличивается количество белка на 8,1 %, а аминокислотное число повышается на 10 %. Этой цели может служить также высокобелковый сухой гидролизат в количестве 1 % к массе муки [117].

Таким образом, разработка новых мучных смесей представляет собой многоплановую процедуру, которая включает в себя ряд необходимых и взаимосвязанных аспектов и осуществляется поэтапно. Важно отметить необходимые аспекты разработки:

- выбор сырьевых компонентов смесей;
- исследование их влияния на свойства теста и качество готовой продукции;
- оптимизация состава смесей по критериям, характеризующим их пищевую ценность;
- разработка способа приготовления изделий;
- оценка пищевой ценности хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, приготовленных на смесях;
- оценка экономической эффективности использования разработанных смесей.

Предприятиями пищевой промышленности производится широкий ассортимент хлебобулочных изделий с применением цельнозернового зерна и отрубей: хлеб «Зерновой», хлеб «Восемь злаков», хлеб «Отрубной» и др.

Известно, что при прорастании зерна резко активизируются ферментные системы. Ферменты зародыша разлагают высокомолекулярные соединения в более простые формы, которые становятся легко перевариваемыми и хорошо всасываются в желудочно-кишечном тракте человека. Амилазы катализируют гидролиз крахмала до мальтозы и декстринов, сахароза гидролизует до простых сахаров. Липазы зерна катализируют гидролиз жира с образованием жирных кислот и глицерина. Протеолитические ферменты гидролизуют белки, что снижает качество и количество клейковины зерна. Многие исследователи признают, что клейковина про-

росших зерен пшеницы становится более слабой и количество ее в зерне снижается, а доля свободных аминокислот увеличивается [147; 151].

И. Э. Цапалова и О. М. Сотникова установили, что биоактивация способствует повышению биологической ценности зерна пшеницы [172], и исследовали возможность использования биоактивированного зерна для производства хлебобулочных изделий.

Экструдаты – это изорванные зерна в результате специальной технологической обработки. Химический состав экструдатов зависит от вида зерновых культур. Они содержат до 11,0–12,7 % белка, 1,8–5,7 % жира, от 2,6 % до 11,7 % клетчатки; минеральные вещества, мг/100 г: кальций – 55–130; фосфор – около 390; железо – 5,6–12,1; калий – 417–460; магний – 120–150 [147]. Ячмень и овес, например, являются источником β -глюкана, который отвечает за снижение холестерина в сыворотке крови [141].

Экструдаты зерновых культур могут быть использованы в качестве комплексного источника пищевых волокон, минеральных веществ и других полезных компонентов.

В настоящее время применительно к технологии хлебопекарного производства известно использование экструзионной муки крупяных культур (ячменной, гречневой, пшеничной, рисовой, кукурузной) в приготовлении хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки [118; 126].

М. Ж. Есембеком и другими авторами были разработаны научно обоснованные решения для реализации ресурсосберегающих технологий рационального применения вторичного сырья переработки зерновых культур. В качестве объекта исследования использовали рисовую мучку, выработанную на одной из динамично развивающихся компаний сельскохозяйственной отрасли, в ПТ «Абзал и Компания» (Кызылординская область), гречневую мучку, отобранную в ТОО «Егер» (Павлодарская область). На основании проведенных исследований была установлена перспективность применения рисовой и гречневой мучки для использования в хлебопечении [72].

Многие технологические способы получения тех или иных продуктов из вторичного зернового сырья уже запатентованы. К примеру, метод производства сбивных мучных изделий, бисквитного полуфабриката, пищевого продукта профилактического назначения, в состав которых входят гидратированные пшеничные отруби, способ подготовки пшеничных отрубей для диетических продуктов, а также несколько вариантов приготовления хлеба по различным рецептурам.

Одной из проблем использования вторичных зерновых ресурсов в производстве продуктов питания является сложность их механического измельчения. Это вызвано особенностями их физико-механических свойств, обусловленных большой зоной пластической деформации. Для измельчения вторичных зерновых ресурсов применяют мельницы, дробилки и другое измельчительное оборудование, которое меняет энергетическое состояние измельчаемого вещества. В агропромышленном комплексе активно используется механоактивация, позволяющая получить тонкое и сверхтонкое измельчение. Механоактивацией называют активирование твердого вещества механической обработкой. Реализуется механоактивация в так называемых энергонагруженных аппаратах: центробежных планетарных и струйных мельницах, дезинтеграторах и др., где сочетаются высокие частота и сила механического воздействия, что приводит к увеличению свободной поверхности и уменьшению размера твердых частиц [95].

Значительные объемы и разнообразие вторичного зернового сырья позволяют в каждом регионе нашей страны выбрать наиболее доступную сырьевую базу для организации производства новых востребованных продуктов с высокой добавленной стоимостью. Это даст возможность разработки широкого ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с повышенной пищевой ценностью.

1.3 Обоснование выбора зародышей пшеницы в качестве рецептурного компонента для производства пищевых продуктов повышенной пищевой ценности

На основе проведенного аналитического исследования установлено, что эффективным способом повышения пищевой ценности хлеба и мучных кондитерских изделий, является внесение зародышей зерна пшеницы, пищевая ценность которых весьма высокая [126].

Мука из зародышей пшеницы восстанавливает энергетический баланс, регулирует важнейшие функции организма, помогает противостоять тяжелым заболеваниям, неблагоприятным условиям окружающей среды (радиационное и химическое загрязнение, стрессы), оказывает на человека омолаживающее действие, при регулярном употреблении, повышает иммунитет, выводит из организма шлаки, радионуклеиды, тяжелые металлы, уменьшает риск развития онкологических заболеваний, стимулирует половую и репродуктивную функции, способствует улучшению процессов пищеварения (регулирует микрофлору, устраняет изжогу и запоры), препятствует накоплению избыточного веса, ускоряет процессы заживления и регенерации кожи, тонизирует мышечную систему, повышает работоспособность [132]. Поэтому стоит более детально остановиться на химическом составе зародышей пшеницы, который зависит как от генетических (сорт) и экологических факторов (место выращивания зерна), так и вида обработки и степени их извлечения. Так, в них содержится в пересчете на сухое вещество, %: белков – 33–39; сахаров – 20; жиров – 20; клетчатки – 5; пентозанов – 4; витаминов и минеральных веществ – 7–10 [147]. В нем содержится 12 витаминов, 18 аминокислот, 21 макро- и микроэлемент. В зародышах содержание витаминов группы В в 3–4 раза выше, чем в целом зерне, кальция – в 1,5–2,5 раза, калия – в 2,5–5,0 раза [9].

Растительный белок зародыша пшеницы содержат незаменимых аминокислот в два раза, а лизина в 2–4 раза больше, чем белок эндосперма. По своим свойствам, составу и пищевой ценности белки пшеничного зародыша сравнимы с фи-

зиологически активными белками животного происхождения – белками сухого молока, куриных яиц, казеина, сушеного говяжьего мяса, но не содержат холестерина. В белке преобладают (до 70 %) хорошо усвояемые водо- и солерастворимые фракции. Зародыши пшеницы содержат 18 аминокислот (из них 7 незаменимых), что способствуют быстрому набору мышечной массы, увеличению силовых показателей, восстановлению после напряженных тренировок и высоких энерготрат [111].

Углеводы зародыша состоят из 16 % сахарозы; 5,7 % мальтозоподобных сахаров и 4,0–6,9 % рафинозы и играют огромную роль в процессах обмена веществ, обеспечивая организм энергией [156].

В состав жиров (масла) зародыша входят непредельные жирные кислоты, которые обладают высокой антиоксидантной активностью линолевая (40–49 %), олеиновая (27,8–30 %), линоленовая (10 %); из предельных – пальмитиновая (12,8–13,8 %), стеариновая и лигнооцериновая (1,0 %) [135]. Такой состав повышает сопротивляемость и тонус организма, восстанавливает силы, замедляет развитие атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний, осуществляет профилактику онкологических заболеваний, преждевременное старение, омолаживает кожу. Керамиды – сложные нейтральные липиды – входят в состав мембранных структур клеток, поддерживают водный баланс [134].

Из минеральных веществ в зародыше много фосфора (в среднем до 21,5 %), калия (до 10,5 %), магния (около 7 %), натрия (около 5 %). Все минеральные вещества функционально полезные. Зародыши пшеницы – источник цинка и селена – важнейших микроэлементов, обеспечивающих защиту организма от избыточного образования свободных радикалов. Они необходимы людям, переносящим повышенные физические, интеллектуальные и эмоциональные нагрузки, особенно спортсменам, школьникам, пожилым и больным.

Витамины зерна в основном сосредоточены в зародыше, щитке и алейроновом слое. В зародыше обнаружено значительное количество, мг на 100 г сухого вещества: бета-каротина (провитамина А) – 0,60, тиамина (витамина В₁) – до 22, рибофлавина (витамина В₂) – до 1,3, токоферола – до 16; никотиновой кислоты – 3,4–9,1 и ряд других жизненно важных витаминов [125; 147].

Представленные в высоких концентрациях органический селен и каротиноиды обладают антиоксидантными свойствами, защищают организм от воздействия свободных радикалов. Постоянное употребление экстракта зародышей пшеницы предупреждают появление новообразований, укрепляет капилляры, улучшает состояние кожи и цвет лица, замедляет процессы старения.

Энзимы (ферменты) зародышей пшеницы абсолютно незаменимы для естественных процессов обмена веществ пищеварения, усвоения активных веществ, воздействия витаминов, окислительных процессов. Благодаря такой палитре жизненно важных элементов зародыши пшеницы компенсируют недостаток активных веществ, регулируют пищеварение, увеличивают поступление кислорода, придают силы и энергию, улучшают самочувствие [6].

Кроме того, мука зародышей пшеницы является источником коэнзима Q₁₀ [97].

Не менее ценны и получаемые из зародышей экстракты и шроты. Так, экстракт зародышей пшеницы оказывает омолаживающее и тонизирующее действие, нормализует обмен веществ, устраняет симптомы хронической усталости, повышает защитные силы организма. Шрот зародышей пшеницы содержит богатый аминокислотный комплекс, и организм, занятый их переработкой, не посылает сигналов голода. Клетчатка, входящая в состав шрота, способствует очищению организма от вредных веществ и нормализует стул. Метаболизм клетчатки – единственный обменный процесс в организме, который протекает в неокислородной среде. Энергия, образующаяся при этом, необходима для размножения и поддержания жизнедеятельности бактерий в прямой кишке. Поэтому применение шрота из зародышей пшеницы рекомендовано при дисбактериозе кишечника.

Пищевая ценность шрота на 100 г продукта: минеральные вещества, мг: калий – 490, натрий – 150, магний – 310, фосфор – 1 190, цинк – 23, железо – 10,4, марганец – 21; витамины группы В, мг: В₁ – 0,53, В₂ – 0,25, В₃ – 1,6, В₅ – 5,6, В₆ – 0,8, В₁₂ – 0,003; белки растительного происхождения – 30 %, жиры – 6 %, углеводы – 40 %, энергетическая ценность – 369 ккал.

Высокое содержание в зародыше зерна пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ и белка, с одной стороны, и большое количество получаемых при переработке вторичных зерновых ресурсов – с другой, заставляют обратить внимание ученых на возможность их пищевого применения в качестве весьма богатого питательными веществами продукта [164].

Установлено положительное влияние добавления измельченного стабилизированного зародыша пшеницы на хлебопекарные свойства муки. Липидным и липопротеиновым компонентам пшеницы принадлежит важная роль в процессе созревания пшеничной муки и формирование специфических свойств клейковины, в регулировании качества теста и конечного продукта. Добавление от 0,15 % до 4 % зародышевой муки способствует повышению хлебопекарных свойств обычной муки из зерна пониженного качества. При этом увеличиваются объемный выход хлеба и его пористость, улучшается цвет мякиша [124; 147].

Однако широкое промышленное применение пшеничных зародышей (свежеполученных и стабилизированных) в хлебопекарной и других отраслях пищевой промышленности затруднено по следующим основным причинам:

- крайняя нестойкость свежеполученных зародышей в хранении и необходимость практически немедленной их стабилизации на месте получения;
- срок использования даже стабилизированных зародышей ограничен двумя месяцами при контролируемом хранении в определенных условиях;
- сложности хранения и транспортировки пшеничных зародышей из-за их низкой удельной массы [135].

Тем не менее применение пшеничных зародышей при производстве хлебобулочных изделий целесообразно, но для этого необходимо усовершенствовать технологию их получения при помоле зерна, сохранения качества, способа внесения в качестве обогатителя.

Хлеб из муки, содержащей все части зерна, несомненно, обладает гораздо более высокой пищевой ценностью, чем хлеб из муки высшего сорта. Увеличение выхода муки является наиболее простым способом повышения пищевой ценности получаемого из нее хлеба. Гораздо более целесообразна разработка такой усовершен-

ствованной схемы помола, при которой в максимальной степени были бы отделены от зерна неперевариваемые желудочно-кишечным трактом человека оболочки зерна и вместе с тем полностью направлены в муку зародыш и алейроновый слой – части зерна, наиболее богатые витаминами, минеральными веществами и полноценными по своему аминокислотному составу белками [147]. П. П. Тарутин предложил подробную схему выделения и очистки зародышей пшеницы для использования их в витаминной промышленности, хлебопечении и кондитерском производстве [156]. Им также разработана детальная технологическая схема помола пшеницы, обеспечивающая попадание зародыша и щитка в муку, а следовательно, получение «высоковитаминной» муки [155].

Представляет интерес опыт британских и канадских ученых по изменению и усовершенствованию схемы помола пшеницы для получения высоковитаминной муки. Поскольку известно, что витамином В₁ особенно богаты щиток и зародыш, технологическая схема помола зерна должна быть построена так, чтобы по возможности максимальное количество этих частей зерна попадало в муку, в особенности щитка, содержащего 60 % всего имеющегося в муке тиамин [155].

Основные изменения в технологической схеме помола для максимального включения зародыша и щитка в муку 85 % выхода сводятся к следующему:

- уменьшение влажности пшеницы, поступающей на помол на 1,5–2,0 %;
- увеличение выходов муки на первой и второй драных системах;
- более тщательная очистка отрубей на последних драных системах;
- увеличение скорости подачи продукта на первые размольные системы;
- применение рифленых вальцов в некоторых размольных системах.

Последнее является наиболее важным усовершенствованием схемы, позволяющим извлекать из отрубей значительное количество фрагментов щитка.

Мука из зародышей пшеницы и продукты на ее основе могут быть использованы в качестве диетической добавки к пище. Она включается в рацион при таких заболеваниях, как сахарный диабет, атеросклероз, ишемическая болезнь, дисбактериоз, хронический гастрит, колит, различные почечные патологии, а также в после-

операционный период, в период переутомления, беременности, лактации, при минеральной и витаминной недостаточности, при снижении потенции [156].

Мука зародышей пшеницы используется при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий. На ее основе можно изготавливать сухие завтраки, пряники, вафли, печенье.

Вкусовые качества блюд, приготовленных с использованием муки зародышей пшеницы, получили высокую оценку специалистов. Так, например, мясные рубленые изделия получаются более сочными и пышными, а хлеб приобретает вкус и внешний вид сдобного, дольше не черствеет. Песочное печенье, сладкая паста, соус типа «Сациви» имеют высокие органолептические и физико-химические показатели качества.

Опыты показали, что при добавлении к пшеничной муке первого сорта 25 % муки из пшеничных зародышей содержание белка в хлебе может быть увеличено почти вдвое, а содержание тиамина и рибофлавина также повышается в значительной степени [104].

Выполненная Р. Блоком и Д. Боллинг биологическая оценка белков кукурузных зародышей по сравнению с белками цельного молока показала, что белки зародышей незначительно превосходят белок молока по своей биологической ценности [12].

Использование зародышей для обогащения сортовой муки наталкивалось на затруднение, заключающееся в том, что зародыш вызывает сильное расплывание теста и ухудшение структуры мякиша в связи с наличием в зародышах глютатиона [123].

Учеными доказано, что предварительное замачивание зародышей в воде в течение нескольких часов дает возможность получить прекрасный хлеб, содержащий до 10 % пшеничных зародышей и вместе с тем очень хороший по цвету, объему, пористости и структуре мякиша [125].

Известны другие способы устранения отрицательного влияния глютатиона на физические свойства теста и качество хлеба: применение окислителей типа бромата калия; прогревание зародышей, использование для предварительной обра-

ботки зародышей пара; поджаривание в течение 3 мин при температуре 285 °С; высушивание обезжиренных зародышей с первоначальной влажностью 14,9 % до влажности 4 % в течение 8 ч; добавление фосфолипидов; автоклавирование в течение 20 мин при 120 °С и др. [99].

Таким образом, использование продуктов переработки зародышей пшеницы весьма перспективно для хлебопекарной и кондитерской промышленности. Введение таких добавок изменяет пищевую ценность хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, обогащая их белками, пищевыми волокнами, минеральными веществами, витаминами. Несмотря на все преимущества использования муки из зародышей пшеницы, она имеет один недостаток: не выносит длительного хранения и легко прогоркает, особенно при неблагоприятных условиях хранения. Поэтому, подчеркивая всю убедительность доводов о высокой пищевой ценности такой муки, нельзя не указать на необходимость изыскания дешевых, удобных и безвредных антиоксидантов, добавление которых к муке обеспечило бы ее сохранность и препятствовало бы ее прогорканию [179], либо необходимо другое технологическое решение, например, использование обезжиренного шрота, не уступающего по составу и содержанию биологически ценных макро- и микронутриентов зародышам пшеницы.

Заключение по главе 1

Современная стратегия создания продуктов здорового питания состоит в применении пищевого сырья, гарантирующего полноценное обеспечение пищевых рационов основными и биологически активными веществами, поэтому в последние годы достаточно активно ведется поиск новых нетрадиционных сырьевых источников для получения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности.

Приведенный анализ современного состояния производства, тенденций развития рынка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий позволил выявить необходимость расширения ассортимента за счет внедрения в производство безопасных ресурсосберегающих технологий переработки растительного сырья, в частности вторичных зерновых ресурсов. Однако использование такого сырья имеет ряд физиологических и технологических сложностей. Например, применение зародышей пшеницы, с их высоким содержанием жиров, приводит к значительному сокращению сроков годности пищевой продукции из-за быстрых процессов окисления, отруби с их «жесткой» структурой могут отрицательно сказываться на работе желудочно-кишечного тракта человека и т. д.

Из вышеуказанного можно сделать вывод, что необходима разработка новых научных подходов к решению указанных проблем. Так, автором предложено получение муки из шрота зародышей пшеницы методом сухой механоактивации, и, на основе разработанной математической модели, составление рецептуры функционально-технологической добавки с добавлением инулина и лецитина, который использовали в технологии хлебопечения и производства мучных кондитерских изделий с целью выпуска готовой продукции высокого качества и повышенной пищевой ценности.

2 Организация работы, объекты и методы исследования

2.1 Организация работы

Экспериментальные исследования проводились автором лично в 2007–2023 гг. на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Проведение исследования заключалось в подборе и отработке технологии приготовления хлеба пшеничного из муки пшеничной первого сорта и сдобного печенья с добавлением функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина. Схема исследования представлена на рисунке 3.

2.2 Объекты исследований

На разных этапах объектами исследований являлись:

1. Шрот зародышей пшеницы, изготовитель ООО «Сибтурн» (г. Новосибирск) по ТУ 9295-001-02069214-11 и мука из шрота зародышей пшеницы, полученная традиционным измельчением на валковой мельнице RM-1300 (далее – ТМШ).

2. Мука из шрота зародышей пшеницы, полученная путем измельчения методом сухой механоактивации в дезинтеграторе DESI-11 (далее – ММШ).

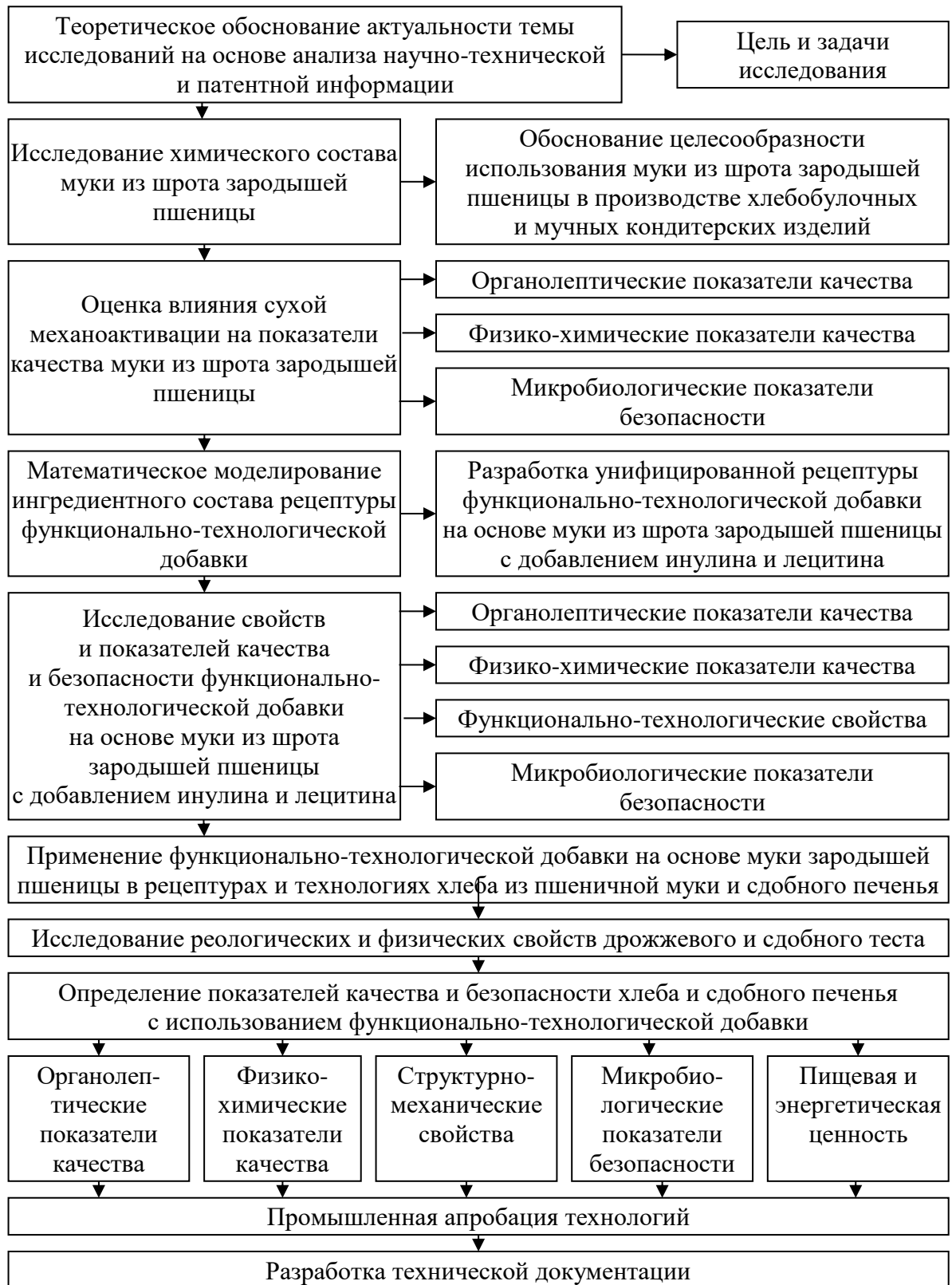


Рисунок 3 – Схема исследований

3. Функционально-технологическая добавка на основе муки из шрота зародышей пшеницы, полученной методом сухой механоактивации, с добавлением инулина из цикория в виде аморфного порошка, полученного экстракцией из горячего

водного раствора с последующей фильтрацией и высушиванием распылением, и лецитина соевого порошкообразного «Лецигран 1000 Р» (ООО «Лецитал», г. Санкт-Петербург, по ГОСТ 32052-2013 «Добавки пищевые. Лецитины E322. Общие технические условия») в соотношении, %: 68,4:23,3:8,3.

4. Тесто с использованием функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина: дрожжевое хлебопекарное, песочное.

Тесто дрожжевое замешивали на густой опаре влажностью 50 %: контрольный образец – по рецептуре хлеба из пшеничной муки первого сорта (50 % от общего количества), предназначенной для приготовления теста, дрожжевой суспензии и воды, опытные образцы – замешивали с заменой муки пшеничной первого сорта на функционально-технологическую добавку в количестве 6,0 %, 9,0 %, 12,0 %, 15,0 % от массы муки пшеничной первого сорта. Минимальное и максимальное значение вносимого количества функционально-технологической добавки обосновано тем, что его внесение менее 5 % не влияет на потребительские достоинства хлеба, а также на изменение пищевой ценности [200], тогда как ее внесение в количестве более 20 % существенно снижает объем и пористость свежееиспеченного хлеба [201].

На основе унифицированной рецептуры рассчитаны рабочие рецептуры.

Опару при температуре 26 °С выбраживали в течение 3 ч до кислотности 3,0–3,5 град. Тесто замешивали из всего количества опары с внесением остального количества муки, функционально-технологической добавки, солевого раствора, воды. Тесто оставляли на брожение в термостате при температуре 30–32 °С в течение 20–60 мин в зависимости от дозировки функционально-технологической добавки. Готовность теста определяли по органолептическим показателям и по достижению конечной кислотности 3,0–4,5 град. Готовое тесто взвешивали и делили на два куска/заготовки массой по 680 г.

Унифицированная рецептура хлеба из пшеничной муки первого сорта (для контрольного образца) представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептатура контрольного образца хлеба

| Наименование сырья | Расход сырья, кг |
|--|------------------|
| Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта | 100,00 |
| Дрожжи хлебопекарные прессованные | 0,70 |
| Соль поваренная пищевая | 1,30 |
| Масло растительное (на смазку форм) | 0,15 |
| Итого | 102,15 |

При получении *песочного теста* за основу взяли унифицированную рецептуру сдобного печенья «Песочно-шоколадное» [2] – контрольный образец. Рецептатура приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептатура контрольного образца сдобного печенья

| Сырье | Массовая доля сухих веществ, % | Расход сырья на 1 т готовой продукции (контрольный образец), кг | |
|------------------------------|--------------------------------|---|-------------------|
| | | в натуре | в сухих веществах |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 570,98 | 488,19 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 150,25 | 150,02 |
| Масло сливочное | 84,00 | 390,65 | 328,15 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 3,00 | 3,00 |
| Какао-порошок | 95,00 | 30,04 | 28,54 |
| <i>Итого</i> | – | 1 144,92 | 997,90 |
| Выход | 95,00 | 1 000,00 | 950,00 |

Для замешивания песочного теста предварительно сбивали сахарную пудру и сливочное масло 10–15 мин, постепенно добавляя остальное сырье (ванильную пудру, какао-порошок, функционально-технологическую добавку). В конце замеса частями засыпали муку пшеничную высшего сорта. После замеса теста определяли его влажность; опытные образцы теста получены заменой пшеничной муки на 9,0 %, 12,0 %, 15,0 % и 18,0 % функционально-технологической добавкой, дозировка которой в рецептуре песочного теста обусловлена максимальной потребительской приемлемостью мучных кондитерских изделий из песочного теста [183].

5. Лабораторные образцы готовой продукции:

– хлеб пшеничный из муки пшеничной первого сорта с заменой на 6,0 %, 9,0 %, 12,0 % и 15,0 % функционально-технологической добавкой, формовой и по- довый. Полученные заготовки формовали. Одному куску теста каждого образца придавали продолговатую форму, второму – форму шара. Тестовые заготовки про- долговатой формы помещали в смазанные растительным маслом формы, круглые куски укладывали на листы и оставляли на расстойку в камере при температуре 35–37 °С и относительной влажности воздуха 80-85 %. Выпечку проводили в печах при температуре (210 ± 10) °С с предварительно увлажненной пекарной камерой в течение (25 ± 5) мин. После выпечки изделия охлаждали в течение 4 ч и прово- дили анализ качества готовой продукции;

– сдобное печенье «Песочно-шоколадное». Получали выпечкой формован- ных методом штамповки тестовых заготовок печенья при температуре 230–250 °С в течение 3–6 мин. В выпеченных опытных (содержание функционально-техноло- гической добавки 9 %, 12 %, 15 % и 18 % взамен муки пшеничной высшего сорта) и контрольном образцах печенья определяли органолептические, физико-химиче- ские показатели качества и микробиологические показатели безопасности.

Для получения образцов теста и готовой продукции использованы рецептур- ные ингредиенты, закупленные в розничной сети г. Екатеринбурга, стандартного качества:

– пшеничная мука высшего и первого сорта ТМ «Селяночка», изготовитель ООО «Русские мельницы» (г. Рязань) стандартного качества по ГОСТ 26574-2017 [32];

– дрожжи прессованные хлебопекарные ТМ «Люкс экстра», изготовитель ООО «САФ-НЕВА» (г. Воронеж) по ТУ 10.89.13-038-48975583-2018;

– соль поваренная пищевая ТМ «Илецкая», изготовитель ООО «Руссоль» (г. Соль-Илецк) по ГОСТ Р 51574-2018 «Соль пищевая. Общие технические усло- вия» [61];

– масло подсолнечное рафинированное дезодорированное первого сорта ТМ «Олейна», изготовитель ООО «Бунге СНГ» (г. Москва) по ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия» [24];

– пудра сахарная ТМ «Роспланта», изготовитель ООО «Роспланта» (г. Санкт-Петербург) по ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия» [48];

– масло сливочное жирностью 82,5 % ТМ «Экомилк», изготовитель АО «Озерецкий молочный комбинат» (г. Дмитров, с. Озерецкое) по ГОСТ 32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия» [46];

– пудра сахарная ванильная ТМ «Сладкое добро», изготовитель ООО «Вкусный магазин» (г. Санкт-Петербург) по ГОСТ 16599-71 «Ванилин. Технические условия» [27];

– какао-порошок ТМ «Российский», изготовитель ООО «Нестле Россия» (г. Москва) по ГОСТ 108-2014 «Какао-порошок. Технические условия» [22].

2.3 Методы исследований

В ходе выполнения диссертационных исследований использовались общепринятые стандартные, частные и модифицированные методы. При анализе теоретических положений и собственных результатов применялись аналитические методы: тематический поиск, анализ и систематизации литературных данных, экспертных оценок. При выполнении экспериментальной части работы использовались органолептические, физико-химические, биохимические, микробиологические, статистические, социологические, корреляционно-регрессионные методы и метод стратифицированного отбора.

Качество помола оценивали по контролю гранулометрического состава с применением метода лазерного динамического светорассеяния согласно ААСС 55-40.01 на приборе Microtrac S3500 [182; 105].

Органолептические показатели муки – вкус, запах, цвет, наличие минеральной примеси – определяли по ГОСТ 27558-87 [38]; зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов – по ГОСТ 27559-87 [39].

Физико-химические показатели муки:

- влажность методом воздушно-тепловой сушки путем высушивания проб муки при фиксированной температуре до постоянной массы согласно ГОСТ 9404-88 [58];
- зольность озолением проб муки с последующим расчетом массы несгораемого остатка согласно ГОСТ 27494-2016 [36];
- кислотность титрованием гидроокисью натрия всех кислореагирующих веществ, содержащихся в пробах муки, по ГОСТ 27493-87 [35];
- количество клейковины путем отмывания ее из теста вручную и качество клейковины путем измерения ее упруго-эластичных свойств с помощью измерителя деформации клейковины (ИДК) согласно ГОСТ 27839-2013 [41];
- автолитическую активность проб муки определяли по количеству водорастворимых веществ, образующихся при прогревании водно-мучной болтушки, с помощью рефрактометра согласно ГОСТ 27495-87 [37];
- насыпную плотность определяли путем измерения объема муки известной массы в градуированном цилиндре [119];
- водопоглотительную способность оценивали, постепенно прибавляя муку к определенному количеству воды до образования теста нормальной консистенции [5];
- газообразующую способность определяли на приборе Яго-Островского [5];
- массовую долю жира определяли путем извлечения сырого жира из проб муки растворителем с последующим его удалением, высушиванием и взвешиванием извлеченного жира согласно ГОСТ 29033-91 [42];
- массовую долю моно- и дисахаридов (сахаров) определяли по Бертрану согласно ГОСТ 26176-2019 [31];
- массовую долю крахмала определяли поляриметрическим методом согласно ГОСТ 10845-98 [23].

Исследование процесса микрофилтрационного разделения по молекулярной массе высокомолекулярных фракций белка, содержащихся в водном экстракте образцов ТМШ и ММШ, проводили с помощью модуля микрофилтрации. В экспе-

рименте использовались трубчатые керамические мембраны серии КМФЭ на основе диоксида титана и альфа-оксида алюминия с нанесенным селективным слоем толщиной 50 мкм и отсечкой 100 кДа (ООО «Научно-производственное объединение «Керамикфильтр», г. Москва) [160].

Определение массовой доли амилозы в водном экстракте образцов ТМШ и ММШ проводили фотоколориметрическим методом при длине волны 660 нм [96].

Содержание сухих веществ в водном экстракте образцов ТМШ и ММШ определяли рефрактометрическим методом, основанном на измерении показателя преломления исследуемого раствора [96].

Органолептические показатели и подъемную силу дрожжей прессованных определяли по ГОСТ Р 54731-2011 [64].

Качество полуфабрикатов (опара, тесто) оценивали органолептическими и физико-химическими методами анализа. При органолептической оценке полуфабрикатов определяли состояние поверхности, консистенцию, запах и вкус по [158].

Температуру полуфабрикатов измеряли техническим термометром со шкалой от 0 °С до 100 °С; влажность – методом термического высушивания на приборе К. Н. Чижовой – ПЧ-2МЦ [158]; кислотность – методом титрования [52].

Реологические свойства теста – на структурометре СТ-1 в режиме № 1 для определения упругих и пластичных деформаций. Параметры прибора: начальная нагрузка $F_0 = 1$ Н; скорость нагружения $V = 100$ мм/мин; величина конечной нагрузки $F_k = 5$ Н. Испытуемый образец располагали на предметном столике прибора. Электромеханический блок обеспечивал перемещение предметного столика с различной скоростью V , которая устанавливалась оператором на клавиатуре прибора.

Измерение параметров осуществляли с помощью тензодатчика с различными насадками, выбор которых определяли в зависимости от вида контроля и исследуемого пищевого продукта. Результаты измерений выводили на буквенно-цифровой индикатор. Прибор имел выход для подключения самопишущего прибора и персонального компьютера [128].

Пробную выпечку хлебобулочных изделий в условиях лаборатории проводили согласно ГОСТ 27669-88 [40].

В экспериментальных образцах хлебобулочных изделий исследовали массу и органолептические показатели: внешний вид, состояние поверхности, цвет, состояние мякиша, промес, пористость, вкус и запах определяли согласно ГОСТ 5667-65 [49]. Органолептический анализ образцов хлебобулочных изделий организован в соответствии с ГОСТ ISO 6658-2016 [60].

Физико-химические показатели хлебобулочных изделий определяли стандартными и принятыми в отрасли методами:

– влажность – методом ускоренного высушивания в сушильном шкафу СЭШ-3М по ГОСТ 21094-75 [28];

– кислотность мякиша, выраженную в градусах кислотности, – титрованием фильтрата, полученного из крошки хлебных изделий, ускоренным методом по ГОСТ 5670-96 [52];

– пористость мякиша, выраженное в процентах как отношение объема пор мякиша к общему объему хлебного мякиша, – на приборе Журавлева по ГОСТ 5669-96 для изделий 0,2 кг и более [51];

– формоустойчивость образцов хлебобулочных изделий рассчитана как отношение высоты хлеба к его диаметру, определяемых при помощи прибора ИФХ-250 по [75];

– удельный объем, как отношение объема образцов хлебобулочных изделий к их массе (в см³/г), определяли по методу, приведенному в руководстве [75];

– массовую долю жира в образцах хлебобулочных изделиях определяли буметрическим методом согласно ГОСТ 5668-68 [50];

– массовую долю углеводов в образцах хлебобулочных изделий определяли по ГОСТ 25832-89 [30].

– массовую долю белка хлебобулочных изделий определяли методом Кьельдаля по ГОСТ 23327-98 [29];

– массовую долю пищевых волокон хлебобулочных изделий определяли ферментативно-гравиметрическим методом по ГОСТ Р 54014-2010 [62].

Степень усыхания хлебобулочных изделий в процессе хранения (усушку) в процентах определяли методом, предложенным в [75], когда сразу после выпечки образцы взвешивали, а затем в течение 7 сут взвешивание повторяли.

Свежесть образцов хлебобулочных изделий оценивали по показателям качества методом, предложенным в [89].

Для опытных образцов сдобного печенья определяли органолептические показатели: внешний вид, вкус, запах, цвет; размеры, массу нетто и составные части по ГОСТ 5897-90 [53].

Физико-химические показатели сдобного печенья определяли стандартными методами:

– массовую долю влаги высушиванием пробы сдобного печенья при определенной температуре и вычислении потери массы по отношению к массе пробы до высушивания – по ГОСТ 5900-2014 [55];

– массовую долю золы, нерастворимой в соляной кислоте пробы сдобного печенья, – по ГОСТ 5901-2014 [56];

– намокаемость – по установлению увеличения массы пробы сдобного печенья при погружении в воду при температуре 20 °С на определенное время согласно ГОСТ 10114-80 [19];

– щелочность – титрованием пробы сдобного печенья 1 н. соляной кислотой, в градусах титруемой щелочности, по ГОСТ 5898-87 [54];

– массовую долю общего сахара (по сахарозе) – фотоколориметрическим методом на приборе ФЭК по ГОСТ 5903-89 [57];

– массовую долю жира – рефрактометрически на приборе ИРФ согласно ГОСТ 31902-2012 [45].

Кроме того, при проведении испытаний использовались следующие методы, принятые в отрасли, но не являющиеся стандартизированными.

Массовую долю клетчатки в экспериментальных образцах сдобного печенья определяли по методике определения клетчатки в биологических материалах [159]. В пробирку объемом 50 см³ помещали навеску мелкоизмельченного воздушно-сухого материала (0,6–1,5 г), вносили дополнительную навеску 0,1–0,2 г чистой су-

хой клетчатки в виде кусочков фильтрованной сухой бумаги (размером 2–4 мм), добавляли 20–32 см³ реагентной смеси, включающей дистиллированную воду (60–65 мас. %) в объемном соотношении 1:8:1. Кипятили на водяной бане 45–50 мин, осадок отфильтровывали через предварительно высушенный и взвешенный бумажный фильтр на стеклянной воронке, промывали 4–5 раз горячей дистиллированной водой (70–90 °С). Фильтр с осадком и воронкой помещали в сушильный шкаф, нагретый до 160 °С, и высушивали при этой температуре в течение 1–1,5 ч, охлаждали и взвешивали.

Массовую долю клетчатки (X , %) рассчитывали по формуле

$$X = \frac{a - b}{H} \cdot 100, \quad (1)$$

где a – масса осадка на фильтре, г; b – масса навески вносимой клетчатки, г; H – навеска анализируемого материала, г.

В процессе гидролиза, фильтрования и промывки осадка, введенная клетчатка служила матрицей, на которой адсорбировалась освободившаяся из материала клетчатка, что способствовало укреплению ее частиц и ускорило фильтрование и промывку.

Реологические свойства готовых изделий (хрупкость) оценивали с использованием структурометра СТ-1 в режиме № 1 путем определения предельного статического и предельного динамического напряжений. Предельное статическое напряжение ($\sigma_{\text{пред. стат}}$, МПа) рассчитывали по формуле

$$\sigma_{\text{пред. стат}} = \frac{P}{A}, \quad (2)$$

где P – статически сосредоточенная сила, приложенная к изделию, Н; A – площадь изделия, м².

Предельное динамическое напряжение ($\sigma_{\text{пред. динам}}$, МПа) рассчитывали по формуле

$$\sigma_{\text{пред. динам}} = \frac{\sigma_{\text{пред. стат.}}}{2}. \quad (3)$$

Усушку образцов сдобного печенья определяли, оставляя его на хранение в течение 28 сут и периодически измеряя массу печенья на технических весах через каждые 7 сут [165].

Усушка (X , %) рассчитывали по формуле

$$X = \frac{M_0 - M_n}{M_0} \cdot 100, \quad (4)$$

где M_0 – масса свежесдобленного печенья, г; M_n – масса печенья через каждые 7 сут, г.

Аминокислотный состав муки из шрота зародышей пшеницы и печенья сдобного определяли на системе высоко эффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) Shimadzu LC-20 Prominence (Япония), с автоматическим реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином АРМ-1000 (Sevko&Co, Россия) и колонкой с ионообменной смолой $4,6 \times 150$ мм (Sevko&Co, Россия). Расчет концентрации выполняли, используя стандартные образцы аминокислот. Для расчета аминокислотного сора белка аминокислотный сора каждой незаменимой аминокислоты в «идеальном» референтном белке ФАО/ВОЗ принимали за 100 %, а в исследуемом определяли процент соответствия [120].

Минеральный состав муки и готовых продуктов (содержание натрия, калия, кальция, магния, железа) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии согласно ГОСТ 32343-2013 [47] и ГОСТ EN 15505-2013 [59]; содержание фосфора определяли фотометрическим методом согласно ГОСТ 26657-97 [33].

Определение витаминов В₁, В₂, В₃ (РР), группы А и Е с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии проводили согласно ГОСТ EN 14122-2013, ГОСТ EN 14152-2013, ГОСТ EN 15652-2015, ГОСТ 32042-2012, ГОСТ EN 12823-2-2014 и ГОСТ EN 12822-2014 соответственно; витамина В₄ – методом капиллярного электрофореза по ГОСТ Р 57124-2016.

Исследования показателей безопасности муки и готовых продуктов: хлебобулочных изделий и сдобного печенья проводили на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 [107]:

– количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 [21];

– бактерии группы кишечных палочек (БГКП) определяли по ГОСТ 31747-2012 [43];

– количество дрожжей и плесневых грибов определяли по ГОСТ 10444.12-2013 [20].

3 Разработка рецептуры, исследование состава и свойств функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы

Современные тенденции в области производства продуктов питания связаны с расширением ассортимента продуктов, способствующих коррекции здоровья за счет нормализующего воздействия на организм человека с учетом его профессии, физиологического состояния, пола, внешних факторов [80].

Обоснование и разработка пищевых ингредиентов, содержащих взаимосвязанные друг с другом нутриенты различной природы и строения, должны опираться на достоверные сведения об их физиологическом воздействии (с учетом синергетического и комплексного воздействия) на метаболические и регуляторные функции организма. В то же время необходимо разрабатывать рецептуры и модернизировать технологию с целью получения нового продукта, отличающегося от традиционного высокими потребительскими свойствами и улучшенной пищевой ценностью.

В решении этой задачи большое значение принадлежит разработке изделий с использованием нетрадиционных видов сырья на основе натуральных природных компонентов.

В настоящее время в числе приоритетных направлений стоят научные исследования по разработке эффективных технологий комплексной переработки отходов производства, которые позволяют наиболее полно использовать исходное сырье. Так, в процессе производства муки проводится ее фракционирование. При этом отделяются цветочные пленки, оболочки, зародыш, формирующие вместе с алейроновым слоем и частью измельченного ядра отруби, мезгу, лузгу, мучку, которые не находят эффективного применения и зачастую выбрасываются, засоряя окружающую среду. Однако такие побочные продукты – источники ценных биологически активных веществ [96].

Современные технологии позволяют выделять зародыш пшеницы в качестве самостоятельного продукта для производства масла. При этом образующийся шрот является достаточно ценным растительным сырьем, обладающим следующими положительными качествами:

- регулирование жизненно важных функций человеческого организма;
- способность укреплять иммунную систему;
- ускорение процесса выздоровления;
- пополнение энергетического резерва организма и его омоложения;
- устранение влияния неблагоприятных факторов окружающей среды (загрязнения химического и радиационного характера), стрессов [188].

Из всего сказанного выше следует, что использование шрота зародышей пшеницы в производстве продуктов питания актуально и перспективно.

3.1 Обоснование целесообразности использования шрота зародышей пшеницы в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

Шрот зародышей пшеницы является отходом производства масла, получаемого из зародышей пшеницы. Используется в чистом виде, а также в качестве добавки в комбикорме. Пищевой шрот зародышей пшеницы представлен диетической, биологически активной добавкой, полученной в результате экстракции масла зародышей пшеницы с применением этилового спирта [185]. Состав полученного шрота богат клетчаткой, белками, практически лишен жиров, концентрирует биологически-активные компоненты: аминокислоты, витамины, макро- и микроэлементы [189; 197].

В таблице 3 представлены органолептические показатели шрота зародышей пшеницы, изготовленного ООО «Сибтурн».

Таблица 3 – Органолептические показатели качества шрота зародышей пшеницы

| Показатель | Характеристика |
|--------------|--|
| Внешний вид | Порошок без посторонних примесей и включений |
| Цвет | Светло-бежевый |
| Запах | Нейтральный, с легким зерновым ароматом, без постороннего запаха (затхлости, плесени, горелости) |
| Вкус | Нейтральный с легким пшеничным послевкусием, без горечи и прогорклости |
| Консистенция | Рассыпчатая, неоднородная, без комочков и крупных включений исходного сырья |

В таблице 4 представлены результаты исследования химического состава шрота зародышей пшеницы.

Таблица 4 – Химический состав шрота зародышей пшеницы ($M \pm m, n = 3$)

| Компонент | Шрот зародышей пшеницы |
|-----------------------------|------------------------|
| Вода, г | $6,8 \pm 0,2$ |
| Белки, г | $34,9 \pm 0,2$ |
| Жиры, г | $0,9 \pm 0,4$ |
| Крахмал, г | $15,4 \pm 0,5$ |
| Моно- и дисахариды, г | $22,6 \pm 0,5$ |
| Пищевые волокна, г | $15,5 \pm 0,2$ |
| Зола, г | $4,07 \pm 0,05$ |
| Витамины | |
| Витамин А, мкг | $7,78 \pm 0,03$ |
| Бета-каротин, мг | $0,049 \pm 0,002$ |
| Витамин В ₁ , мг | $0,62 \pm 0,02$ |
| Витамин В ₂ , мг | $0,81 \pm 0,02$ |
| Витамин Е, мг | $9,64 \pm 0,03$ |
| Витамин РР, мг | $11,37 \pm 0,03$ |
| Минеральные вещества | |
| Калий, мг | $785,0 \pm 4,0$ |
| Кальций, мг | $26,0 \pm 1,0$ |
| Магний, мг | $172,0 \pm 3,0$ |
| Натрий, мг | $4,5 \pm 0,5$ |
| Фосфор, мг | $1072,0 \pm 6,0$ |
| Железо, мг | $4,38 \pm 0,03$ |

Учитывая полноценный химический состав шрота зародышей пшеницы, а также тот факт, что на мельничных предприятиях предусмотрена технология отбора зародышей при помоле зерна, то данный вторичный продукт переработки зерна можно рекомендовать в производстве продуктов питания.

Автором предложена и научно доказана возможность использования муки из шрота зародышей пшеницы, полученной традиционным измельчением на валковой мельнице RM-1300 (далее – ТМШ), в производстве хлеба из муки пшеничной, хлеба из смеси муки ржаной и пшеничной и сдобного печенья.

Тесто для хлеба из пшеничной муки первого сорта замешивали на густой опаре, а тесто для хлеба из смеси ржаной обдирной и пшеничной высшего сорта – на густой закваске с заменой части пшеничной муки на ТМШ в различных количествах.

В процессе проведения экспериментов исследовано влияние ТМШ на характер брожения теста, его реологические свойства, а также качество готовых изделий.

Установлено, что при внесении ТМШ к концу брожения объем теста и его кислотность повышались по сравнению с контрольными образцами, так как в состав ТМШ входят моно- и дисахариды, аминокислоты, богатый витаминный комплекс, что служит питанием для дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий. Это способствует быстрому их размножению и интенсификации спиртового и молочнокислого брожения и газообразования в тесте.

Однако при внесении ТМШ в количестве более 9 % от массы муки пшеничной и (или) смеси ржаной и пшеничной наблюдалось уменьшение объема как пшеничного, так и ржано-пшеничного теста, что объясняется более вязкими свойствами данных образцов вследствие большего содержания водорастворимых веществ, в частности глутатиона в пшеничных зародышах. Глутатион – трипептид, в состав которого входит остаток аминокислоты цистеина, содержащий свободную сульфгидрильную группу –SH, изменяющую физические свойства белков клейковины. В восстановленном состоянии глутатион является активатором протеолиза, что приводит к расслаблению клейковинного каркаса теста.

Экспериментально установлено, что оптимальными количествами вносимой ТМШ стали 6 % от массы муки для хлеба из пшеничной муки, 8 % от массы пшеничной муки для хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки и 9 % от массы муки для сдобного печенья. Выпеченные образцы хлеба и печенья по органолептическим показателям отвечали требованиям нормативной документации, характеризовались улучшенным вкусом и ароматом: приобретали ореховый привкус и аромат жареных семян злаковых культур. По физико-химическим показателям образцы хлеба с оптимальными дозировками ТМШ отличались большей пористостью, объемом и формоустойчивостью, а образцы печенья имели повышенную намокаемость по сравнению с контрольными и другими образцами. Увеличение дозировки ТМШ сверх оптимального количества приводило к ухудшению органолептических и физико-химических показателей готовых изделий, что связано с малой газоудерживающей и влагоудерживающей способностью данных образцов теста, а также крупностью и неоднородностью помола ТМШ. Крупнодисперсные частицы ухудшали показатели качества образцов: затрудняли разрыхление теста, снижали объем выпеченного хлеба, уменьшали намокаемость печенья.

Во всех образцах с увеличением ТМШ наблюдалось повышение содержания пищевых волокон, заменимых и незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных веществ.

Результаты экспериментальных исследований подтверждены патентом РФ № 2804613 «Способ изготовления хлеба» (приложение И).

3.2 Влияние сухой механоактивации на органолептические, физико-химические свойства и показатели безопасности муки из шрота зародышей пшеницы

Одной из задач исследования стало измельчение шрота зародышей пшеницы с целью его использования для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Однако при измельчении шрота известными промышленными способами получали муку с неоднородным составом твердых частиц, размер которых составлял от 50 мкм до нескольких миллиметров [135].

Крупнодисперсные частицы, как и сама неоднородность фракционного состава помола, значительно ухудшали органолептические показатели качества (вкус, внешний вид, состояние мякиша) и физические свойства полученных изделий (пористость, объем, намокаемость).

Для повышения эффективности использования шрота пшеничных зародышей в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий было предложено тонкое измельчение методом сухой механоактивации. Механическая активация вещества позволяет увеличивать технологическую активность поверхности дисперсного продукта за счет большого количества механической энергии. Процесс осуществляется в скоростном режиме многократно повторяющихся сжимающих нагрузок в стесненных условиях с периодом между нагружениями менее 0,025–0,030 с и количеством 40 раз и более повторных нагружений на измельчаемый продукт. Поэтому появляется избыточная свободная энергия системы; происходит разрыв межмолекулярных связей, стабилизирующих надмолекулярную структуру природных полимеров; наблюдается понижение плотности и возрастание площади поверхности [94].

Для расчета энергии механоактивации использован энергетический закон, в соответствии с которым работа трения или работа поверхностного деформирова-

ния и разрушения, энергия пластических деформаций зависят от степени измельчения твердых частиц и пропорциональна площади поверхности [95].

Зависимость, учитывающая затраты энергии в процессе деформирования твердых тел, выражается уравнением

$$de = \frac{9\alpha_2}{\alpha_1} l \frac{dS}{S} + \left(\frac{3\alpha_2\beta l - \gamma}{\alpha_1} + \delta \right) dS - \frac{\alpha_2\beta l^2}{4\alpha_2} S dS, \quad (5)$$

где e – энергия на совершение работы; α_1 – коэффициент площади частицы; α_2 – коэффициент объема частицы; S – удельная поверхность измельчаемого материала; β – плотность энергии пластических деформаций; γ – поверхностная плотность трения и энергии образования и разрушения агрегатов; l – толщина слоя, в котором совершается пластическая деформация; δ – свободная энергия единицы поверхности.

Из уравнения следует, что плотность энергии пластических деформаций зависит от конструкции, геометрических размеров мелющих элементов и технологических параметров измельчительной машины. Для достижения определенного уровня плотности энергии, которая передается измельчаемой частице в процессе разрушения, необходимо повышение энергонапряженности измельчительного аппарата за счет увеличения кинетической энергии рабочих органов при их соприкосновении с измельчаемым материалом [138].

Анализ степени увеличения свободной энергии показывает, что скорость роста может быть во много раз выше при определенных условиях, таких как увеличение удельной поверхности дисперсной системы по сравнению с увеличением свободной энергии за счет внутренних деформаций. Одним из основных условий интенсивного увеличения внутренней энергии диспергируемого материала путем измельчения является высокий энергетический потенциал измельчительной машины, обеспечивающий деформации внутренней структуры измельчаемых частиц, что можно реализовать в дезинтеграторах [93].

Интенсивное измельчение влияет на изменения структурной конформации как белка, так и крахмала в твердом состоянии. Механическое воздействие может модифицировать конформационную структуру исходного материала, приводя к изменению межмолекулярных взаимодействий [205; 196].

Процесс тонкого измельчения шрота зародышей пшеницы, показанный на рисунке 4, проводили на дезинтеграторе DESI-11 методом сухой механоактивации.

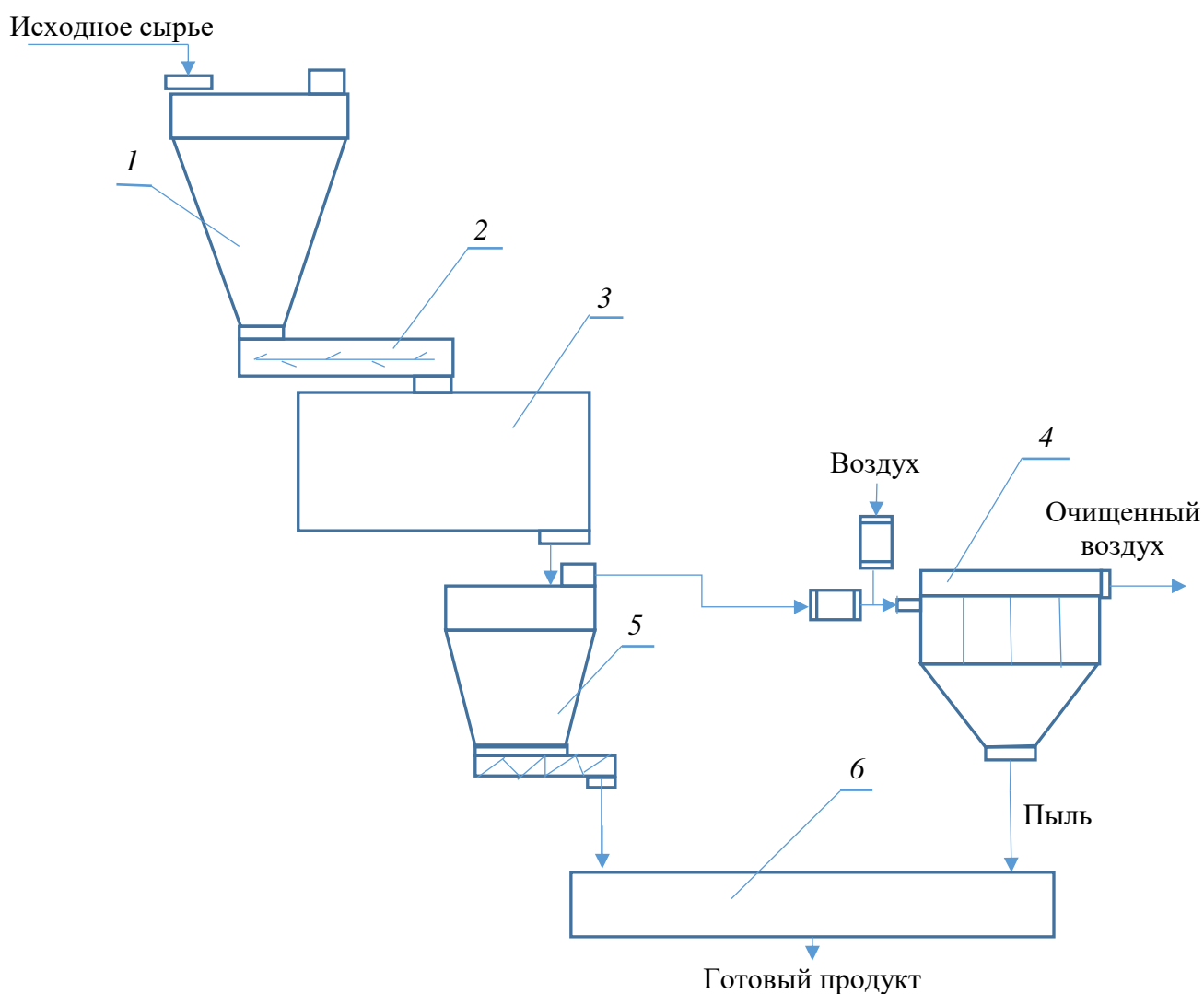


Рисунок 4 – Установка для измельчения шрота зародышей пшеницы

Установка включала в себя бункер для исходного сырья 1 со сводообрушителем, вибропитатель 2, дезинтегратор 3, рукавный воздушный фильтр 4, приемный контейнер 5. Данный дезинтегратор предназначен для измельчения сыпучих, порошковых и зернистых материалов до порошков, с размерами частиц от 40 до

1 000 мкм. Экспликация оборудования для проведения технологического процесса представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Экспликация оборудования

| Наименование | Количество, шт. |
|----------------------------|-----------------|
| Бункер для исходного сырья | 1 |
| Вибропитатель | 2 |
| Дезинтегратор DESI-11 | 1 |
| Рукавный воздушный фильтр | 1 |
| Контейнер приемный | 1 |
| Классификатор | 1 |

Исследование функционально-технологических свойств твердых продуктов питания имеет большое значение, так как известно, что увеличение степени помола ведет к возрастанию удельной межфазной поверхности порошков и улучшению вкусовых характеристик, а также к интенсификации процессов, протекающих с использованием порошкообразных ингредиентов. Вместе с тем при уменьшении размеров частиц порошка увеличиваются его слеживаемость и прилипаемость к поверхностям оборудования и тары, а также уменьшается текучесть (сыпучесть) порошков. Все это затрудняет технологические процессы (смешивание, дозировку, транспортировку и др.) [84; 128]. Многочисленными экспериментами установлено, что для использования вторичных зерновых ресурсов в производстве продуктов питания размер твердых частиц не должен превышать 70 мкм [95; 96].

Исследование влияния процесса измельчения шрота зародышей пшеницы до размера частиц не более 70 мкм на физико-химические и функционально-технологические показатели представлено в таблице 6.

Увеличение частоты вращения роторов в дезинтеграторе от 7 500 до 12 000 об/мин позволило получить средний эквивалентный диаметр частиц муки от 78,0 до 50,0 мкм при сокращении продолжительности процесса от 240 до 140 с, что отразилось на значении показателя насыпной плотности, который повышался пропорционально уменьшению дисперсности частиц.

Таблица 6 – Исследование влияния режимов измельчения шрота зародышей пшеницы на физико-химические и функционально-технологические показатели

| Показатель | Частота вращения роторов, об/мин | | | |
|---|----------------------------------|-------|--------|--------|
| | 7 500 | 9 000 | 10 500 | 12 000 |
| Продолжительность процесса, с | 240 | 210 | 180 | 140 |
| Средний эквивалентный диаметр частиц, мкм | 78,0 | 64,0 | 52,0 | 50,0 |
| Массовая доля влаги, % | 6,6 | 6,5 | 6,3 | 6,4 |
| Насыпная плотность, кг/м ³ | 590,0 | 680,0 | 760,0 | 765,0 |
| Водопоглощительная способность, % | 62,0 | 65,0 | 70,0 | 70,0 |
| Кислотность, град | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 |

Установлено, что с уменьшением размера частиц незначительно уменьшалась их влажность, что вероятно связано с изменением капиллярно-пористой структуры продукта. Влага, находящаяся в порах и капиллярах крупных частиц, выделяясь при диспергировании, активно связывается с белком и крахмалом, приводя к набуханию, что отражается на водопоглощительной способности, и частичном гидролизе макромолекул с образованием мономеров, проявляющих слабокислые свойства, за счет чего наблюдалось некоторое увеличение общей кислотности образцов ММШ, полученных при высоком числе оборотов в минуту роторов.

Полученные результаты зависимости размера частиц от параметров механоактивации представлены графически на рисунке 5.

Таким образом, выбран рациональный режим процесса тонкого измельчения: частота вращения роторов – 10 500 об/мин, скорость ударов – 175 м/с, продолжительность процесса – 180 с. Эквивалентный диаметр твердых частиц после измельчения составил 52 мкм при максимальных параметрах насыпной плотности 760,0 кг/м³ и водопоглощительной способности 70,0 %.

В результате проведения метода сухой механоактивации получена ММШ однородной, порошкообразной консистенции, без комочков, светло-бежевого цвета с размером частиц 0,35–0,68 мкм – определен методом лазерного динамического светорассеяния (по методике ААСС 55-40.01) [182].

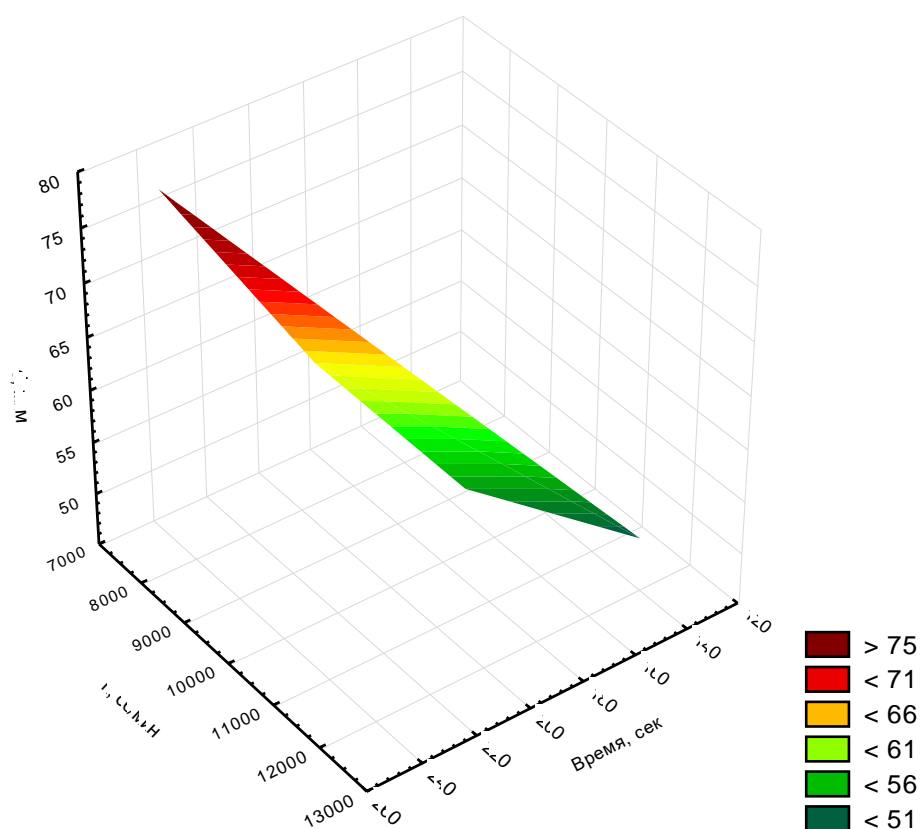


Рисунок 5 – Зависимость размера частиц от параметров механоактивации:
 d – размер частиц, мкм; n – частота вращения роторов, об/мин; τ – время, с

Одним из показателей физических свойств полученных порошкообразных ингредиентов является анализ их гранулометрического состава. Проведен сравнительный анализ гранулометрического состава образцов муки из шрота зародышей пшеницы, полученных традиционным измельчением на валковой мельнице типа RM-1300, и методом сухой механоактивации с использованием дезинтегратора DESI-11. Результаты исследования представлены в таблице 7.

Анализ гранулометрического состава образцов муки из шрота зародышей пшеницы показал, что мука, полученная традиционным способом, имела размеры частиц в диапазоне от 40 до 190 мкм. Размеры частиц после проведения сухой механоактивации находились в пределах от 10 до 80 мкм, при этом содержание частиц в наилучшем для дальнейших исследований интервале от 40 до 60 мкм составило 76 % от их общего объема.

Таблица 7 – Гранулометрический состав образцов ТМШ и ММШ, полученных различными методами измельчения ($M \pm m, n = 3$)

| Размер частиц, мкм | Содержание фракций в муке из шрота зародышей пшеницы, % масс. | |
|--------------------|---|-----------------------|
| | валковая мельница RM-1300 | дезинтегратор DESI-11 |
| 10–20 | – | $2,5 \pm 0,5$ |
| 20–40 | – | $8,5 \pm 0,5$ |
| 40–60 | $6,0 \pm 0,5$ | $76,0 \pm 5,0$ |
| 60–80 | $5,5 \pm 0,5$ | $13,0 \pm 3,0$ |
| 80–100 | $35,0 \pm 5,0$ | – |
| 100–130 | $38,0 \pm 4,0$ | – |
| 130–160 | $12,0 \pm 2,0$ | – |
| 160–190 | $3,5 \pm 0,5$ | – |

Графически классификация частиц в образцах муки из шрота зародышей пшеницы по фракциям показана на рисунке 6.

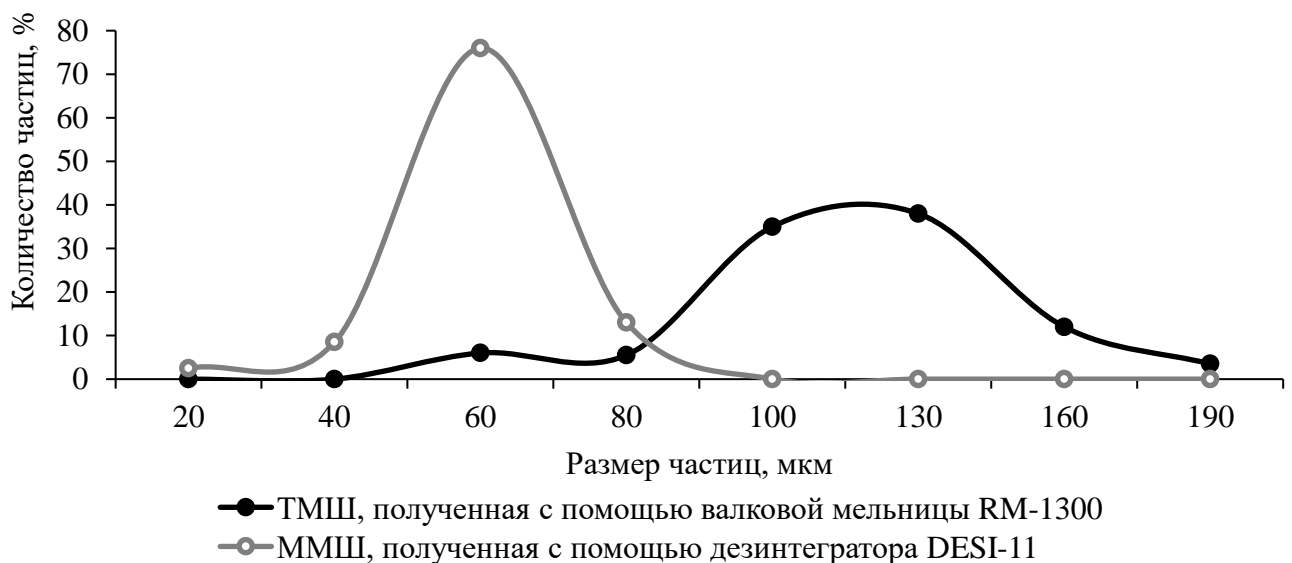
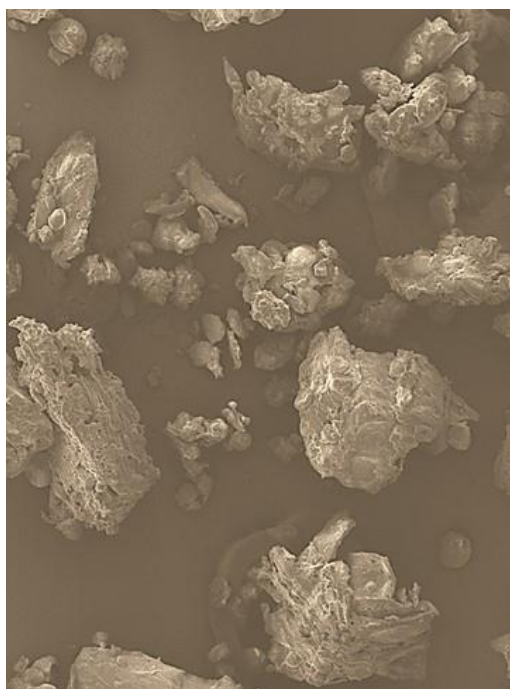
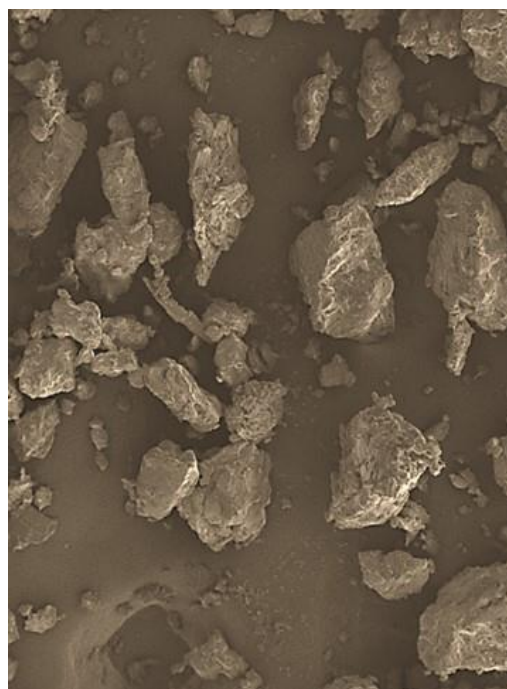


Рисунок 6 – Распределение частиц муки из шрота зародышей пшеницы по размеру

На рисунке 7 представлены микрофотографии образцов муки, полученных на электронном микроскопе Jeol JEM-2100 при увеличении в 250 раз.



a – образец, полученный с помощью валковой мельницы RM-1300



б – образец, полученный с помощью дезинтегратора DESI-11

Рисунок 7 – Микрофотографии муки из шрота зародышей пшеницы ($\times 250$), полученные разными методами измельчения

Анализ полученных данных свидетельствует, что применение механоактивации позволяет получать ММШ с монодисперсным однородным составом (76,0 % фракции имеют размер частиц 40–60 мкм). Установлено, что гранулометрический состав ММШ имеет схожий состав с мукой пшеничной первого сорта (около 50,0 % фракции имеют размер частиц 40–50 мкм, что доказывает возможность эффективного встраивания ММШ в систему конечного продукта.

В таблице 8 представлены результаты лабораторных испытаний показателей безопасности муки из шрота зародышей пшеницы.

Результаты микробиологических исследований показали низкую обсемененность муки из шрота зародышей пшеницы. Значения микробиологических и других показателей безопасности не превышали допустимого уровня.

Таблица 8 – Показатели безопасности образцов муки из шрота зародышей пшеницы, полученных различными методами измельчения ($M \pm m, n = 3$)

| Показатель | Допустимый уровень (по ТР ТС 021/2011) | Мука из шрота зародышей пшеницы | |
|--|---|---------------------------------|--------------------------|
| | | Валковая мельница RM-1300 | Дезинтегратор DESI-11 |
| Микробиологические показатели | | | |
| КМАФАнМ, КОЕ/г | Не более $5 \cdot 10^4$ | $1,5 \cdot 10^2$ | $1,7 \cdot 10^2$ |
| БГКП (колиформы), г | Не допускается в 0,1 | Не обнаружено | |
| <i>E. coli</i> , г | Не допускается в 1,0 | Не обнаружено | |
| Патогенные, в том числе сальмонеллы, г | Не допускается в 25,0 | Не обнаружено | |
| Дрожжи, плесени, КОЕ/г | Не более 100 | 10 | 10 |
| Пестициды | | | |
| ГХЦГ (α, β, γ изомеры), мг/кг | Не более 0,5 | Менее 0,001 | Менее 0,001 |
| ДДТ и его метаболиты, мг/кг | Не более 0,02 | Менее 0,001 | Менее 0,001 |
| Токсичные элементы | | | |
| Свинец, мг/кг | Не более 1,0 | $0,44 \pm 0,05$ | $0,35 \pm 0,04$ |
| Мышьяк, мг/кг | Не более 0,2 | Менее 0,025 | Менее 0,025 |
| Кадмий, мг/кг | Не более 0,1 | $0,03 \pm 0,003$ | $0,04 \pm 0,003$ |
| Ртуть, мг/кг | Не более 0,03 | Менее 0,005 | Менее 0,005 |
| Цезий-137, Бк/кг | Не более 200 | $0,00 \pm 3,06$ | $0,00 \pm 4,05$ |
| Стронций-90, Бк/кг | Не более 100 | $0,00 \pm 5,70$ | $4,53 \pm 5,50$ |

Проведен сравнительный анализ химического состава образцов муки, полученных традиционным способом и методом сухой механоактивации. Результаты показаны в таблице 9.

Таблица 9 – Химический состав образцов муки, полученных различными методами измельчения ($M \pm m, n = 3$)

| Компонент | Содержание в образцах муки из шрота зародышей пшеницы, % на а.с.в | |
|--------------------|---|-----------------------|
| | Валковая мельница RM-1300 | Дезинтегратор DESI-11 |
| Белки | $37,4 \pm 0,2$ | $37,1 \pm 0,2$ |
| Жиры | $1,0 \pm 0,4$ | $1,1 \pm 0,4$ |
| Крахмал | $16,5 \pm 0,5$ | $14,1 \pm 0,5$ |
| Моно- и дисахариды | $24,2 \pm 0,5$ | $28,3 \pm 0,2$ |
| Пищевые волокна | $16,6 \pm 0,2$ | $16,1 \pm 0,2$ |
| Зола | $4,37 \pm 0,05$ | $4,58 \pm 0,05$ |

Установлено, что проведение сухой механоактивации приводит к некоторому изменению химического состава образца, например, массовая доля белков незначительно уменьшилась, простых сахаров увеличилась на 17 %, содержание крахмала уменьшилось на 14,5 % по сравнению с образцом ТМШ. Это связано с деструкцией структуры природных полимеров в процессе механоактивации и снижением молекулярной массы указанных нутриентов.

Данные аминокислотного состава белка образцов муки из шрота зародышей пшеницы представлены на рисунке 8.

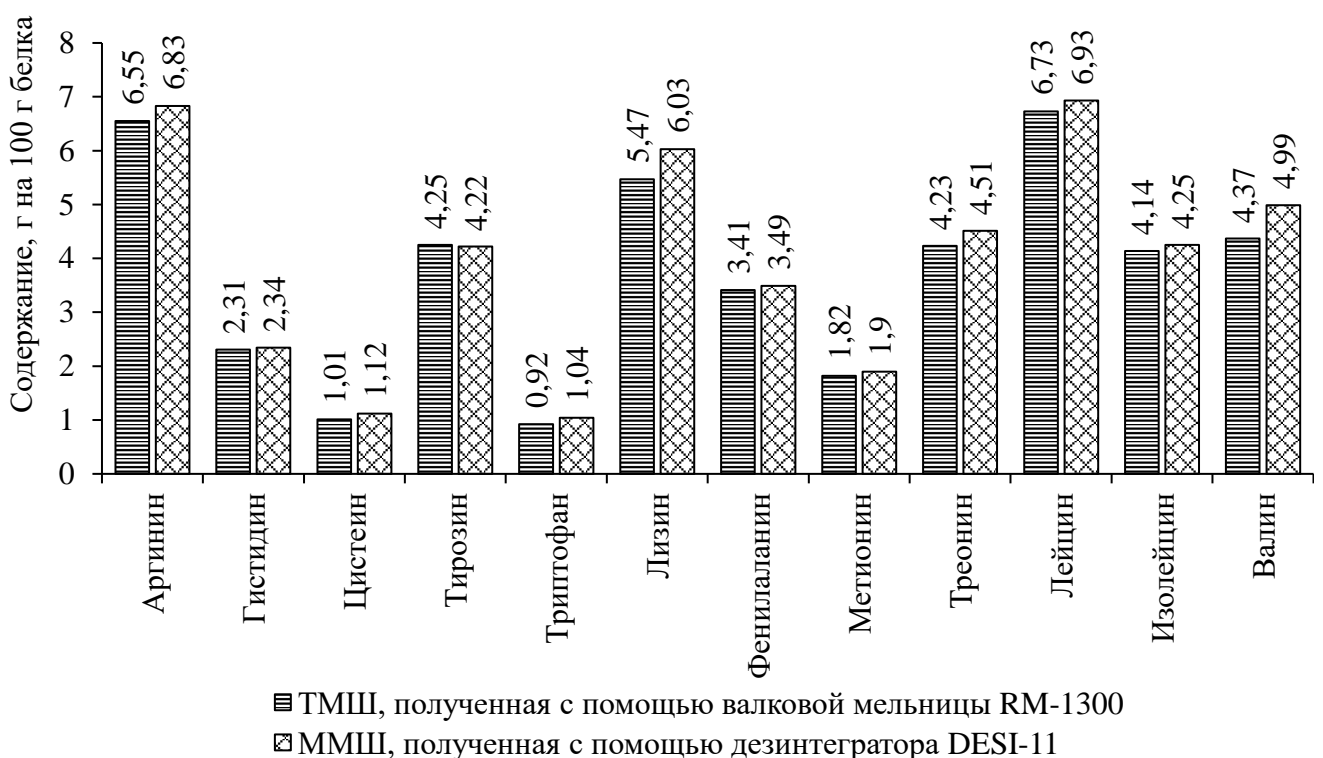


Рисунок 8 – Аминокислотный состав образцов муки из шрота зародышей пшеницы, полученных различными методами измельчения

Показано, что аминокислотный состав белка образцов муки из шрота зародышей пшеницы представлен всеми незаменимыми аминокислотами, причем вследствие механоактивации количественный состав свободных аминокислот повышался в среднем на 8–10 %.

В таблице 10 приведено содержание незаменимых аминокислот и биологическая ценность образцов муки из шрота зародышей пшеницы, полученных различными методами измельчения.

Таблица 10 – Содержание незаменимых аминокислот и биологическая ценность образцов муки из шрота зародышей пшеницы, полученных различными методами измельчения

| Показатель | Содержание аминокислоты и аминокислотный скор белков образцов муки из шрота зародышей пшеницы | | | |
|---|---|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Валковая мельница RM-1300 | | Дезинтегратор DESI-11 | |
| | мг на 1 г белка | аминокислотный скор, % | мг на 1 г белка | аминокислотный скор, % |
| Валин | 43,7 | 87,4 | 49,9 | 99,8 |
| Изолейцин | 41,4 | 103,5 | 42,5 | 106,3 |
| Лейцин | 67,3 | 96,1 | 69,3 | 99,0 |
| Лизин | 54,7 | 70,9 | 60,3 | 74,5 |
| Метионин+цистин | 28,2 | 80,6 | 30,1 | 86,0 |
| Фенилаланин+тирозин | 76,6 | 127,7 | 77,1 | 128,5 |
| Треонин | 42,3 | 105,8 | 45,1 | 113,5 |
| Триптофан | 9,2 | 92,0 | 10,4 | 104,0 |
| Биологическая ценность, % | 89,80 | | 90,40 | |
| Коэффициент эффективности белка _{расч} | 2,68 | | 3,09 | |

Полученные на основании эксперимента и расчета данные показывают, что образец муки из шрота зародышей пшеницы, полученный методом сухой механоактивации имел более высокую биологическую ценность и коэффициент эффективности белка, что свидетельствует о лучшем его усвоении и доказывает целесообразность использования именно такого образца в хлебопекарном и кондитерском производстве для повышения биологической ценности изделий.

Для оценки биодоступности водорастворимых белков ММШ применен метод микрофилтрационного разделения водного экстракта ММШ, который позволил определить количество низкомолекулярных белков, перешедших в пермеат через

фильтрационную мембрану (таблица 11). Водный экстракт готовили при соотношении муки и воды 1:2.

Таблица 11 – Физико-химический состав водного экстракта образцов ТМШ и ММШ после микрофильтрационного разделения (средние значения)

| Параметр | Водный экстракт муки из шрота зародышей пшеницы, % мас. | | | |
|-------------------------|---|-----------|-----------------------|-----------|
| | Валковая мельница RM-1300 | | Дезинтегратор DESI-11 | |
| | Концентрат | Пермеат | Концентрат | Пермеат |
| Белок общий, % | 10,5 ± 0,2 | 1,1 ± 0,1 | 7,6 ± 0,2 | 3,8 ± 0,1 |
| Амилоза, % | 8,0 ± 0,1 | 0,8 ± 0,1 | 9,3 ± 0,1 | 3,0 ± 0,1 |
| Минеральные вещества, % | 3,5 ± 0,2 | 3,5 ± 0,2 | 3,5 ± 0,2 | 3,5 ± 0,2 |

На основе данных микрофильтрационного разделения установлено, что механоактивация позволила получить большее количество растворимых сухих веществ в пермеате, в частности, увеличилась массовая доля амилозы, низкомолекулярных белков, что положительно влияет на их биодоступность и усвояемость ММШ.

Доказано положительное влияние сухой механоактивации на физические, функционально-технологические свойства, а также органолептические, физико-химические показатели качества ММШ, повышая ее биологическую ценность. Полученные результаты были взяты для дальнейших научных исследований.

3.3 Математическое моделирование ингредиентного состава рецептуры функционально-технологической добавки

Одной из поставленных научных задач – это разработка функционально-технологической добавки для ее использования в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности, поэтому для исследования были выбраны следующие ингредиенты:

– мука из шрота зародышей пшеницы, полученная путем измельчения методом сухой механоактивации;

– инулин из цикория в виде аморфного порошка, полученный экстракцией из горячего водного раствора, с последующей фильтрацией и высушиванием распылением;

– лецитин соевый порошкообразный «Лецигран 1000 Р».

Инулин относится к группе растворимых пищевых волокон, обладающих пребиотическим эффектом. Применение инулина связано с его способностью к гелеобразованию, устойчивостью к действию пищеварительных ферментов и связыванию ионов тяжелых металлов и других токсичных веществ благодаря высокой комплексообразующей способности [81; 162]. Инулин не абсорбируется в желудке и тонком кишечнике и ферментируется микрофлорой толстой кишки, а его регулярное употребление повышает количество бифидобактерий в кишечнике и снижает количество патогенных бактерий [162]. Инулин может способствовать лучшему усвоению кальция и магния, что повышает прочность и плотность костей, замедляя их дегенерацию. Попадая в желудок, он ускоряет чувство насыщения, что помогает при контроле массы тела.

Лецитин – жироподобное органическое вещество, представляющее собой комплекс фосфолипидов с триглицеридами и небольшим количеством других веществ [4; 68]. Лецитин является производным фосфатидной кислоты, которая находится в структуре клеточных мембран и выполняет функцию построения самих клеток и нервных тканей. Он ускоряет окислительные процессы, улучшает работу головного мозга и сердечно-сосудистой системы, оказывает благоприятное влияние на такие высшие корковые (когнитивные) функции, как память, речь и моторика. Лецитин помогает снять раздражительность, усталость, восполняет энергию в нервных клетках. Регулярный прием лецитина способствует восстановлению нервных волокон, улучшает скорость передачи импульсов по нервным каналам, ускоряет принятие решений в стрессовых ситуациях.

В пищевой, косметической и фармацевтической промышленности широко используется соевый лецитин, который производится экстракцией из соевого масла,

полученного при низкотемпературной обработке. В пищевой промышленности выполняет функции природного эмульгатора, стабилизатора, антиоксиданта и синергиста других антиоксидантов, влагоудерживающего агента и применяется для улучшения реологических свойств и продления срока хранения различных пищевых продуктов [66]. Лецитин соевый содержит значительное количество минеральных веществ (магний, калий, кальций, железо и др.), а также комплекс физиологически функциональных ингредиентов таких, как токоферолы (витамин Е) и β -ситостеролы (провитамин D) [73].

В таблице 12 представлены результаты исследования химического состава ММШ, а также данные химического состава инулина из цикория и лецитина соевого (на основе маркировки).

Таблица 12 – Химический состав сырья ($M \pm m, n = 3$)

| Компонент | ММШ | Инулин из цикория* | Лецитин соевый порошкообразный «Лецигран 1000 Р»* |
|-----------------------------|---------------|--------------------|---|
| Вода, г | 6,3 ± 0,1 | 4,1 | 0,8 |
| Белки, г | 34,7 ± 0,2 | – | – |
| Жиры, г | 1,0 ± 0,4 | – | 99,2 |
| Крахмал, г | 13,2 ± 0,5 | – | – |
| Моно- и дисахариды, г | 26,5 ± 0,5 | 7,7 | – |
| Пищевые волокна, г | 15,1 ± 0,2 | 88,0 | – |
| Зола, г | 4,55 ± 0,05 | – | – |
| Витамины | | | |
| Витамин А, мкг | 8,03 ± 0,03 | – | – |
| Бета-каротин, мг | 0,052 ± 0,002 | – | – |
| Витамин В ₁ , мг | 0,61 ± 0,02 | – | – |
| Витамин В ₂ , мг | 0,88 ± 0,02 | – | – |
| Витамин В ₄ , мг | – | – | 350,0 |
| Витамин Е, мг | 9,93 ± 0,03 | – | 8,18 |
| Витамин К, мг | – | – | 183,9 |
| Витамин РР, мг | 11,54 ± 0,03 | – | – |

Продолжение таблицы 12

| Компонент | ММШ | Инулин из цикория* | Лецитин соевый порошкообразный «Лецигран 1000 Р»* |
|--|--------------|--------------------|---|
| Минеральные вещества | | | |
| Калий, мг | 788,0 ± 4,0 | – | – |
| Кальций, мг | 29,5 ± 1,0 | – | – |
| Магний, мг | 179,0 ± 3,0 | – | – |
| Натрий, мг | 5,2 ± 0,5 | – | – |
| Фосфор, мг | 1077,0 ± 6,0 | – | – |
| Железо, мг | 4,43 ± 0,03 | – | – |
| Примечание – * Данные, указанные на маркировке продукта. | | | |

Для оптимизации соотношения компонентов в составе функционально-технологической добавки изучено индивидуальное влияние каждой составляющей на показатели качества хлебобулочных и кондитерских изделий и проведено математическое моделирование результатов исследований на примере разработки оптимальной рецептуры хлеба. В качестве основных факторов выбраны дозировки вносимых добавок: x_1 – ММШ, x_2 – инулин, x_3 – лецитин. Уровни варьирования факторов приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Уровни варьирования факторов

| Уровень планирования | Дозировка, % | | |
|-----------------------|--------------|-------------------------|----------------------|
| | ММШ x_1 | Инулин из цикория x_2 | Соевый лецитин x_3 |
| Основной уровень | 8,0 | 3,0 | 1,0 |
| Интервал варьирования | 2,0 | 2,0 | 0,3 |
| Верхний уровень | 10,0 | 5,0 | 1,3 |
| Нижний уровень | 6,0 | 1,0 | 0,7 |

Параметрами оптимизации математической модели выбраны две функции отклика y_1 (органолептическая оценка качества, балл) и y_2 (пористость мякиша, %). Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица планирования эксперимента

| № опыта | Кодированное значение фактора | | | Функция отклика | | | | | | | |
|---------|-------------------------------|-------|-------|-----------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|-------------------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | y_{o1} | y_{o2} | y_{o3} | $y_{o\text{ ср}}$ | $y_{п1}$ | $y_{п2}$ | $y_{п3}$ | $y_{п\text{ ср}}$ |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 64,0 | 65,0 | 64,0 | 64,3 | 68,0 | 69,0 | 69,0 | 68,7 |
| 2 | +1 | -1 | +1 | 63,0 | 62,0 | 64,0 | 63,0 | 70,0 | 69,0 | 70,0 | 69,7 |
| 3 | +1 | +1 | -1 | 64,0 | 64,0 | 64,0 | 64,0 | 68,0 | 68,0 | 69,0 | 68,3 |
| 4 | +1 | -1 | -1 | 62,0 | 60,0 | 62,0 | 61,3 | 69,0 | 69,0 | 69,0 | 69,0 |
| 5 | -1 | +1 | +1 | 66,0 | 67,0 | 67,0 | 66,7 | 72,0 | 70,0 | 70,0 | 70,7 |
| 6 | -1 | +1 | -1 | 66,0 | 66,0 | 66,0 | 66,0 | 72,0 | 73,0 | 72,0 | 72,3 |
| 7 | -1 | -1 | +1 | 67,0 | 68,0 | 66,0 | 67,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | 68,0 | 68,0 | 67,0 | 67,7 | 74,0 | 73,0 | 74,0 | 73,7 |

Линейная модель первого порядка:

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j. \quad (6)$$

В конкретном случае уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (7)$$

Коэффициент b_i рассчитывается по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} y_n}{N}, \quad (8)$$

где i – номер фактора; n – номер опыта; N – число опытов в матрице; x_{in} – значение x_i в n -м эксперименте; y_n – значение функции отклика в том же опыте.

Коэффициент b_0 рассчитывается по формуле

70

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_n}{N}. \quad (9)$$

Коэффициент b_{ij} рассчитывается по формуле

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i y_i - x_{(i-1)} y_{(i-1)})}{N}. \quad (10)$$

Рассчитываем коэффициенты для первой функции отклика:

$$b_0^{y_0} = \frac{64,3 + 63,0 + 64,0 + 61,3 + 66,7 + 66,0 + 67,0 + 67,7}{8} = 65,0;$$

$$b_1^{y_0} = \frac{64,3 + 63,0 + 64,0 + 61,3 - 66,7 - 66,0 - 67,0 - 67,7}{8} = -1,85;$$

$$b_2^{y_0} = \frac{64,3 - 63,0 + 64,0 - 61,3 + 66,7 + 66,0 - 67,0 - 67,7}{8} = 0,25;$$

$$b_3^{y_0} = \frac{64,3 + 63,0 - 64,0 - 61,3 + 66,7 - 66,0 + 67,0 - 67,7}{8} = 0,25;$$

$$b_{12}^{y_0} = \frac{(64,3-64,3)+(63,0+63,0)+(64,0-64,0)+(61,3+61,3)+(-66,7-66,7)+(-66,0-66,0)+(-67,0+67,0)+(-67,7+67,7)}{8} = -2,1;$$

$$b_{13}^{y_0} = \frac{(64,3-64,3)+(63,0-63,0)+(64,0+64,0)+(61,3+61,3)+(-66,7-66,7)+(-66,0+66,0)+(-67,0-67,0)+(-67,7+67,7)}{8} = -2,1;$$

$$b_{23}^{y_0} = \frac{(64,3-64,3)+(-63,0-63,0)+(64,0+64,0)+(-61,3+61,3)+(-66,7-66,7)+(-66,0+66,0)+(-67,0-67,0)+(-67,7+67,7)}{8} = 0,1;$$

$$b_{123}^{y_0} = \frac{(64,3-64,3-64,3)+(63,0+63,0-63,0)+(64,0-64,0+64,0)+(61,3+61,3+61,3)+(-66,7-66,7-66,7)+(-66,0-66,0+66,0)+(-67,0+67,0-67,0)+(-67,7+67,7+67,7)}{8} = -2,35.$$

Составляем уравнение регрессии для органолептических показателей хлеба:

$$y_0 = 65,0 - 1,85x_1 + 0,25x_2 + 0,25x_3 - 2,1x_1x_2 - 2,1x_1x_3 + 0,1x_2x_3 - 2,35x_1x_2x_3. \quad (11)$$

Из полученного уравнения регрессии для органолептических показателей хлеба можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на органолептические показатели хлеба оказывает дозировка ММШ, а также совместное внесение всех трех добавок.

Находим коэффициенты для второй функции отклика:

$$b_0^{y_0} = \frac{68,7 + 69,7 + 68,3 + 69,0 + 70,7 + 72,3 + 74,0 + 73,7}{8} = 70,8;$$

$$b_1^{y_0} = \frac{68,7 + 69,7 + 68,3 + 69,0 - 70,7 - 72,3 - 74,0 - 73,7}{8} = -5,81;$$

$$b_2^{y_0} = \frac{68,7 - 69,7 + 68,3 - 69,0 + 70,7 + 72,3 - 74,0 - 73,7}{8} = -0,8;$$

$$b_3^{y_0} = \frac{68,7 + 69,7 - 68,3 - 69,0 + 70,7 - 72,3 + 74,0 - 73,7}{8} = -0,025;$$

$$b_{12}^{y_0} = \frac{(68,7-68,7)+(69,7+69,7)+(68,3-68,3)+(69,0+69,0)+(-70,7-70,7)+(-72,3-72,3)+(-74,0+74,0)+(-73,7+73,7)}{8} = -1,075;$$

$$b_{13}^{y_0} = \frac{(68,7-68,7)+(69,7-69,7)+(68,3+68,3)+(69,0+69,0)+(-70,7-70,7)+(-72,3+72,3)+(-74,0-74,0)+(-73,7+73,7)}{8} = -1,85;$$

$$b_{23}^{y_0} = \frac{(68,7-68,7)+(-69,7-69,7)+(68,3+68,3)+(-69,0+69,0)+(+70,7-70,7)+(72,3+72,3)+(-74,0-74,0)+(-73,7+73,7)}{8} = -0,775;$$

$$b_{123}^{y_0} = \frac{(68,7-68,7-68,7)+(69,7+69,7-69,7)+(68,3-68,3+68,3)+(69,0+69,0+69,0)+(-70,7-70,7-70,7)+(-72,3-72,3+72,3)+(-74,0+67,0-67,0)+(-73,7+73,7+73,7)}{8} = -1,05.$$

Составляем уравнение регрессии для пористости хлеба:

$$y_{II} = 70,8 - 5,81x_1 - 0,8x_2 - 0,025x_3 - 1,075x_1x_2 - 1,85x_1x_3 - 0,775x_2x_3 - 1,05x_1x_2x_3. \quad (12)$$

Анализируя данное уравнение регрессии для пористости хлеба, можно говорить о том, что наибольшее влияние на величину показателя пористости оказывает дозировка ММШ.

Проверка гипотезы однородности дисперсий осуществляется с помощью критерия Кохрена. Этот критерий рассчитывается по формуле

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}. \quad (13)$$

Найдем дисперсии по формуле

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1}, \quad (14)$$

где y_{ij} – отклик i -го опыта при j -м повторе; \bar{y}_i – среднее значение между параллельными опытами; m – число повторов опыта.

Дисперсии однородности воспроизводимости для органолептических показателей хлеба:

$$S_1^o = \frac{(64,0 - 64,3)^2 + (65,0 - 64,3)^2 + (64,0 - 64,3)^2}{3-1} = 0,335;$$

$$S_2^o = \frac{(63,0 - 63,0)^2 + (62,0 - 63,0)^2 + (64,0 - 63,0)^2}{3-1} = 1,0;$$

$$S_3^o = \frac{(64,0 - 64,0)^2 + (64,0 - 64,0)^2 + (64,0 - 64,0)^2}{3-1} = 0;$$

$$S_4^o = \frac{(62,0 - 61,3)^2 + (60,0 - 61,3)^2 + (62,0 - 61,3)^2}{3-1} = 1,335;$$

$$S_5^o = \frac{(66,0 - 66,7)^2 + (67,0 - 66,7)^2 + (67,0 - 66,7)^2}{3-1} = 0,335;$$

$$S_6^o = \frac{(66,0 - 66,0)^2 + (66,0 - 66,0)^2 + (66,0 - 66,0)^2}{3-1} = 0;$$

$$S_7^o = \frac{(67,0 - 67,0)^2 + (68,0 - 67,0)^2 + (66,0 - 67,0)^2}{3-1} = 1,0;$$

$$S_8^o = \frac{(68,0 - 67,7)^2 + (68,0 - 67,7)^2 + (67,0 - 67,7)^2}{3-1} = 0,335.$$

Дисперсии однородности воспроизводимости для пористости хлеба:

$$S_1^{\text{II}} = \frac{(68,0 - 68,7)^2 + (69,0 - 68,7)^2 + (69,0 - 68,7)^2}{3-1} = 0,335;$$

$$S_2^{\text{II}} = \frac{(70,0 - 69,7)^2 + (69,0 - 69,7)^2 + (69,0 - 69,7)^2}{3-1} = 0,335;$$

$$S_3^{\text{II}} = \frac{(68,0 - 68,3)^2 + (68,0 - 68,3)^2 + (69,0 - 68,3)^2}{3-1} = 0,335;$$

$$S_4^{\text{II}} = \frac{(69,0 - 69,0)^2 + (69,0 - 69,0)^2 + (69,0 - 69,0)^2}{3-1} = 0;$$

$$S_5^{\text{II}} = \frac{(72,0 - 70,7)^2 + (70,0 - 70,7)^2 + (70,0 - 70,7)^2}{3-1} = 1,335;$$

$$S_6^{\text{II}} = \frac{(72,0 - 72,3)^2 + (73,0 - 72,3)^2 + (72,0 - 72,3)^2}{3-1} = 0,335;$$

$$S_7^{\text{II}} = \frac{(74,0 - 74,0)^2 + (74,0 - 74,0)^2 + (74,0 - 74,0)^2}{3-1} = 0;$$

$$S_8^{\text{II}} = \frac{(74,0 - 73,7)^2 + (73,0 - 73,7)^2 + (74,0 - 73,7)^2}{3-1} = 0,335.$$

Находим критерий Кохрена для органолептических показателей хлеба:

$$G_o = \frac{1,335}{0,335 + 1,0 + 1,335 + 0,335 + 1,0 + 0,335} = 0,31.$$

Критерий Кохрена для пористости хлеба:

$$G_{\text{II}} = \frac{1,335}{0,335 + 0,335 + 0,335 + 1,335 + 0,335 + 0,335} = 0,44.$$

Этот критерий определяет однородность дисперсии воспроизводимости. $G_{\text{расч}}$ должен быть не больше табличного критического значения $G_{\text{табл}} = 0,8898$. Полученные значения говорят об однородности дисперсий воспроизводимости для двух систем.

Для проверки адекватности рассчитывается критерий Фишера F по формуле

$$F = \frac{S_{i_{cp}}^2}{S_{ад}^2}, \quad (15)$$

где $S_{i_{cp}}^2$ – средняя дисперсия однородности; $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности.

Дисперсия адекватности $S_{ад}^2$ вычисляется по формуле

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n - k - 1}, \quad (16)$$

где y_i – экспериментальное значение функции отклика в i -м опыте; k – количество независимых опытов.

Дисперсия адекватности для органолептических показателей хлеба:

$$S_{ад}^o = \frac{(64,0-64,3)^2 + (65,0-64,3)^2 + (64,0-64,3)^2 + (63,0-63,0)^2 + (62,0-63,0)^2 + (64,0-63,0)^2 + (64,0-64,0)^2 + (64,0-64,0)^2 + (64,0-64,0)^2 + (62,0-61,3)^2 + (60,0-61,3)^2 + (62,0-61,3)^2 + (66,0-66,7)^2 + (67,0-66,7)^2 + (67,0-66,7)^2 + (66,0-66,0)^2 + (66,0-66,0)^2 + (66,0-66,0)^2 + (67,0-67,0)^2 + (68,0-67,0)^2 + (66,0-67,0)^2 + (68,0-67,7)^2 + (68,0-67,7)^2 + (67,0-67,7)^2}{24-8-1} = 0,579.$$

Дисперсия адекватности для пористости хлеба:

$$S_{ад}^п = \frac{(68,0-68,7)^2 + (69,0-68,7)^2 + (69,0-68,7)^2 + (70,0-69,7)^2 + (69,0-69,7)^2 + (69,0-69,7)^2 + (68,0-68,3)^2 + (68,0-68,3)^2 + (69,0-68,3)^2 + (69,0-69,0)^2 + (69,0-69,0)^2 + (69,0-69,0)^2 + (72,0-70,7)^2 + (70,0-70,7)^2 + (70,0-70,7)^2 + (72,0-72,3)^2 + (73,0-72,3)^2 + (72,0-72,3)^2 + (74,0-74,0)^2 + (74,0-74,0)^2 + (74,0-74,0)^2 + (74,0-73,7)^2 + (73,0-73,7)^2 + (74,0-73,7)^2}{24-8-1} = 0,4.$$

Критерий Фишера для органолептических показателей хлеба:

$$F_o = \frac{0,4175}{0,5790} = 0,72.$$

Критерий Фишера для пористости хлеба:

$$F_n = \frac{0,375}{0,4} = 0,94.$$

Полученные критерии Фишера меньше табличного значения $F = 2,25$, поэтому можно сделать вывод об адекватности выбранных моделей. Таким образом, уравнения регрессии достаточно полно описывают поверхность отклика.

Проверка значимости коэффициентов b_i производится с помощью критерия Стьюдента:

$$T_i = \frac{|b_i|}{S_{bi}^2}, \quad (17)$$

где S_{bi}^2 – дисперсия ошибки, допущенной при определении коэффициентов b_i .

Дисперсия ошибки S_{bi}^2 рассчитывается по формуле

$$S_{bi}^2 = \frac{S_i^2}{N \cdot m}, \quad (18)$$

где S_i^2 – дисперсия воспроизводимости.

Рассчитываем дисперсию ошибки для первой функции отклика:

$$S_b^o = \frac{0,4175}{8 \cdot 3} = 0,017.$$

Рассчитываем дисперсию ошибки для второй функции отклика:

$$S_b^o = \frac{0,376}{8 \cdot 3} = 0,016.$$

Находим критерии Стьюдента для органолептических показателей хлеба

$$T_1^o = \frac{|-1,85|}{0,017} = 108,82; \quad T_2^o = \frac{0,25}{0,017} = 14,71; \quad T_3^o = \frac{0,25}{0,017} = 14,71;$$

$$T_{12}^o = \frac{|-2,1|}{0,017} = 123,53; \quad T_{13}^o = \frac{|-2,1|}{0,017} = 123,53; \quad T_{23}^o = \frac{0,1}{0,017} = 5,88;$$

$$T_{123}^o = \frac{|-2,35|}{0,017} = 138,24.$$

Находим критерии Стьюдента для пористости хлеба:

$$T_1^п = \frac{|-5,81|}{0,016} = 362,5; \quad T_2^п = \frac{|-0,8|}{0,016} = 50,0; \quad T_3^п = \frac{|-0,25|}{0,016} = 15,62;$$

$$T_{12}^п = \frac{|-1,075|}{0,016} = 67,19; \quad T_{13}^п = \frac{|-1,85|}{0,016} = 115,63; \quad T_{23}^п = \frac{|-0,775|}{0,016} = 48,44;$$

$$T_{123}^п = \frac{|-1,05|}{0,016} = 65,63.$$

Величина коэффициентов b_i для функций отклика признается статистически значимой, так как все значения T_i больше $T_{крит} = 5,0413$.

Анализируя данные, полученные путем математико-статической обработки результатов исследований, можно заключить, что проведенный эксперимент признается значимым.

Таким образом, методом математического моделирования разработана рецептура для получения функционально-технологической добавки со сбалансированным химическим составом, подобраны рецептурные компоненты: ММШ, инулин цикория, лецитин соевый пропорционально друг другу.

На основе проведенного многофакторного эксперимента разработана рецептура функционально-технологической добавки на основе ММШ, представленная в таблице 15.

Таблица 15 – Рецептура разработанной функционально-технологической добавки на основе ММШ с добавлением инулина и лецитина

| Наименование сырья | Содержание, % масс. |
|---------------------------------|---------------------|
| Мука из шрота зародышей пшеницы | 58,4 |
| Инулин цикория | 33,3 |
| Лецитин соевый | 8,3 |

Следует заметить, что результаты таблицы 15 прекрасно согласуются с результатами процесса моделирования ингредиентного состава для рецептур мучных

кондитерских изделий, поэтому данная функционально-технологическая добавка на основе ММШ с добавлением инулина и лецитина взята для дальнейшего использования в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий и направлена для изучения показателей качества и безопасности в процессе ее хранения.

3.4 Исследование показателей качества и безопасности полученной функционально-технологической добавки в процессе ее хранения

Для обоснования технологического и функционального потенциала добавки целесообразно исследовать ее химический состав.

В таблице 16 представлен химический состав разработанной функционально-технологической добавки.

Таблица 16 – Химический состав функционально-технологической добавки ($M \pm m, n = 3$)

| Нутриент | Значение на 100 г продукта |
|-----------------------------|----------------------------|
| Вода, г | $7,5 \pm 0,1$ |
| Белки, г | $33,4 \pm 0,5$ |
| Жиры, г | $1,8 \pm 0,4$ |
| Крахмал, г | $15,2 \pm 1,1$ |
| Моно- и дисахариды, г | $23,2 \pm 0,2$ |
| Пищевые волокна, г | $16,3 \pm 0,5$ |
| Зола, г | $3,8 \pm 0,1$ |
| Витамины | |
| Витамин А, мкг | $8,0 \pm 0,1$ |
| Бета-каротин, мг | $0,05 \pm 0,01$ |
| Витамин В ₁ , мг | $0,6 \pm 0,1$ |
| Витамин В ₂ , мг | $0,87 \pm 0,02$ |
| Витамин Е, мг | $9,9 \pm 0,1$ |

Продолжение таблицы 16

| Нутриент | Значение на 100 г продукта |
|-----------------------------|----------------------------|
| Витамин РР, мг | 11,5 ± 0,5 |
| Витамин В ₃ , мг | 4,1 ± 0,2 |
| Минеральные вещества | |
| Калий, мг | 783,0 ± 21,0 |
| Кальций, мг | 29,0 ± 0,5 |
| Магний, мг | 178,0 ± 5,1 |
| Натрий, мг | 5,0 ± 0,2 |
| Фосфор, мг | 1 075,0 ± 43,0 |
| Железо, мг | 4,4 ± 0,1 |

Полученная функционально-технологическую добавка на основе муки из шрота зародышей пшеницы может служить источником необходимых для нормального функционирования организма человека макро- и микронутриентов. По результатам исследований установлено, что в добавке в значительном количестве присутствуют растительный белок, пищевые волокна, витамины Е, РР, В₃, фосфор, калий, магний, кальций, натрий и железо.

Для исследования срока хранения разработанной функционально-технологической добавки определяли органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества и безопасности в течение 15 мес.

Образцы добавки расфасовывали в тару массой 300 г. Упаковочным материалом служил тароупаковочный картон для пищевой продукции по ГОСТ 32096 с внутренним пакетом из пергаменты по ГОСТ 1341, а также пакет из термосвариваемых материалов, что обеспечивало герметичность и прочность упаковки.

Упакованные образцы функционально-технологической добавки хранили в сухих, хорошо вентилируемых, не зараженных и не загрязненных вредителями хлебных запасов помещениях, защищенных от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков, по ГОСТ 26791 для муки при температуре 18 °С и относительной влажности воздуха 70 %. В течение всего срока хранения контролировали органолептические и физико-химические показатели качества образцов добавки с интервалом в 3 мес. (таблица 17).

Таблица 17 – Органолептические и физико-химические показатели качества образцов функционально-технологической добавки в процессе хранения ($M \pm m, n = 3$)

| Показатель | Продолжительность хранения, мес. | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| Внешний вид | Порошок без посторонних примесей и включений | | | | | |
| Цвет | Светло-бежевый | | | | | |
| Запах | Нейтральный, с легким зерновым ароматом | | | | | Прогорклый |
| Вкус | Нейтральный с легким пшеничным послевкусием, без горечи и прогорклости | | | | | С привкусом горечи |
| Консистенция | Рассыпчатая, однородная, без комочков и крупных включений исходного сырья | | | | | |
| Массовая доля влаги, % | $7,5 \pm 0,1$ | $7,2 \pm 0,1$ | $7,4 \pm 0,1$ | $7,5 \pm 0,1$ | $7,6 \pm 0,1$ | $7,8 \pm 0,1$ |
| Кислотность, град | $4,4 \pm 0,1$ | $4,7 \pm 0,1$ | $5,1 \pm 0,1$ | $5,2 \pm 0,1$ | $5,4 \pm 0,1$ | $5,5 \pm 0,1$ |
| Водопоглощительная способность, % | $72,0 \pm 1,0$ | $74,0 \pm 1,0$ | $75,0 \pm 1,0$ | $75,0 \pm 1,0$ | $76,0 \pm 1,0$ | $76,0 \pm 1,0$ |

Можно заключить, что в процессе хранения функционально-технологической добавки в течение 12 мес. ее органолептические показатели не менялись, через 15 мес. хранения добавка приобрела прогорклый запах и горьковатый привкус. Жиры добавки под действием фермента липазы частично гидролизуются, разлагаясь на глицерин и свободные жирные кислоты. Часть свободных жирных кислот под влиянием кислорода воздуха и фермента липоксигеназы окисляются, образуя гидроперекиси, которые являются сильными окислителями и при длительном хранении разлагаются с образованием альдегидов и кетонов, придающих продукту неприятный вкус и запах. Нарастание массовой доли влаги также связано с активностью гидролитических ферментов, в результате действия которых образуется свободная вода.

Кислотность функционально-технологической добавки постепенно нарастала и увеличивалась примерно на 1,0 град по истечении 15 мес. хранения по сравнению с первоначальной кислотностью за счет образования свободных жирных кислот и кислых, фосфорнокислых солей, а также других кисло-реагирующих веществ. Водопоглощительная способность добавки незначительно повышалась

в процессе хранения вследствие возрастания гидрофильности белковых веществ и набухания крахмала.

Результаты исследования микробиологических показателей разработанной функционально-технологической добавки в процессе хранения в течение 12 мес. показаны в таблице 18.

Таблица 18 – Микробиологические показатели образцов функционально-технологической добавки в процессе хранения

| Показатель | Норма по ТР ТС 021/2011 (мукомольно-крупяные изделия) | Продолжительность хранения, мес. | | | | |
|-------------------------------------|--|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| КМАФАнМ, КОЕ/г | Не более $5 \cdot 10^4$ | $1,7 \cdot 10^2$ | $5,5 \cdot 10^2$ | $8,2 \cdot 10^2$ | $2,3 \cdot 10^3$ | $9,4 \cdot 10^3$ |
| БГКП (коли-формы) | Не допускаются в массе продукта 25 г | Не обнаружены | | | | |
| Патогенные, в том числе сальмонеллы | Не допускаются в массе продукта 25 г | Не обнаружены | | | | |
| Плесени, КОЕ/г | Не более 50 | 10 | 10 | 14 | 20 | 22 |

Из таблицы следует, что общая микробиологическая обсемененность добавки в процессе хранения возрастает, однако через 12 мес. хранения величины микробиологических показателей не превышают допустимых ТР ТС 021/2011 значений.

Следовательно, при выбранном способе упаковки и условиях хранения при температуре не выше 20 °С и относительной влажности воздуха не более 70 % установлен срок хранения функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина – 12 мес. Регламентируемые показатели функционально-технологической добавки закреплены в разработанных ТУ 10.61.4-011-02069214-2021 и представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Регламентируемые органолептические и физико-химические показатели качества функционально-технологической добавки

| Показатель | Регламентируемое значение/характеристика |
|---|---|
| Органолептические показатели качества | |
| Внешний вид | Порошок тонкодисперсный, без посторонних примесей и включений |
| Цвет | От светло-бежевого до бежевого |
| Вкус | Нейтральный, с легким пшеничным послевкусием, без горечи и прогорклости |
| Запах | Нейтральный, с легким зерновым ароматом |
| Консистенция | Рассыпчатая, однородная, без комочков и крупных включений исходного сырья |
| Физико-химические показатели качества | |
| Массовая доля влаги, % | Не более 15,0 |
| Кислотность, град | Не более 5,5 |
| Размер частиц, мкм | 52,0 ± 10,0 |
| Наличие минеральных примесей | Не допускается |
| Наличие металломагнитных примесей | Не допускается |
| Зараженность и загрязненность вредителями | Не допускается |

Заключение по главе 3

Учитывая химический состав шрота зародышей пшеницы, а также тот факт, что на мельничных предприятиях предусмотрена технология отбора зародышей при помоле зерна, в настоящей работе обоснована возможность его использования в производстве хлеба и мучных кондитерских изделий, что подтверждается в том числе патентом РФ № 2804613 «Способ изготовления хлеба».

Для повышения эффективности использования шрота зародышей пшеницы в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий применяли его измельчение методом сухой механоактивации до муки с размером частиц не более 70 мкм. Использование механоактивации привело к некоторым изменениям хими-

ческого состава сырья. Например, в муке из шрота зародышей пшеницы, полученной методом сухой механоактивации, наблюдалось увеличение содержания массовой доли сахаров на 17 %, снижение содержания крахмала на 14,5 % по сравнению с химическим составом не только самого шрота, но и муки из шрота зародышей пшеницы, полученной традиционным способом измельчения. В главе доказано положительное влияние сухой механоактивации на физические, функционально-технологические свойства, биологическую ценность, органолептические, физико-химические показатели качества муки из шрота зародышей пшеницы по сравнению с традиционным способом измельчения.

На основании разработанной математической модели составлено оптимальное соотношение рецептурных ингредиентов функционально-технологической добавки, содержащей 68,4 % муки из шрота зародышей пшеницы, полученной методом сухой механоактивации, 23,3 % инулина, 8,3 % лецитина.

В процессе хранения функционально-технологическая добавка из муки шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина сохраняла равномерное распределение рецептурных компонентов. Установлен срок годности добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы – 12 мес.

На функционально-технологическую добавку на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина разработаны ТУ 10.61.4-011-02069214-2021 и ТИ 10.61.4-011-02069214-2021 (приложения А и Б).

4 Разработка рецептурно-технологических решений применения функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы с добавлением инулина и лецитина

4.1 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на технологические свойства сырья

В соответствии с поставленными задачами в данном разделе изучали влияние применения функционально-технологической добавки на технологические свойства основного хлебопекарного сырья, реологические свойства образцов дрожжевого и песочного теста, качество и пищевую ценность образцов хлеба из муки пшеничной и сдобного печенья.

В таблице 20 приведены результаты исследования влияния функционально-технологической добавки на количество и качество клейковины муки пшеничной первого сорта. В эксперименте варьировали количество вносимой добавки в диапазоне от 6 % до 15 % с шагом в 3 %.

Таблица 20 – Влияние функционально-технологической добавки на количество и качество клейковины муки пшеничной первого сорта ($M \pm m, n = 3$)

| Показатель | Контроль | Образец 1 (6,0 %) | Образец 2 (9,0 %) | Образец 3 (12,0 %) | Образец 4 (15,0 %) |
|------------------------------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Массовая доля сырой клейковины, % | 32,0 ± 0,3 | 31,5 ± 0,2 | 31,5 ± 0,2 | 31,2 ± 0,1 | 30,8 ± 0,2 |
| Показатели прибора ИДК-1, усл. ед. | 55,0 ± 1,0 | 55,0 ± 1,0 | 52,5 ± 0,5 | 50,0 ± 1,0 | 50,0 ± 1,0 |

Массовая доля сырой клейковины в опытных образцах постепенно уменьшается по сравнению с контролем. Во-первых, это можно объяснить тем, что в составе

добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы содержится меньше клейковинных белков, что приводит к естественному снижению клейковины. Во-вторых, инулин, входящий в состав добавки, связывая воду, препятствует набуханию и структурированию белков, что приводит к вымыванию их из пшеничной муки вместе с крахмалом и другими компонентами. По качеству клейковина с внесением добавки изменяется от 55,0 усл. ед. в контрольном образце до 50,0 усл. ед. в образцах 3 и 4 с внесением 12,0 % и 15,0 % добавки, что указывает на укрепление клейковинных белков под влиянием инулина.

Исследовали влияние функционально-технологической добавки на газообразующую способность пшеничной муки. На рисунке 9 представлена зависимость выделившегося диоксида углерода в процессе брожения теста в течение 5 ч от количества внесенной функционально-технологической добавки.

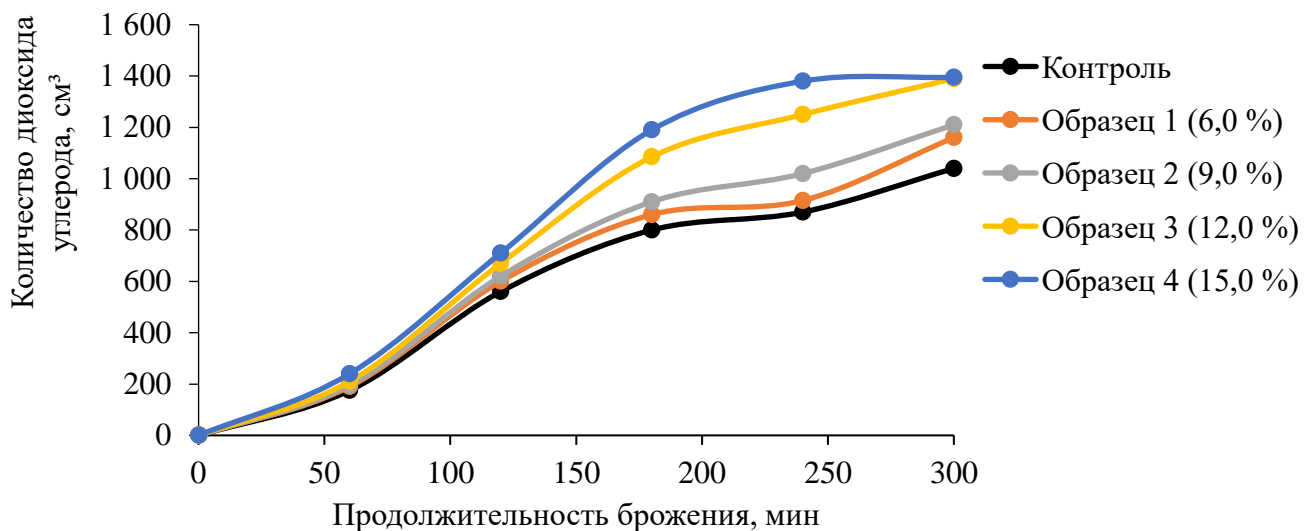
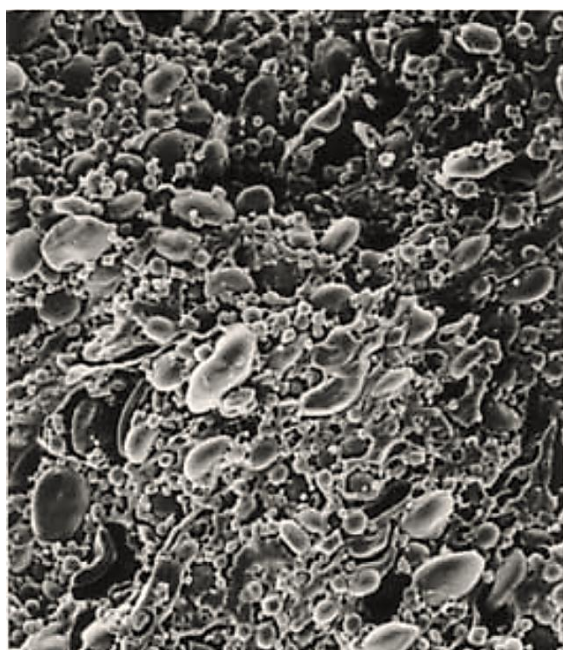


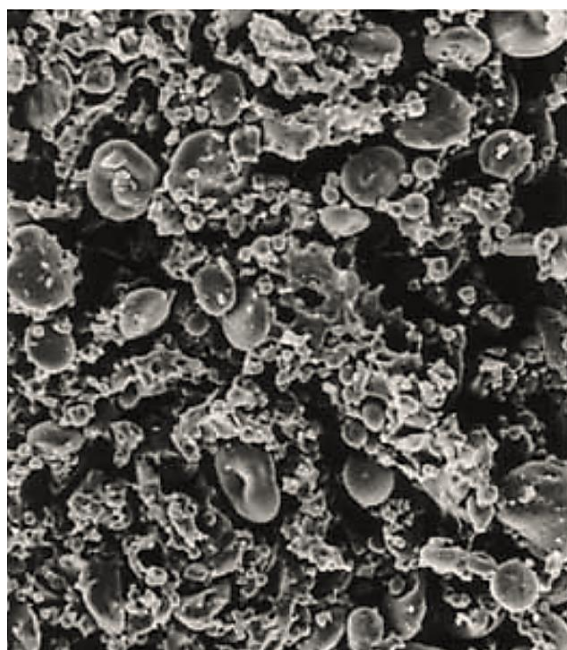
Рисунок 9 – Влияние дозировки функционально-технологической добавки на газообразующую способность муки

С увеличением дозировки функционально-технологической добавки возрастает количество выделившегося диоксида углерода, что свидетельствует о повышении газообразующей способности муки. Это объясняется наличием в добавке сахаров, витаминов, макро- и микроэлементов, являющихся питательными компонентами для дрожжей и, соответственно, приводящих к интенсификации процесса брожения, сопровождающегося газообразованием. Входящая в состав добавки ме-

ханоактивированная мука из шрота зародышей пшеницы также содействует увеличению газообразующей способности муки, которая, в свою очередь, зависит от углеводно-амилазного комплекса муки: чем мельче размер частиц крахмальных зерен и выше степень их механического повреждения при помоле зерна, тем больше доступность крахмальных зерен для действия амилолитических ферментов, входящих в зимазный комплекс дрожжевой клетки, что подтверждается сканирующей электронной микроскопией (рисунок 10).



a – контрольный образец



б – образец, содержащий 15,0 % функционально-технологической добавки

Рисунок 10 – Микрофотографии образцов теста (увеличение $\times 1000$)

Результаты определения водопоглотительной способности муки пшеничной первого сорта с добавлением различных дозировок функционально-технологической добавки сведены в таблицу 21.

Можно сделать вывод, что при увеличении дозировки функционально-технологической добавки водопоглотительная способность муки пшеничной первого сорта повышается. Это связано с увеличением содержания белков, пищевых волокон, хорошо связывающих воду, за счет внесения добавки.

Таблица 21 – Водопоглотительная способность муки с добавлением функционально-технологической добавки ($M \pm m, n = 3$)

| Образец | Дозировка добавки, % | Водопоглотительная способность, % |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|
| Контроль | – | $52,0 \pm 1,0$ |
| Образец 1 | 6,0 | $55,0 \pm 0,5$ |
| Образец 2 | 9,0 | $56,0 \pm 0,5$ |
| Образец 3 | 12,0 | $58,0 \pm 1,0$ |
| Образец 4 | 15,0 | $60,0 \pm 0,5$ |

Кроме того, определенное влияние на увеличение водопоглотительной способности имеет механоактивированная фракция муки из шрота зародышей пшеницы, поскольку чем мельче мука и чем больше удельная поверхность частиц муки, тем значительнее способность этой муки коллоидно связывать воду в процессе замеса теста и тем выше ее водопоглотительная способность.

Далее исследовалось влияние функционально-технологической добавки на подъемную силу хлебопекарных прессованных дрожжей «Люкс экстра». Результаты представлены рисунке 11.

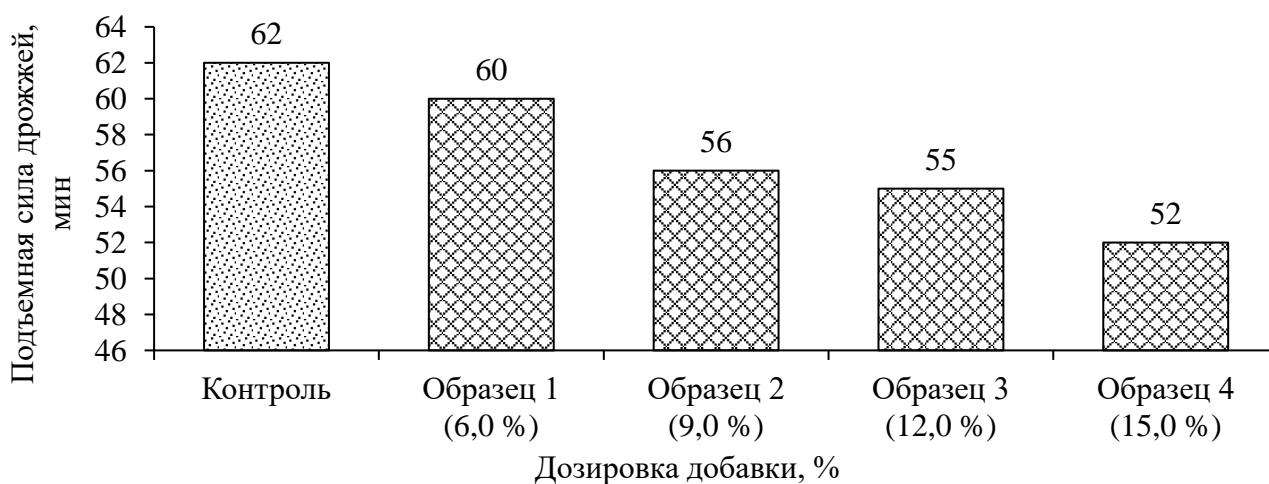


Рисунок 11 – Влияние дозировки функционально-технологической добавки на подъемную силу дрожжей

С увеличением дозировки добавки подъемная сила дрожжей по абсолютной величине становится меньше. Это свидетельствует о повышении бродильной активности дрожжей, которое достигается за счет наличия большего количества в до-

бавке (по сравнению с пшеничной мукой первого сорта) азотсодержащих веществ, макро- и микроэлементов, витаминов, способствующих созданию более благоприятных условий для развития и жизнедеятельности дрожжевых клеток.

4.2 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качественные характеристики и реологические свойства теста

4.2.1 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качественные характеристики и реологические свойства дрожжевого теста

Дрожжевое тесто готовили по рецептуре хлеба пшеничного на густой опаре с использованием функционально-технологической добавки в количестве 6–15 % от массы муки пшеничной первого сорта, которую вносили в тесто совместно с мукой [138]. Тесто для контрольного образца замешивали без внесения добавки. Опару влажностью 50 % готовили из 50 % муки пшеничной первого сорта от общего количества, предназначенного для приготовления теста, дрожжевой суспензии и воды. Опару при температуре 26–30 °С выбраживали в течение 180–240 мин до кислотности 3–3,5 град. Тесто замешивали из всего количества опары с внесением остального количества муки, солевого раствора, воды, а в опытных образцах дополнительно к основной закладке в тесто вводили функционально-технологическую добавку в разных дозировках (6,0; 9,0; 12,0; 15,0 % от количества муки). Тесто оставляли на брожение при температуре 30–32 °С в течение 20–60 мин в зависимости от дозировки функционально-технологической добавки.

Образцы готового теста оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям (таблица 22).

Таблица 22 – Показатели качества образцов теста ($M \pm m, n = 3$)

| Показатель | Контроль | Образец 1 (6,0 %) | Образец 2 (9,0 %) | Образец 3 (12,0 %) | Образец 4 (15,0 %) |
|----------------------------|--|---|--|--|---|
| Цвет | Белый с кремовым оттенком | Белый с желтоватым оттенком | Светло-желтый с кремовым оттенком | | Светло-желтый с серым оттенком |
| Вкус | Свойственный тесту, без посторонних привкусов | | | Свойственный тесту, сладковатый привкус | |
| Запах | Свойственный тесту, спиртовой | Свойственный тесту, спиртовой, с легким ароматом злаков | Свойственный тесту, спиртовой, с ароматом злаков | | Свойственный тесту, спиртовой, с насыщенным ароматом злаков |
| Поверхность | Выпуклая | | | | |
| Консистенция | Однородная, эластичная, со средней растяжимостью | | | Однородная, эластичная, менее растяжимая | |
| Влажность, % | $45,8 \pm 0,1$ | $45,9 \pm 0,1$ | $46,0 \pm 0,1$ | $45,9 \pm 0,1$ | $45,7 \pm 0,1$ |
| Кислотность конечная, град | $3,4 \pm 0,1$ | $3,6 \pm 0,1$ | $3,9 \pm 0,1$ | $4,0 \pm 0,1$ | $4,6 \pm 0,1$ |
| Температура теста, °С | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 |

Как следует из данных, при увеличении дозировки добавки цвет образцов теста изменяется от белого с кремовым оттенком до светло-желтого с серым оттенком, тесто приобретает сладковатый привкус и злаковый аромат, что объясняется наличием в добавке муки из шрота зародышей пшеницы, которая имеет специфические органолептические свойства, представленные в главе 3.

Добавление функционально-технологической добавки приводит к существенному увеличению конечной кислотности теста на 36 % относительно контроля при максимальной дозировке добавки, однако максимальное значение ($4,6 \pm 0,1$) град не превышает нормируемого значения 5,0 град.

На рисунке 12 представлена зависимость кислотности теста в процессе брожения от дозировки функционально-технологической добавки.

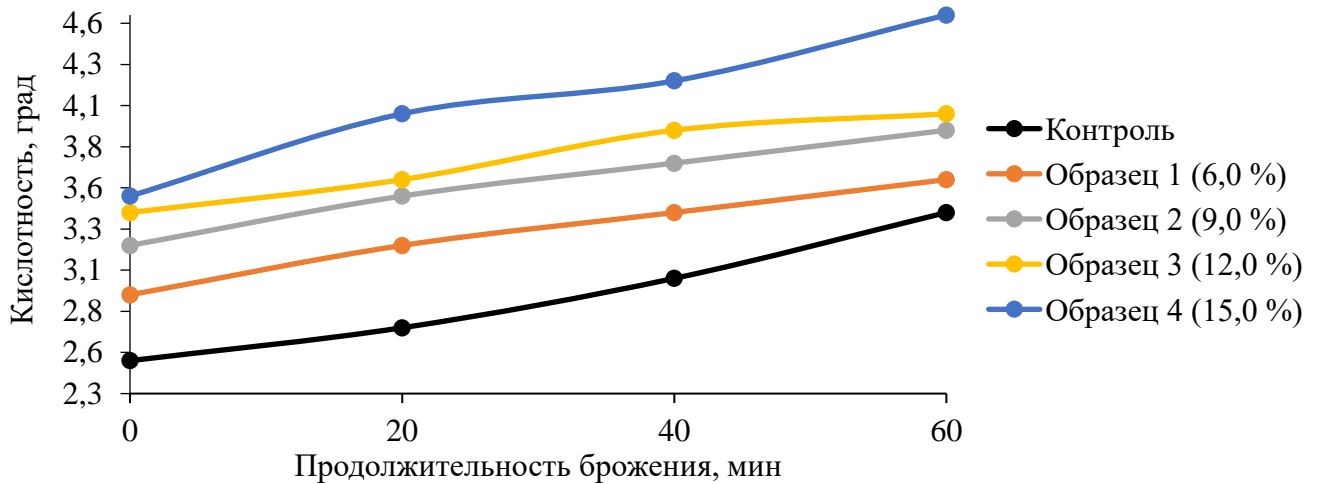


Рисунок 12 – Зависимость кислотности теста в процессе брожения от дозировки функционально-технологической добавки

Чем выше дозировка функционально-технологической добавки в тесте, тем быстрее идет его созревание: повышается начальная кислотность теста и интенсивность ее нарастания в процессе брожения. Мука из шрота зародышей пшеницы имеет повышенную кислотность (4,5–5,0 град) по сравнению с мукой пшеничной первого сорта (3,2 град). Кроме того, чем выше степень измельчения, тем больше удельная поверхность частиц муки, а это увеличивает количество реактивно-доступных SH-групп белка, способных к окислению.

Влажность теста не зависит от дозировки функционально-технологической добавки и находится в пределах среднеквадратичного отклонения при неизменной температуре внутри тестовой заготовки (28 °C).

На рисунке 13 представлена зависимость нарастания объема теста в процессе брожения от дозировки функционально-технологической добавки.

При внесении функционально-технологической добавки тесто увеличивается в объеме быстрее, и чем больше его дозировка, тем больше объем теста. Это связано с тем, что крахмал муки из шрота зародышей пшеницы обладает большей доступностью для действия амилолитических ферментов в следствие механоактивации; кроме того, в добавке в большем количестве содержатся минеральные вещества и витамины, которые служат питательными компонентами для дрожжевой клетки. Взаимосвязь этих двух явлений приводит к интенсификации процесса брожения и, как следствие, увеличению объема теста.

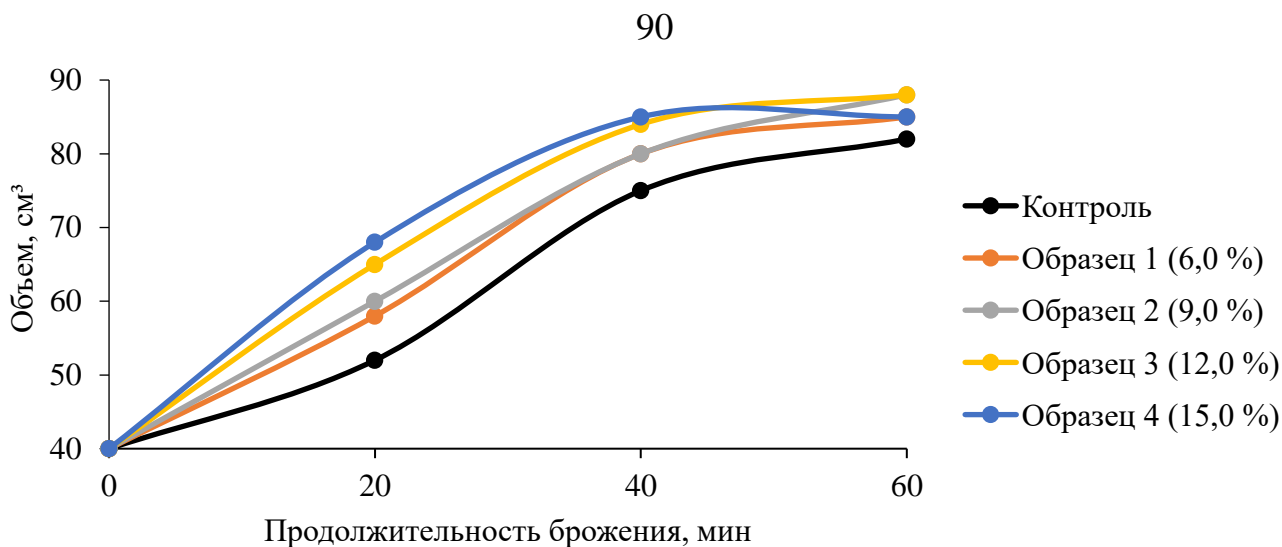


Рисунок 13 – Зависимость объема теста в процессе брожения от дозировки функционально-технологической добавки

Однако при максимальной дозировке добавки (15 %) объем теста после 60 мин брожения ниже по сравнению с объемом образца, содержащего меньшее количество добавки (12 %), следовательно, внесение функционально-технологической добавки в количестве 15,0 % снижает активность дрожжей, тесто получается более упругим и хуже разрыхляется.

Реологические свойства образцов теста с различной дозировкой функционально-технологической добавки определяли на приборе структурометре СТ-1 в режиме № 1. График зависимости упругой деформации теста от дозировки функционально-технологической добавки показан на рисунке 14.

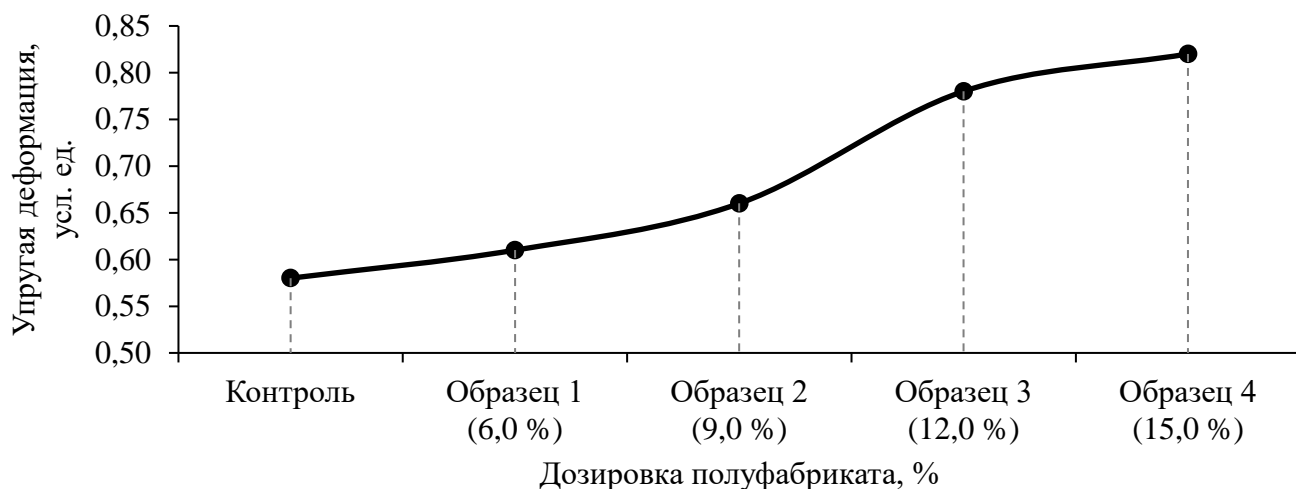


Рисунок 14 – Зависимость упругой деформации теста от дозировки функционально-технологической добавки

График наглядно демонстрирует возрастание упругой деформации теста с повышением внесенного количества функционально-технологической добавки. Наибольшей упругой деформацией обладает образец 4, в котором количество добавки составляет 15,0 % от массы муки. Это свидетельствует, что, с одной стороны, мука из шрота зародышей пшеницы в составе функционально-технологической добавки из-за повышенного содержания глутатиона и свободных сульфгидрильных групп $-SH$ способна ослаблять клейковину и тесто, однако пищевые волокна, в частности инулин, оказывают дегидратирующее действие на клейковинные белки, конкурируют с ними за связывание воды, тем самым укрепляя тесто.

4.2.2 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качественные характеристики и реологические свойства песочного теста

Песочное тесто готовили по рецептуре сдобного печенья «Песочно-шоколадное» [2]. Для приготовления теста сбивали сахарную пудру и сливочное масло в течение 10–15 мин, постепенно добавляя остальное сырье (ванильную пудру, какао-порошок, функционально-технологическую добавку в дозировках 9,0; 12,0; 15,0; 18,0 % к массе муки за счет сухих веществ всего сырья), по окончании замеса частями засыпали муку.

Качество теста определяли методами органолептического и физико-химического анализа (таблица 23). Анализируя данные таблицы 23, можно сделать вывод, что внесение функционально-технологической добавки оказывает влияние на органолептические показатели песочного теста, придавая ему вкус и запах, свойственные добавке; при этом консистенция теста становится менее пластичной по сравнению с контролем, что коррелирует с влажностью образцов теста: при увеличении дозировки добавки влажность песочного теста незначительно повышается, что связано с более высокой влажностью добавки по сравнению с пшеничной мукой.

Таблица 23 – Органолептические и физико-химические показатели песочного теста (контрольный образец и образцы с добавлением 9,0; 12,0; 15,0; 18,0 % функционально-технологической добавки) ($M \pm m, n = 3$)

| Показатель | Контроль (без добавления добавки) | Образец 1 (9,0 %) | Образец 2 (12,0 %) | Образец 3 (15,0 %) | Образец 4 (18,0 %) |
|------------------------------|---|---|--|--|-----------------------|
| Органолептические показатели | | | | | |
| Консистенция | Рыхлая, пластичная, однородная, без следов непромеса | Рыхлая, менее пластичная, однородная, без следов непромеса | | Непластичная, однородная, без следов непромеса | |
| Цвет | Коричневый, соответствующий цвету какао-порошка | | | | |
| Вкус | Сладкий со специфическим привкусом какао-порошка | Сладкий со специфическим привкусом какао-порошка и слабым привкусом муки зародышей пшеницы | Сладкий со специфическим привкусом какао-порошка и легким привкусом муки зародышей пшеницы | Сладкий со специфическим привкусом какао-порошка и привкусом муки зародышей пшеницы | |
| Запах | Свойственный данному полуфабрикату со специфическим запахом какао-порошка | Свойственный данному полуфабрикату со специфическим запахом какао-порошка и легким запахом муки зародышей пшеницы | | Свойственный данному полуфабрикату со специфическим запахом какао-порошка и запахом муки зародышей пшеницы | |
| Физико-химические показатели | | | | | |
| Влажность, % | 19,1 ± 0,5 | 20,2 ± 0,2 | 20,5 ± 0,2 | 20,8 ± 0,1 | 20,9 ± 0,1 |
| Температура, °С | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |

При формировании песочного теста следует учитывать, что главное в процессе тестообразования – получение заданной структуры с приемлемыми реологическими характеристиками. Известно, что на процесс тестообразования оказывают большое влияние технологические факторы, с помощью которых можно управлять процессами набухания коллоидов муки и формирования структуры для получения теста с заданными упруго-пластично-вязкими свойствами. Регулируя процесс замеса теста путем введения в рецептуру различного количества добавок и полуфабрикатов, влияющих на структуру и консистенцию теста, можно получить тесто с разными физико-химическими свойствами (более упругое или пластичное) [11; 13; 102].

При внесении в песочное тесто добавок, содержащих пищевые волокна (пектин, инулин и др.), следует учитывать их дозировку не более 5 % к массе муки. В более высоких дозировках происходит ухудшение реологических свойств теста: излишнее повышение прочности изделий, их деформация и ухудшение текстурных характеристик [10]. Соевый лецитин, входящий в состав полуфабриката, повышает хрупкость и рассыпчатость мучных кондитерских изделий [112].

Результаты исследования реологических свойств (пластическая деформация) образцов песочного теста с различным количеством функционально-технологической добавки получены на основе определения модуля упругости E и податливости J и представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Реологические свойства образцов теста ($M \pm m, n = 3$)

| Показатель | Контроль (без добавления добавки) | Образец 1 (9,0 %) | Образец 2 (12,0 %) | Образец 3 (15,0 %) | Образец 4 (18,0 %) |
|---|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Модуль упругости E , МПа | $15,0 \pm 2,0$ | $28,3 \pm 2,0$ | $36,2 \pm 2,0$ | $44,8 \pm 2,0$ | $56,0 \pm 2,0$ |
| Податливость J , МПа ⁻¹ | $0,067 \pm 0,01$ | $0,035 \pm 0,004$ | $0,028 \pm 0,002$ | $0,022 \pm 0,002$ | $0,018 \pm 0,002$ |

Отмечено, что при повышении дозировки функционально-технологической добавки в образцах теста модуль упругости увеличивается по сравнению с контро-

лем, что обусловлено упрочнением клейковинного каркаса теста за счет связывания свободной влаги молекулами инулина и образования водородных связей между гидроксильными группами инулина и карбонильными группами молекул белка. Это свидетельствует о том, что внесение добавки способствует образованию более жесткого и менее пластичного теста, менее податливого в технологическом процессе формования изделий. Контрольный образец теста отличается большими пластичностью и податливостью. На этом этапе можно определить оптимальную дозировку функционально-технологической добавки в рецептуре сдобного печенья в количестве 15,0 % к массе муки, так как дальнейшее увеличение дозировки добавки приведет, с одной стороны, к уменьшению растекаемости готовых изделий на первом этапе выпечки, а с другой – к снижению их хрупкости.

4.3 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качество готовых изделий

4.3.1 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качество хлебобулочных изделий

Согласно традиционной технологии производства хлеба из пшеничной муки первого сорта на густой опаре после брожения теста производили его разделку и формование [115; 131]. Сформованные тестовые заготовки направляли на расстойку. Температура расстойной камеры 35–40 °С, относительная влажность воздуха 80–85 %. Выпечку проводили при температуре печи 180–220 °С, продолжительность выпечки составляла 35–40 мин. После выпечки и охлаждения определяли органолептические и физико-химические показатели готовых изделий.

Внешний вид свежеспеченных образцов хлеба представлен на рисунке 15.

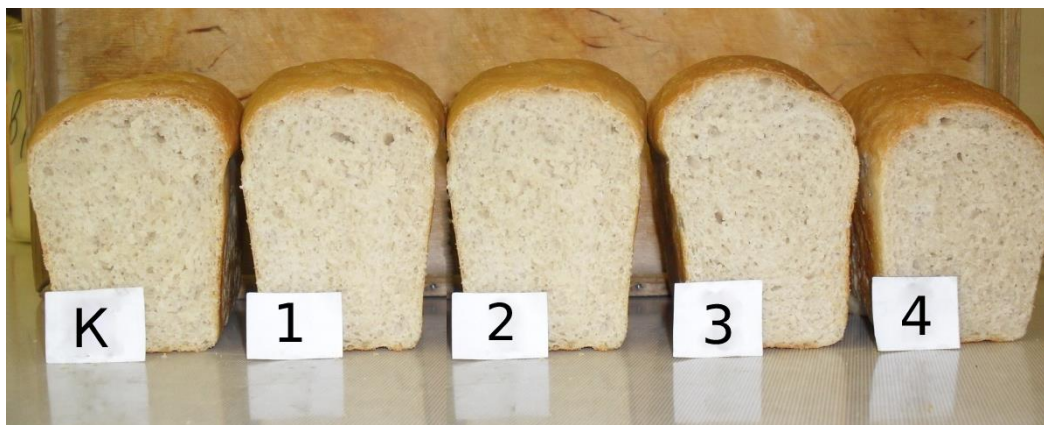


Рисунок 15 – Внешний вид образцов формового хлеба (фото):

К – контрольного и опытных с внесением функционально-технологической добавки в разных дозировках: 1 – 6,0 %; 2 – 9,0 %; 3 – 12,0 %; 4 – 15,0 %

Результаты определения органолептических показателей готовых изделий представлены в таблице 25.

Анализируя данные рисунка 15 и таблицы 25, можно сделать вывод, что выпеченные образцы хлеба по органолептическим показателям отвечают требованиям нормативной документации. Хлеб, приготовленный с использованием функционально-технологической добавки, отличается от контрольного улучшенным вкусом и ароматом, но цвет мякиша изделий с увеличением дозировки полуфабриката приобретает светло-серый оттенок, что объясняется цветом внесенной добавки. Цвет корки образцов хлеба изменяется от желтого у контрольного образца до светло-коричневого у образцов с внесением функционально-технологической добавки в количестве 12,0 % и 15,0 %, что обусловлено карамелизацией сахаров теста, при которой образуются продукты коричневого цвета (карамель), и реакцией меланоидинообразования – окислительно-восстановительного взаимодействия несброженных восстанавливающих сахаров и продуктов протеолиза белков – аминокислот, при которой накапливаются темноокрашенные вещества (меланоидины).

Таблица 25 – Органолептические показатели хлебобулочных изделий

| Показатель | | Требования ГОСТ 31805-2018 | Контроль | Образец 1 (6,0 %) | Образец 2 (9,0 %) | Образец 3 (12,0 %) | Образец 4 (15,0 %) |
|---------------------|--|--|---|---|----------------------|--|--|
| Внешний вид | Форма | формового хлеба | Соответствующая виду изделия | Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка | | | |
| | | подового хлеба | Соответствующая виду изделия | Округлая, не расплывчатая, без притисков | | | |
| | Поверхность | Соответствующая виду изделия | Гладкая, с выпуклой верхней коркой, без трещин и подрывов | | | | Шероховатая, с более плоской верхней коркой |
| | Цвет корки | От светло-желтого до темно-коричневого | Желтый равномерный | | | Светло-коричневый равномерный | |
| Состояние мякиша | Пропеченность | Пропеченный, не влажный на ощупь | | | | | |
| | Промес | Без следов непромеса | Без комочков и следов непромеса | | | | |
| | Пористость | Свойственная изделию конкретного наименования | Развитая, без пустот и уплотнений; поры средние, тонкостенные | | | | Развитая; поры различной величины, средней толщины |
| Цвет мякиша | – | Кремовый с желтоватым оттенком | | | | Кремовый с светло-серым оттенком | |
| Вкус | Свойственный изделию конкретного наименования, без постороннего привкуса | Свойственный пшеничному хлебу, без постороннего привкуса | | Свойственный пшеничному хлебу со слабым ореховым привкусом | | Свойственный пшеничному хлебу с ореховым привкусом | |
| Запах | Свойственный изделию конкретного наименования, без постороннего запаха | Свойственный пшеничному хлебу, без постороннего запаха | | Свойственный пшеничному хлебу со слабым специфическим ароматом жареных семян злаковых культур | | Свойственный пшеничному хлебу с запахом жареных семян злаковых культур | |

Промежуточные и побочные продукты этой реакции (альдегиды, кетоны, эфиры и др.) принимают непосредственное участие в формировании вкуса и аромата хлеба. На интенсивность этих процессов влияет наличие в добавке инулина, при гидролизе которого при выпечке образуются редуцирующие сахара (в основном фруктоза). Мука из шрота зародышей пшеницы также содержит достаточное количество белков, сахаров, необходимых для реакции меланоидинообразования. Особую роль играет и содержащийся в полуфабрикате соевый лецитин, который обладает эмульгирующим действием и способствует формированию равномерной пористости; кроме того, при выпечке в результате гидролиза и окислительных процессов лецитин способствует усилению вкуса и аромата за счет продуктов распада – летучих кислот, альдегидов, кетонов.

Исследование физико-химических показателей экспериментальных образцов хлеба проводят через 3 ч после выемки из печи (требование ГОСТ 31805-2018 для хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки массой более 200 г). Результаты исследования представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Физико-химические показатели образцов готовых изделий ($M \pm m$, $n = 3$)

| Показатель | Требования ГОСТ 31805-2018 | Контроль | Образец 1 (6,0 %) | Образец 2 (9,0 %) | Образец 3 (12,0 %) | Образец 4 (15,0 %) |
|--------------------------|----------------------------|------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Влажность мякиша, % | 19,0–52,0 | 44,9 ± 0,1 | 44,9 ± 0,1 | 45,1 ± 0,1 | 44,8 ± 0,1 | 44,7 ± 0,1 |
| Кислотность мякиша, град | Не более 4,0 | 3,0 ± 0,1 | 3,2 ± 0,1 | 3,3 ± 0,1 | 3,6 ± 0,1 | 4,0 ± 0,1 |
| Пористость, % | Не менее 65,0 | 73,0 ± 0,5 | 73,0 ± 0,5 | 75,0 ± 0,5 | 76,0 ± 0,5 | 72,0 ± 1,0 |

Результаты исследований указывают на то, что пористость мякиша хлеба с повышением дозировки функционально-технологической добавки монотонно увеличивается и достигает максимума ($76,0 \pm 0,5$) % при внесении 12,0 % полуфабриката, однако дальнейшее увеличение дозировки добавки до 15,0 % приводит к резкому снижению пористости до значения ($72,0 \pm 1,0$) %, что ниже контроля, но соответствует требованиям ГОСТ 31805-2018. Кроме того, кислотность мякиша

образца с введением в рецептуру добавки в количестве 15,0 % находится на пограничном уровне относительно требований стандарта. Процесс спиртового и молочнокислого брожения достигает максимума в первые минуты выпечки, его интенсивность определяется наличием в составе добавки питательных веществ для дрожжей и молочнокислых бактерий. Газообразование увеличивает пористость теста и мякиша. Однако более плотная структура теста в образце с 15,0 % добавки задерживает газообразование и разрыхление тестовой заготовки в период выпечки.

На рисунке 16 показана зависимость объемного выхода хлеба от дозировки функционально-технологической добавки. Наибольший объемный выход имеет образец с введением в рецептуру функционально-технологической добавки в дозировке 12,0 % по сравнению с контрольным и другими образцами. Увеличение пористости приводит к увеличению объема тестовых заготовок. Лецитин, содержащийся в составе добавки, способен образовывать с пшеничным глютеном комплексы, что ведет к повышению эластичности белков и, как следствие, увеличению объема хлеба.

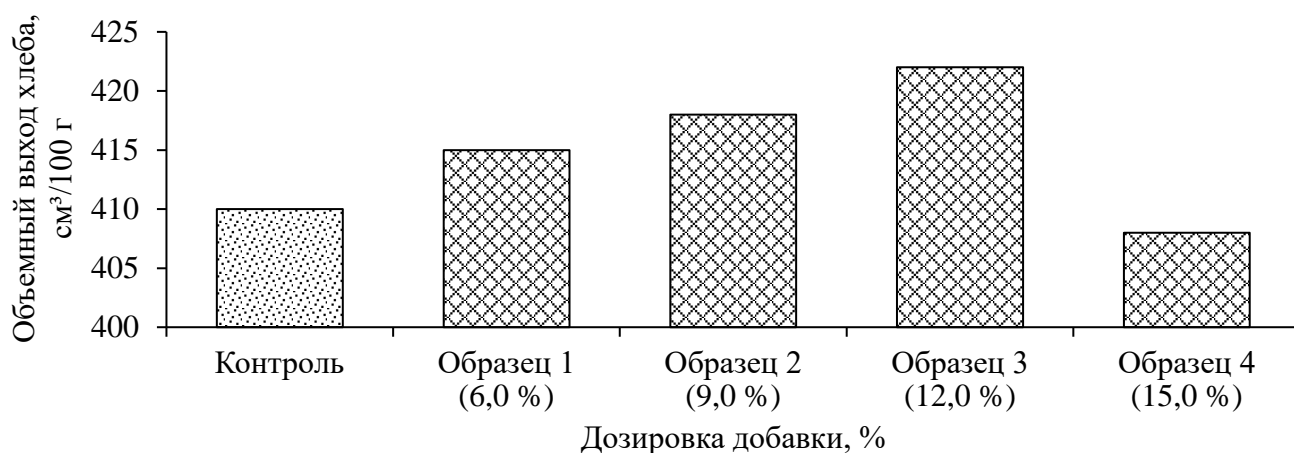


Рисунок 16 – Зависимость объемного выхода хлеба от дозировки функционально-технологической добавки

На рисунке 17 показана зависимость формоустойчивости хлеба от дозировки функционально-технологической добавки.

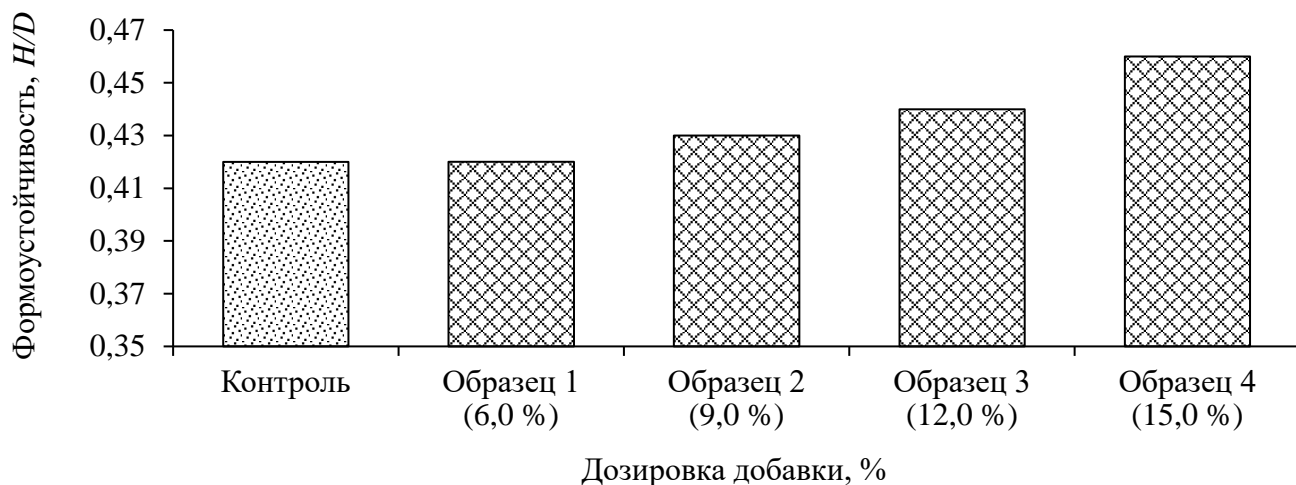


Рисунок 17 – Зависимость формоустойчивости подового хлеба от дозировки функционально-технологической добавки

С увеличением дозировки функционально-технологической добавки происходит постепенное повышение формоустойчивости подового хлеба, т. е. изделия лучше сохраняют форму при выпечке благодаря более упругой по реологическим свойствам структуре тестовых заготовок.

Также выпеченные изделия оставлялись на хранение для контроля величины усушки. Хранили изделия упакованными в полипропиленовую пленку при температуре $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 75 % в течение 72 ч. Динамика изменения величины усушки представлена в таблице 27 и на рисунке 18.

Таблица 27 – Изменение величины усушки хлеба в процессе хранения

| Образец | Дозировка добавки, % | Величина усушки, % | | |
|-----------|----------------------|--------------------|------------|------------|
| | | через 24 ч | через 48 ч | через 72 ч |
| Контроль | – | 0,29 | 0,33 | 0,36 |
| Образец 1 | 6,0 | 0,28 | 0,31 | 0,32 |
| Образец 2 | 9,0 | 0,26 | 0,29 | 0,30 |
| Образец 3 | 12,0 | 0,25 | 0,28 | 0,29 |
| Образец 4 | 15,0 | 0,25 | 0,27 | 0,28 |

Процесс усыхания хлеба наиболее интенсивно протекает в контрольном образце. При увеличении дозировки функционально-технологической добавки степень усушки уменьшается.

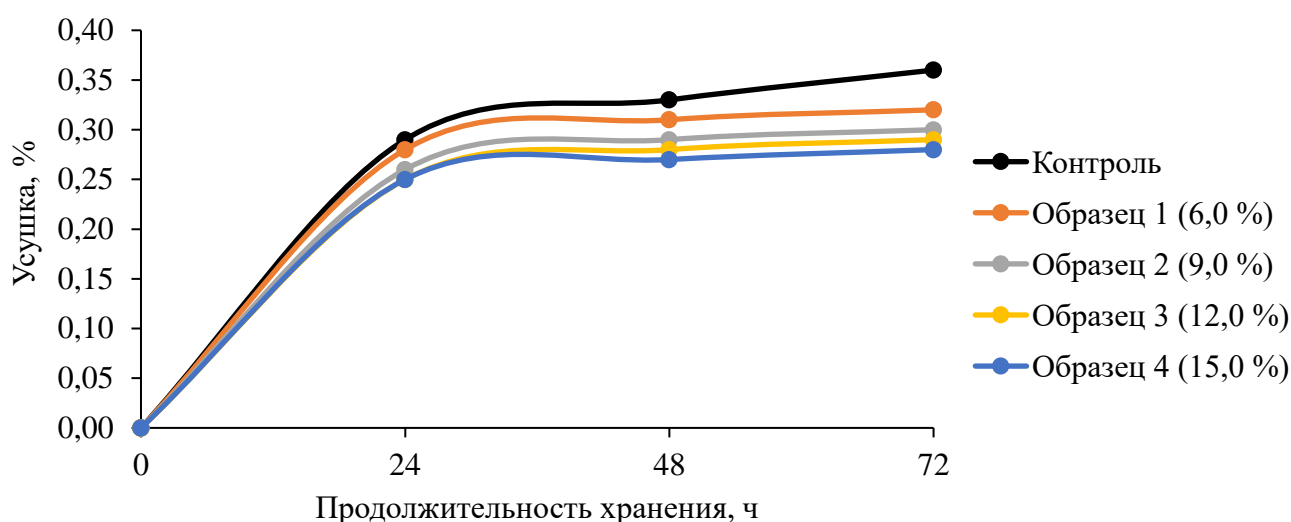


Рисунок 18 – Зависимость величины усушки хлеба в процессе хранения от дозировки функционально-технологической добавки

В опытном образце с 15,0 % полуфабриката через 72 ч величина усушки на 28 % ниже, чем в контрольном образце. Это может быть связано с размером крахмальных зерен механоактивированной муки из шрота зародышей пшеницы, которые более подвержены действию амилолитических ферментов, что приводит к образованию водорастворимых веществ, способствующих замедлению усыхания изделий. Инулин, входящий в состав добавки, как и многие пищевые волокна, связывает и удерживает воду в изделии. По литературным данным инулин способен поглощать воду в четырехкратном размере по отношению к собственной массе, тем самым уменьшая величину усушки в процессе хранения изделий [88], а лецитин ослабляет связи между набухшими гранулами крахмала. Во многих исследованиях отмечается образование комплексов лецитина с амилозной фракцией крахмала, что препятствует ее кристаллизации при остывании хлеба. Это приводит к повышению температуры клейстеризации крахмала, уменьшению набухаемости крахмальных зерен в процессе выпечки хлеба, к замедлению процесса ретроградации крахмала, а также миграции воды из мякиша в корку [73].

Таким образом, оптимальным по органолептическим и физико-химическим показателям является образец с дозировкой функционально-технологической добавки в количестве 12,0 % от массы пшеничной муки. Хлебобулочные изделия, выработанные по разработанной рецептуре, имеют лучшие потребительские свойства

и показатели качества. Рецептúra хлеба «Младость» с внесением функционально-технологической добавки приведена в таблице 28.

Таблица 28 – Рецептúra и технологический режим приготовления хлеба «Младость» из пшеничной муки первого сорта с внесением функционально-технологической добавки

| Наименование сырья | Расход, кг |
|--|--------------------------------------|
| Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта | 88,00 |
| Функционально-технологическая добавка | 12,00 |
| Дрожжи прессованные хлебопекарные | 0,70 |
| Соль поваренная пищевая | 1,30 |
| Масло растительное (на смазку форм) | 0,15 |
| Вода питьевая | По расчету $W_T = (45,0 \pm 1,0) \%$ |
| <i>Итого</i> | 102,15 |
| Технологический режим: | |
| Влажность теста, % | 46,0 |
| Температура начальная, °С | 28–30 |
| Температура конечная, °С | 30–32 |
| Продолжительность брожения, мин | 20–60 |
| Кислотность теста конечная, град | 3,6–4,0 |

В приложении К показана аппаратно-технологическая схема производства хлеба «Младость».

4.3.2 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на качество сдобного печенья

Рабочие рецептуры контрольного образца сдобного печенья и образцов с полуфабрикатом на основе муки зародышей пшеницы представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Рабочие рецептуры приготовления сдобного печенья

| Сырье | Массовая доля сухих веществ, % | Расход сырья на 100 г готового изделия, г | |
|---|--------------------------------|---|-------------------|
| | | в натуре | в сухих веществах |
| Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» (контрольный образец) | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 57,10 | 48,82 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 15,03 | 15,00 |
| Масло сливочное | 84,00 | 39,07 | 32,82 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,30 | 0,30 |
| Какао-порошок | 95,00 | 3,00 | 2,85 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | – | – |
| Итого | – | 114,49 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |
| Сдобное печенье с 9,0 % функционально-технологической добавки | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 54,50 | 46,60 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 14,34 | 14,32 |
| Масло сливочное | 84,00 | 37,30 | 31,33 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,29 | 0,29 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,86 | 2,72 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 4,90 | 4,53 |
| Итого | – | 114,19 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |
| Сдобное печенье с 12,0 % функционально-технологической добавки | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 53,70 | 45,91 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 14,12 | 14,10 |
| Масло сливочное | 84,00 | 36,74 | 30,86 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,28 | 0,28 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,82 | 2,68 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 6,44 | 5,96 |
| Итого | – | 114,10 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |
| Сдобное печенье с 15,0 % функционально-технологической добавки | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 52,90 | 45,23 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 13,92 | 13,90 |
| Масло сливочное | 84,00 | 36,20 | 30,41 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,28 | 0,28 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,78 | 2,64 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 7,94 | 7,34 |
| Итого | – | 114,01 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |

Продолжение таблицы 29

| Сырье | Массовая доля сухих веществ, % | Расход сырья на 100 г готового изделия, г | |
|---|--------------------------------|---|-------------------|
| | | в натуре | в сухих веществах |
| Сдобное печенье с 18,0 % функционально-технологической добавки | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 52,13 | 44,57 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 13,72 | 13,70 |
| Масло сливочное | 84,00 | 35,67 | 29,96 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,27 | 0,27 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,74 | 2,60 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 9,38 | 8,68 |
| Итого | – | 113,91 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |

Внешний вид образцов сдобного печенья представлен на рисунке 19.

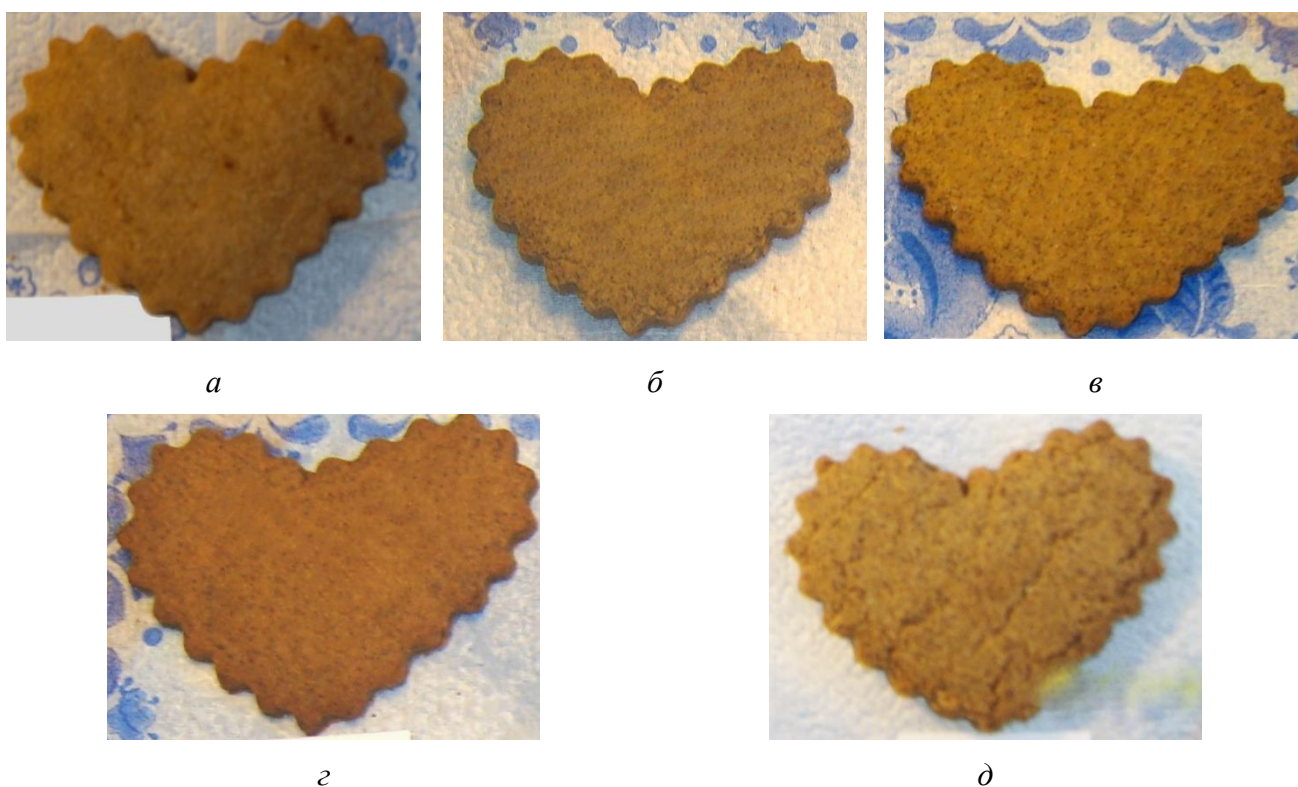


Рисунок 19 – Внешний вид свежеспеченных образцов сдобного печенья:
 а – контрольного и опытных с внесением функционально-технологической добавки
 в разных дозировках: б – 9,0 %; в – 12,0 %; г – 15,0 %; д – 18,0 %

В выпеченных контрольных и опытных образцах печенья определяли органолептические и физико-химические показатели качества.

Результаты исследования органолептических показателей качества сдобного печенья (контрольный образец и образцы с 9,0; 12,0; 15,0; 18,0 % функционально-технологической добавки к массе муки за счет сухих веществ всего сырья) представлены соответственно в таблице 30.

Органолептическая оценка сдобного печенья показала, что образцы с внесением функционально-технологической добавки в дозировках до 15,0 % к массе муки включительно практически не отличаются от контрольного, лишь образцы печенья с добавлением добавки 12,0 % и 15,0 % приобретают приятный ореховый привкус.

Установлено, что образец с 18,0 % добавки характеризуется шероховатой, с крупными трещинами поверхностью светло-коричневого цвета, имеет более выраженный ореховый привкус и злаковый аромат по сравнению с другими образцами. Пористая, рассыпчатая текстура отмечена как в контрольном, так и в образцах с внесением функционально-технологической добавки от 9,0 % до 15,0 % к массе муки. Однако образец, содержащий 18,0 % добавки, отличается более плотной текстурой и неравномерной пористостью в изломе, что объясняется достаточно высокой концентрацией инулина в образце.

Для экспериментальных образцов сдобного печенья определяли физико-химические показатели качества: массовую долю влаги, общего сахара, жира, золы, клетчатки, а также щелочность и намокаемость.

На рисунке 20 представлена зависимость массовой доли влаги печенья от внесения разных дозировок функционально-технологической добавки.

Установлено, что внесение в рецептуру функционально-технологической добавки приводит к увеличению массовой доли влаги в образцах готового печенья. Это объясняется хорошей влагоудерживающей способностью добавки: инулин, входящий в его состав, способен к набуханию и удерживанию связанной воды в своем каркасе.

Таблица 30 – Органолептические показатели сдобного печенья (контрольный образец и образцы с различными дозировками функционально-технологической добавки)

| Показатель | Требования ГОСТ 24901-2014 | Контрольный образец | Образец 1 (9,0 %) | Образец 2 (12,0 %) | Образец 3 (15,0 %) | Образец 4 (18,0 %) |
|--------------|--|---|---|--------------------|---|--|
| Форма | Разнообразная, не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края | Соответствующая песочному печенью, не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений | | | | |
| Поверхность | Гладкая или шероховатая. Не подгорелая, без вздутий | Не подгорелая, гладкая, без вздутий, лопнувших пузырей | | | | Не подгорелая, шероховатая, имеются трещины |
| Цвет | Равномерный, от светло-соломенного до темно-коричневого с учетом используемого сырья | Коричневый со специфическим оттенком какао-порошка, равномерный | | | | Светло-коричневый со специфическим оттенком какао-порошка, равномерный |
| Вкус и запах | Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха | Свойственные песочному печенью, со специфическими привкусом и запахом какао-порошка | Свойственные песочному печенью, со специфическими привкусом и запахом какао-порошка и слабым ореховым привкусом | | Свойственные песочному печенью, со специфическими привкусом и запахом какао-порошка, с выраженным ореховым привкусом и злаковым запахом | |
| Вид в изломе | Пропеченное печенье с пористой структурой, без пустот и следов непромеса | Пропеченное, без пустот и следов непромеса, пористость равномерная | | | | Пропеченное, без пустот и следов непромеса, пористость неравномерная |

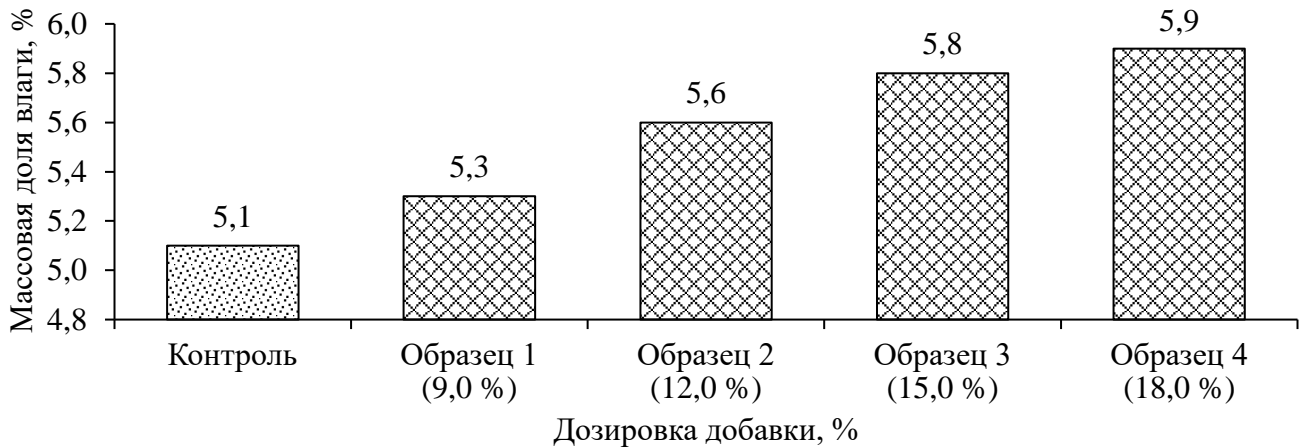


Рисунок 20 – Зависимость массовой доли влаги сдобного печенья от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

Повышенная влажность продуктов может приводить к возникновению рисков микробиологической порчи, за счет создания благоприятной среды для развития микроорганизмов различных классов.

На рисунке 21 представлена зависимость массовой доли сахара от внесения различных дозировок функционально-технологической добавки.

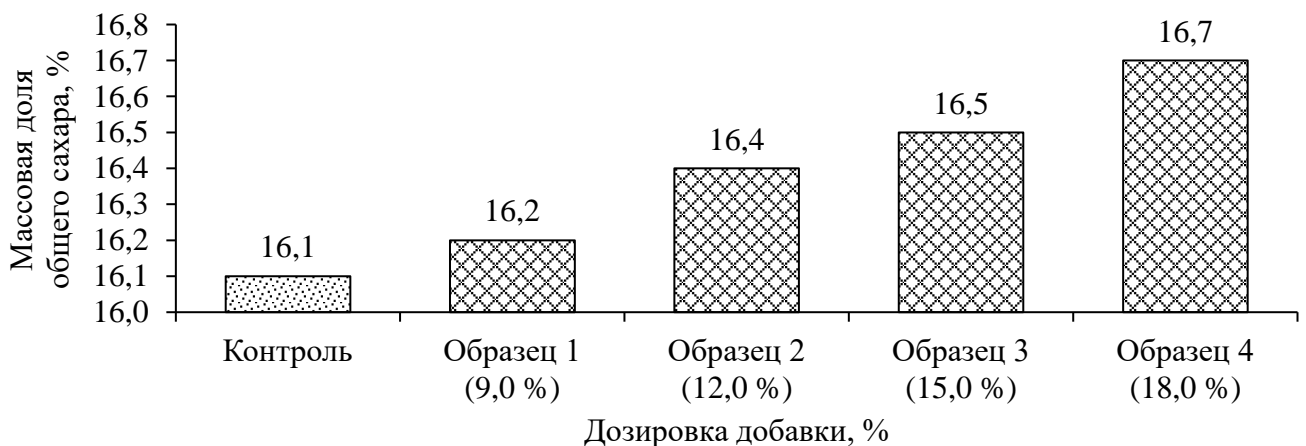


Рисунок 21 – Зависимость массовой доли общего сахара от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

При увеличении дозировки функционально-технологической добавки в опытных образцах сдобного печенья несколько повышается содержание общего сахара по сравнению с контролем, что объясняется достаточным содержанием (23,2 %) сахаров в полуфабрикате.

На рисунке 22 представлена зависимость массовой доли жира от внесения различных дозировок функционально-технологической добавки.

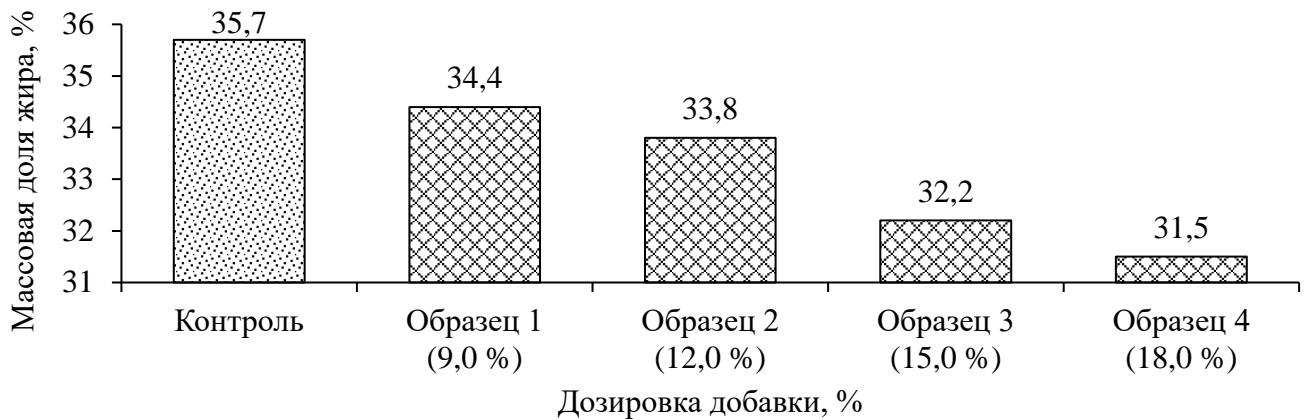


Рисунок 22 – Зависимость массовой доли жира от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

Установлено, что по мере увеличения дозировки функционально-технологической добавки в опытных образцах печенья снижается содержание жира по сравнению с контрольным образцом. Это связано с тем, что добавка вносится в рецептуру печенья за счет сухих веществ всего сырья, поэтому количество сырья, в частности сливочного масла, снижается, что и приводит к уменьшению массовой доли жира в готовых изделиях.

На рисунке 23 приведена зависимость массовой доли общей золы от внесения разных дозировок функционально-технологической добавки.

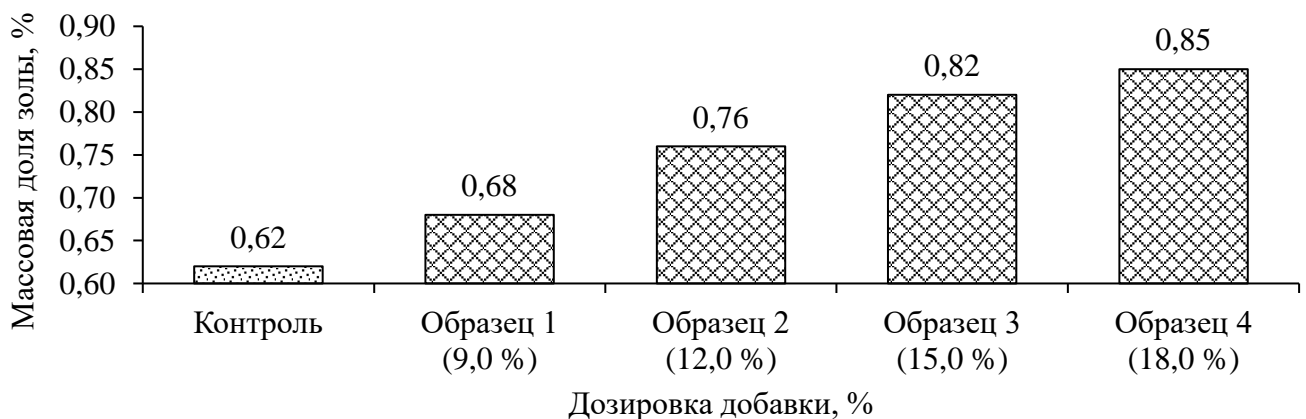


Рисунок 23 – Зависимость массовой доли общей золы в печенье от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

С повышением дозировки добавки количество общей золы в сдобном печенье увеличивается по сравнению с контролем за счет минеральных веществ и элементов, таких как калий, кальций, магний, фосфор, натрий, железо, которые содержатся в добавке и вносятся с мукой из шрота зародышей пшеницы.

На рисунке 24 показана зависимость щелочности печенья от внесения различных дозировок функционально-технологической добавки. Отмечено, что уровень щелочности снижается в изделиях с увеличением дозировки функционально-технологической добавки, что обусловлено кислыми солями добавки.

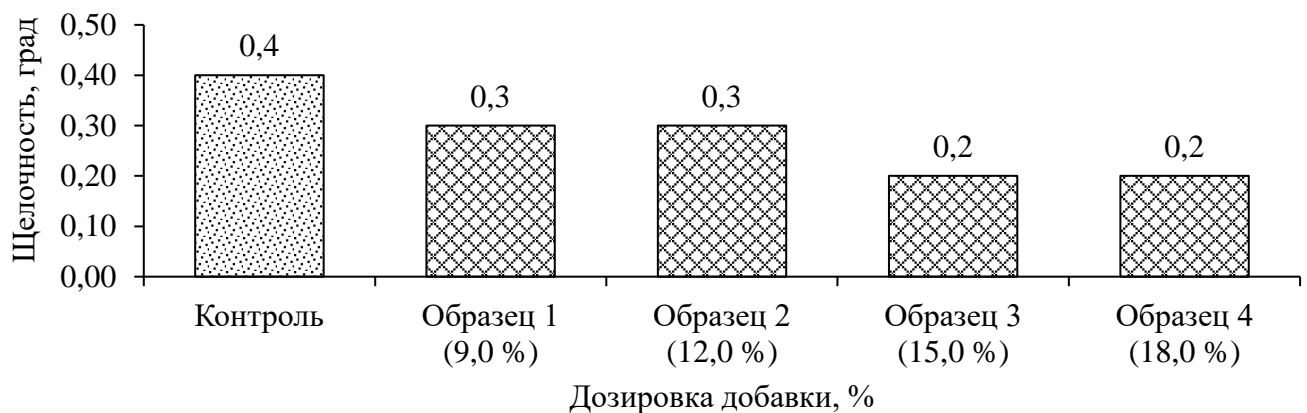


Рисунок 24 – Зависимость щелочности печенья от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

На рисунке 25 представлена зависимость намокаемости печенья от внесения различных дозировок функционально-технологической добавки.

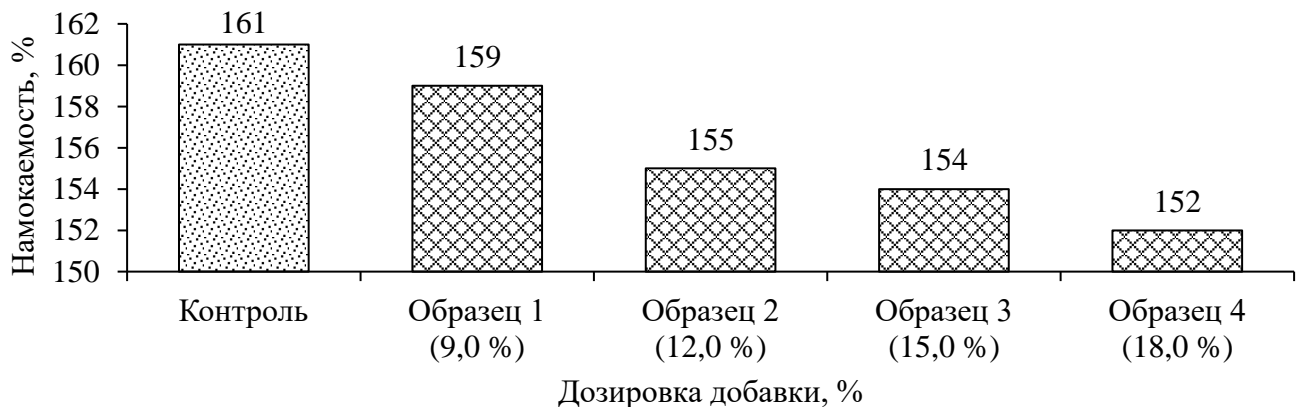


Рисунок 25 – Зависимость намокаемости сдобного печенья от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

У опытных образцов с увеличением дозировки добавки наблюдается снижение намокаемости вследствие уплотнения структуры печенья за счет увеличения содержания белков, пищевых волокон в готовых изделиях. А важной особенностью песочного полуфабриката и изделий из него является рассыпчатость, обусловленная структурой, которую и характеризует показатель намокаемости.

Обобщенные результаты определения физико-химических показателей в контрольном образце сдобного печенья и образцах с разными дозировками функционально-технологической добавки представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Физико-химические показатели образцов сдобного печенья ($M \pm m$, $n = 3$)

| Показатель | Требования ГОСТ 24901-2014 | Контроль | Образец 1 (9,0 %) | Образец 2 (12,0 %) | Образец 3 (15,0 %) | Образец 4 (18,0 %) |
|--|----------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Массовая доля влаги, % | Не более 16,0 | $5,1 \pm 0,1$ | $5,3 \pm 0,1$ | $5,6 \pm 0,1$ | $5,8 \pm 0,1$ | $5,9 \pm 0,1$ |
| Массовая доля общего сахара (по сахарозе), % | Не более 45,0 | $16,1 \pm 0,1$ | $16,2 \pm 0,1$ | $16,4 \pm 0,1$ | $16,5 \pm 0,1$ | $16,7 \pm 0,1$ |
| Массовая доля жира, % | Не более 40,0 | $35,7 \pm 0,3$ | $34,4 \pm 0,3$ | $33,8 \pm 0,2$ | $32,2 \pm 0,2$ | $31,5 \pm 0,2$ |
| Щелочность, град | Не более 2,0 | $0,4 \pm 0,1$ | $0,3 \pm 0,1$ | $0,3 \pm 0,1$ | $0,2 \pm 0,1$ | $0,2 \pm 0,1$ |
| Массовая доля общей золы, % | – | $0,62 \pm 0,05$ | $0,68 \pm 0,05$ | $0,76 \pm 0,05$ | $0,82 \pm 0,02$ | $0,85 \pm 0,02$ |
| Намокаемость, % | Не менее 150,0 | $161,0 \pm 1,0$ | $159,0 \pm 1,0$ | $155,0 \pm 1,0$ | $154,0 \pm 1,0$ | $152,0 \pm 1,0$ |

Таким образом, по результатам оценки органолептических и основных физико-химических показателей можно сделать вывод, что изделия, содержащие в своем составе 9,0–15,0 % функционально-технологической добавки, отличаются более высокими потребительскими характеристиками, но для наибольшего обогащения готовых изделий макро- и микронутриентами предпочтительнее введение в рецептуру печенья 15,0 % добавки от массы муки.

Кроме физико-химических показателей качества, которые нормируются ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия», определяли массовую долю клетчатки в выпеченном сдобном печенье (таблица 32).

Таблица 32 – Массовая доля клетчатки в образцах сдобного печенья ($M \pm m, n = 3$)

| Образец | Дозировка добавки, % | Массовая доля клетчатки, % |
|-----------|----------------------|----------------------------|
| Контроль | – | $0,38 \pm 0,02$ |
| Образец 1 | 9,0 | $0,42 \pm 0,02$ |
| Образец 2 | 12,0 | $0,48 \pm 0,02$ |
| Образец 3 | 15,0 | $0,52 \pm 0,02$ |
| Образец 4 | 18,0 | $0,55 \pm 0,02$ |

На рисунке 26 представлена зависимость массовой доли клетчатки в печенье от внесения различных дозировок функционально-технологической добавки.



Рисунок 26 – Зависимость массовой доли клетчатки в печенье от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

При повышении дозировки функционально-технологической добавки увеличивается массовая доля клетчатки в печенье по сравнению с контролем вследствие того, что мука из шрота зародышей пшеницы в составе добавки содержит повышенное количество (1,8 %) клетчатки по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта (0,1 %).

Результаты исследования предельного статического и предельного динамического напряжений сдвига сдобного печенья представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Предельное статическое и предельное динамическое напряжение сдвига образцов сдобного печенья ($M \pm m, n = 3$)

| Предельное напряжение сдвига | Значение, МПа | | | | |
|------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Контроль | Образец 1 (9,0 %) | Образец 2 (12,0 %) | Образец 3 (15,0 %) | Образец 4 (18,0 %) |
| Статическое | 0,011 ± 0,001 | 0,015 ± 0,002 | 0,018 ± 0,001 | 0,020 ± 0,001 | 0,022 ± 0,001 |
| Динамическое | 0,006 ± 0,001 | 0,008 ± 0,001 | 0,009 ± 0,001 | 0,010 ± 0,001 | 0,011 ± 0,001 |

На рисунке 27 представлены зависимости предельных статического и динамического напряжений сдвига печенья от внесения различных дозировок функционально-технологической добавки.

Из полученных данных следует, что при повышении дозировки функционально-технологической добавки в рецептуре печенья наблюдается увеличение предельного статического и динамического напряжения сдвига готовых изделий вследствие улучшения их сопротивления приложенным нагрузкам. В результате при транспортировке такие изделия будут обладать пониженной хрупкостью и ломкостью.

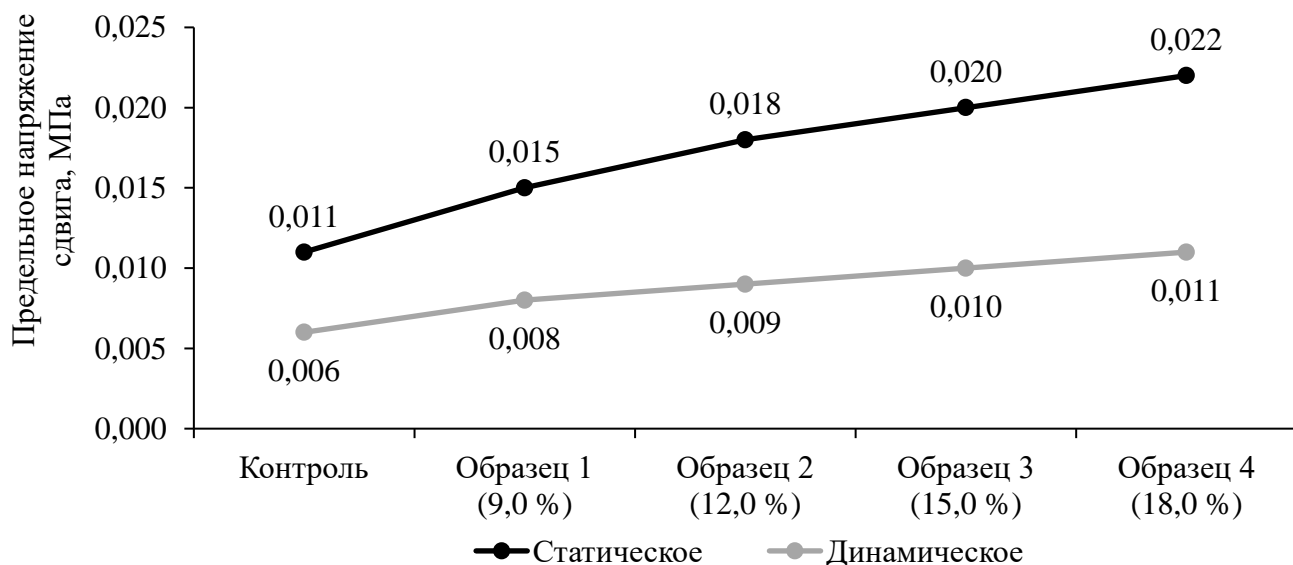


Рисунок 27 – Зависимость предельного статического и предельного динамического напряжения сдвига печенья от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

Результаты определения величины усушки экспериментальных образцов в процессе хранения в течение 28 сут представлены в таблице 34 и на рисунке 28.

Таблица 34 – Величина усушки образцов сдобного печенья ($M \pm m, n = 3$)

| Продолжительность хранения, сут | Величина усушки, % | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Контроль | Образец 1 (9,0 %) | Образец 2 (12,0 %) | Образец 3 (15,0 %) | Образец 4 (18,0 %) |
| 7 | 0,25 ± 0,02 | 0,22 ± 0,03 | 0,21 ± 0,03 | 0,18 ± 0,03 | 0,10 ± 0,05 |
| 14 | 0,32 ± 0,02 | 0,29 ± 0,03 | 0,28 ± 0,02 | 0,24 ± 0,03 | 0,23 ± 0,02 |
| 21 | 0,37 ± 0,02 | 0,34 ± 0,02 | 0,32 ± 0,02 | 0,30 ± 0,02 | 0,27 ± 0,02 |
| 28 | 0,43 ± 0,03 | 0,40 ± 0,03 | 0,38 ± 0,03 | 0,35 ± 0,02 | 0,32 ± 0,02 |

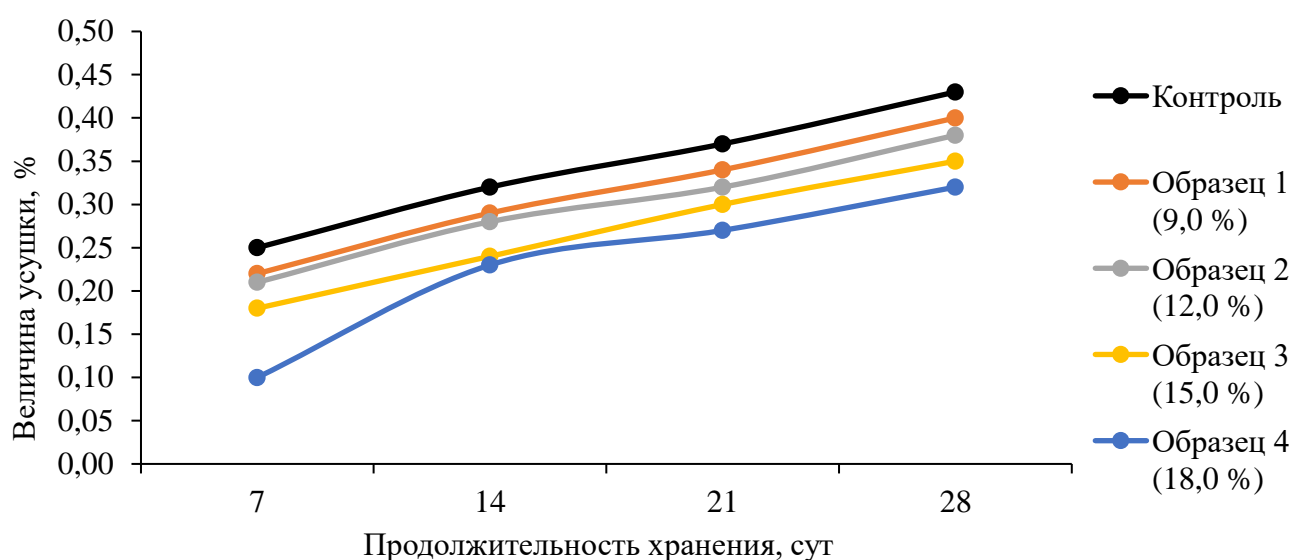


Рисунок 28 – Зависимость величины усушки печенья от вносимой дозировки функционально-технологической добавки

Наиболее интенсивная усушка наблюдается у контрольного образца, так как свободная влага удаляется быстрее, чем адсорбционная. Увеличение в рецептуре печенья дозировки функционально-технологической добавки приводит к уменьшению абсолютного значения усушки готовой продукции вследствие прочного связывания свободной воды инулином и белками, входящими в состав добавки. Это позволяет снизить потери массы продукта при усушке.

Таким образом, в результате исследования контрольного и опытных образцов песочного теста и сдобного печенья по органолептическим и физико-химическим

показателям качества выбран оптимальный образец сдобного печенья с внесением 15,0 % добавки на основе муки зародышей пшеницы к массе муки за счет сухих веществ всего сырья. Образец 3 не уступает контролю по проанализированным показателям качества, обладает лучшими товарными и потребительскими свойствами.

Во второй части данного этапа исследований изучали возможность уменьшения сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки к массе муки за счет сухих веществ всего сырья и технологических свойств полуфабриката.

Рабочие рецептуры приготовления сдобного печенья для образцов с добавлением 15,0 % функционально-технологической добавки к массе муки и с уменьшением дозировки сахарной пудры на 5; 10; 15; 20 % от рецептурного количества представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Рабочая рецептура сдобного печенья с 15,0 % функционально-технологической добавки с уменьшением дозировки сахарной пудры

| Сырье | Массовая доля сухих веществ, % | Расход сырья на 100 г готового изделия, г | |
|---|--------------------------------|---|-------------------|
| | | в натуре | в сухих веществах |
| Уменьшение дозировки сахарной пудры на 5 % от рецептурного количества | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 53,27 | 45,23 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 13,31 | 13,90 |
| Масло сливочное | 84,00 | 36,45 | 30,41 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,28 | 0,28 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,80 | 2,64 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 7,99 | 7,34 |
| Итого | – | 114,10 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |
| Уменьшение дозировки сахарной пудры на 10 % от рецептурного количества | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 53,64 | 45,86 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 12,71 | 12,69 |
| Масло сливочное | 84,00 | 36,71 | 30,84 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,28 | 0,28 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,82 | 2,68 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 8,04 | 7,44 |
| Итого | – | 114,20 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |

Продолжение таблицы 35

| Сырье | Массовая доля сухих веществ, % | Расход сырья на 100 г готового изделия, г | |
|---|--------------------------------|---|-------------------|
| | | в натуре | в сухих веществах |
| Уменьшение дозировки сахарной пудры на 15 % от рецептурного количества | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 54,02 | 46,19 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 12,08 | 12,06 |
| Масло сливочное | 84,00 | 36,97 | 31,06 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,28 | 0,28 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,84 | 2,70 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 8,10 | 7,50 |
| Итого | – | 114,31 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |
| Уменьшение дозировки сахарной пудры на 20 % от рецептурного количества | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 54,42 | 46,53 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 11,46 | 11,44 |
| Масло сливочное | 84,00 | 37,24 | 31,28 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 0,29 | 0,29 |
| Какао-порошок | 95,00 | 2,86 | 2,72 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | 8,16 | 7,55 |
| Итого | – | 114,43 | 99,79 |
| Выход | 95,00 | 100,00 | 95,00 |

Результаты исследования органолептических и физико-химических показателей качества сдобного печенья (контрольный образец и образцы с уменьшением дозировки сахарной пудры на 5; 10; 15; 20 % от рецептурного количества) представлены в таблицах 36 и 37. На этом этапе в качестве контрольного образца служит образец сдобного печенья с внесением 15,0 % функционально-технологической добавки к массе муки.

Анализ органолептических показателей сдобного печенья показал, что в образцах с уменьшенной дозировкой сахарной пудры на 5–15 % каких-либо заметных изменений по сравнению с контролем не произошло. При уменьшении сахарной пудры в рецептуре до 20 % от общего количества образец печенья имеет трещины и вздутия на поверхности, неравномерную пористость в изломе в отличие от контроля и других образцов. Это можно объяснить составом рецептуры: при уменьшении массы сахарной пудры пропорционально увеличивается масса всего осталь-

ного сырья, в том числе и масса функционально-технологической добавки, что ведет к некоторому уплотнению структуры и ухудшению показателей качества.

Таблица 36 – Органолептические показатели сдобного печенья (контрольный образец и образцы с уменьшением дозировки сахарной пудры на 5 %, 10 %, 15 % и 20 % от рецептурного количества)

| Показатель | Контрольный образец | Образец 1 (5 %) | Образец 2 (10 %) | Образец 3 (15 %) | Образец 4 (20 %) |
|--------------|--|-----------------|------------------|------------------|--|
| Форма | Соответствующая песочному печенью, без вмятин, края печенья фигурные (соответствуют формам), без повреждений | | | | |
| Поверхность | Неподгорелая, без вздутий, лопнувших пузырей | | | | Неподгорелая, имеются вздутия, трещины |
| Цвет | Коричневый со специфическим оттенком какао-порошка | | | | |
| Вкус и запах | Свойственные данному песочному печенью, со специфическим привкусом и запахом какао-порошка и слабым ореховым привкусом | | | | |
| Вид в изломе | Пропеченное, пористость равномерная | | | | Пропеченное, пористость неравномерная |

Таблица 37 – Физико-химические показатели сдобного печенья (контрольный образец и образцы с уменьшением дозировки сахарной пудры на 5 %, 10 %, 15 % и 20 % от рецептурного количества) ($M \pm m$, $n = 3$)

| Показатель | Контроль | Образец 1 (5 %) | Образец 2 (10 %) | Образец 3 (15 %) | Образец 4 (20 %) |
|--|-------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Массовая доля влаги, % | 5,8 ± 0,1 | 5,7 ± 0,1 | 5,8 ± 0,1 | 5,8 ± 0,1 | 5,9 ± 0,1 |
| Массовая доля общего сахара в пересчете на сухое вещество (по сахарозе), % | 16,5 ± 0,1 | 15,8 ± 0,2 | 15,3 ± 0,2 | 14,9 ± 0,2 | 14,5 ± 0,2 |
| Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, % | 32,2 ± 0,2 | 32,6 ± 0,1 | 32,8 ± 0,1 | 33,2 ± 0,2 | 33,4 ± 0,1 |
| Щелочность, град | 0,2 ± 0,1 | 0,2 ± 0,1 | 0,2 ± 0,1 | 0,2 ± 0,1 | 0,2 ± 0,1 |
| Массовая доля общей золы, % | 0,82 ± 0,02 | 0,84 ± 0,02 | 0,85 ± 0,01 | 0,88 ± 0,02 | 0,91 ± 0,02 |
| Намокаемость, % | 154,0 ± 1,0 | 154,0 ± 1,0 | 154,0 ± 1,0 | 153,0 ± 1,0 | 152,0 ± 1,0 |

Внешний вид образцов сдобного печенья представлен на рисунке 29.

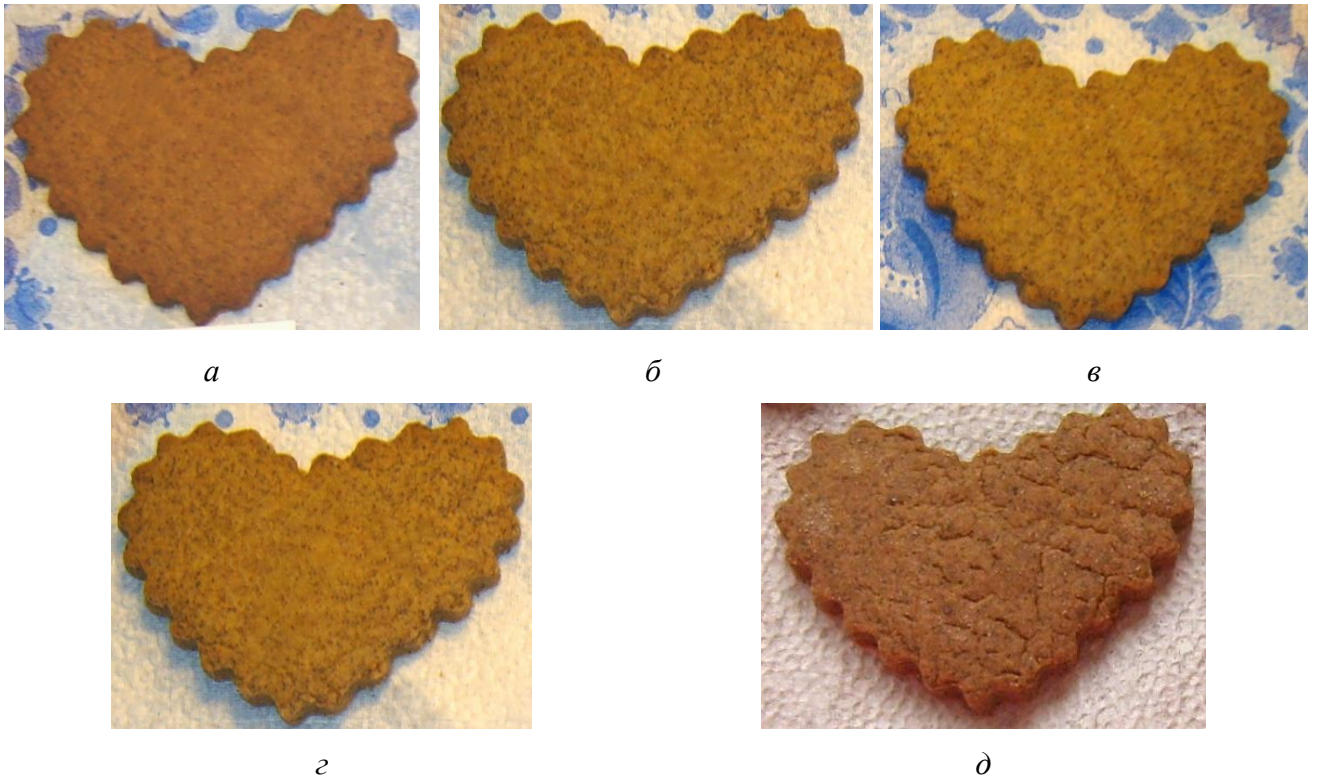


Рисунок 29 – Внешний вид образцов сдобного печенья:
 контрольного (*a*) и опытных с уменьшением дозировки сахарной пудры:
б – на 5 % (образец 1), *в* – на 10 % (образец 2); *г* – на 15 % (образец 3);
д – на 20 % (образец 4) от рецептурного количества

На рисунке 30 представлена зависимость массовой доли влаги печенья от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

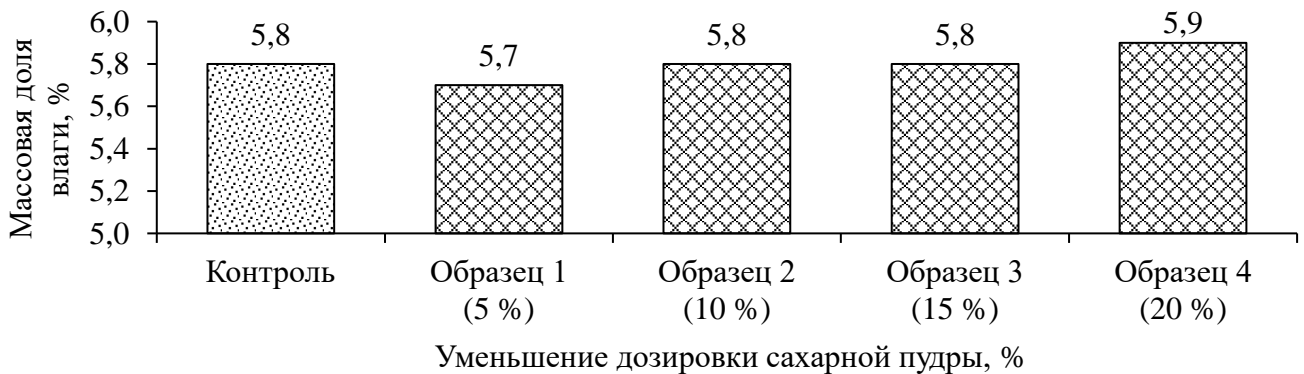


Рисунок 30 – Зависимость массовой доли влаги в печенье от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

С уменьшением дозировки сахарной пудры влажность опытных образцов сдобного печенья почти не отличается от контроля.

На рисунке 31 представлена зависимость массовой доли сахара от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки. Видно, что при уменьшении дозировки сахарной пудры массовая доля общего сахара в печенье снижается.

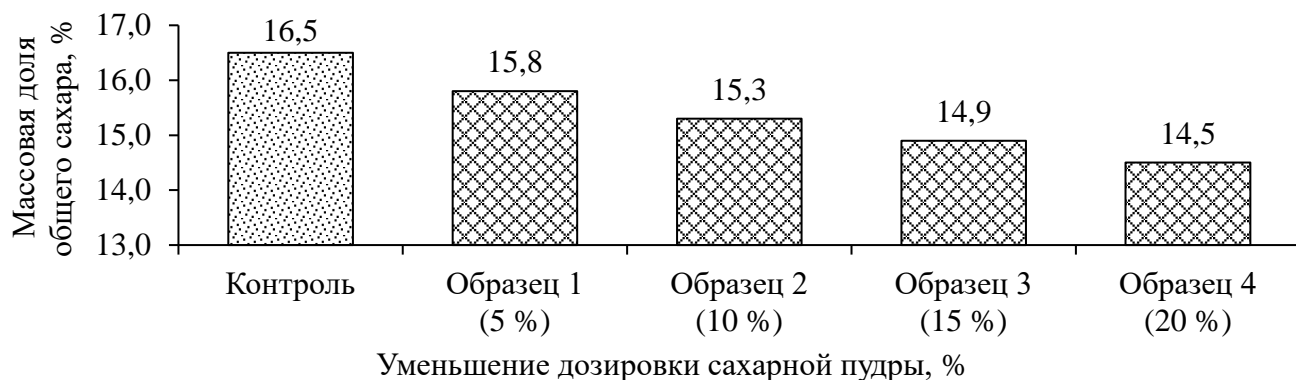


Рисунок 31 – Зависимость массовой доли сахара от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

На рисунке 32 представлена зависимость массовой доли жира от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

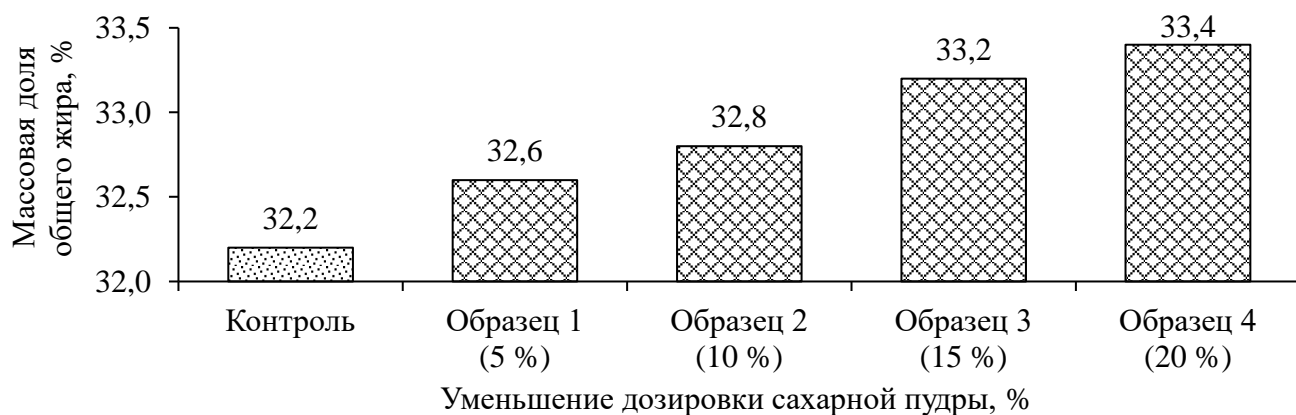


Рисунок 32 – Зависимость массовой доли жира от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

При уменьшении дозировки сахарной пудры в рецептуре печенья увеличивается содержание массовой доли жира вследствие привнесения его с другим сырьем, особенно со сливочным маслом.

На рисунке 33 представлена зависимость массовой доли золы в печенье от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

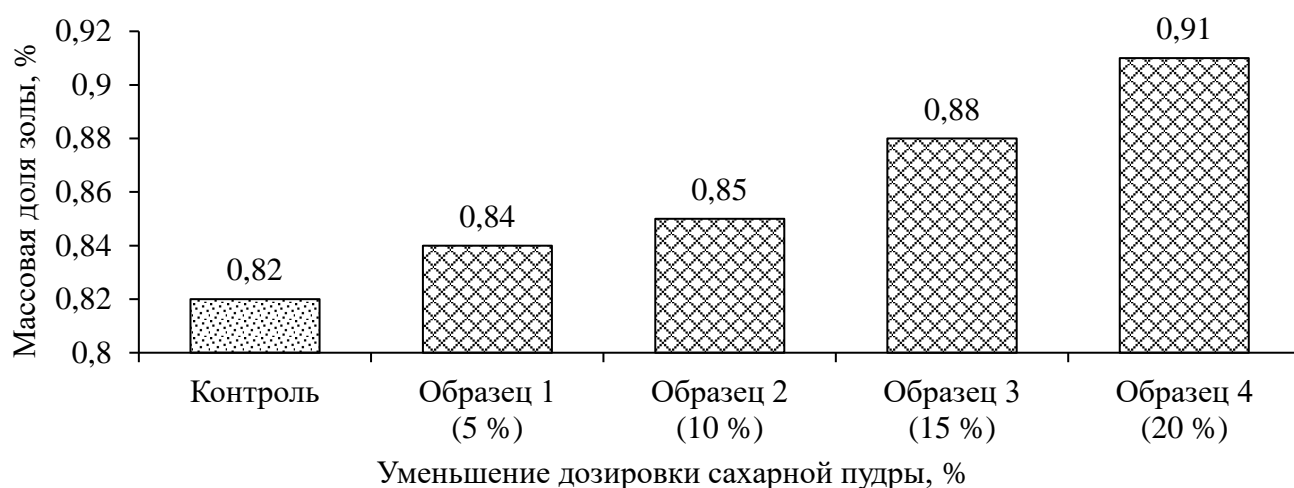


Рисунок 33 – Зависимость массовой доли общей золы в печенье от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

Установлено, что с уменьшением дозировки сахарной пудры количество золы – минеральных веществ и элементов (калий, кальций, натрий, магний, фосфор, железо) в печенье увеличивается за счет внесения их с другим сырьем: мукой пшеничной первого сорта, какао-порошком, мукой зародышей пшеницы.

На рисунке 34 представлена зависимость намокаемости печенья от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

Отмечено, что с уменьшением дозировки сахарной пудры в опытных образцах наблюдается постепенное незначительное снижение намокаемости вследствие некоторого уплотнения структуры печенья по сравнению с контролем.

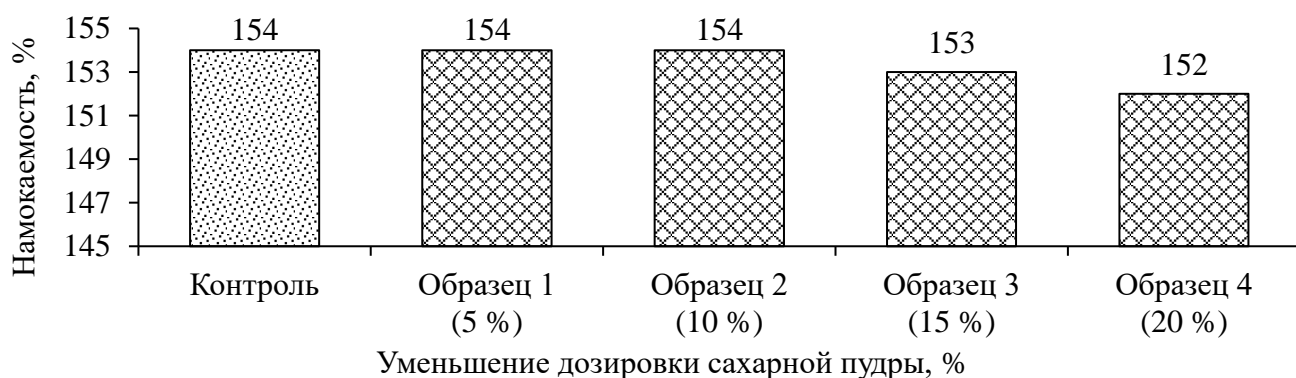


Рисунок 34 – Зависимость намокаемости сдобного печенья от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

Результаты исследования массовой доли клетчатки в печенье с уменьшением дозировки сахарной пудры представлены в таблице 38.

Таблица 38 – Содержание клетчатки в сдобном печенье ($M \pm m, n = 3$)

| Образец | Уменьшение дозировки сахарной пудры, % | Массовая доля клетчатки, % |
|-----------|--|----------------------------|
| Контроль | 0 | 0,52 ± 0,01 |
| Образец 1 | 5 | 0,52 ± 0,01 |
| Образец 2 | 10 | 0,53 ± 0,01 |
| Образец 3 | 15 | 0,53 ± 0,01 |
| Образец 4 | 20 | 0,54 ± 0,01 |

На рисунке 35 представлена зависимость количества клетчатки в печенье от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

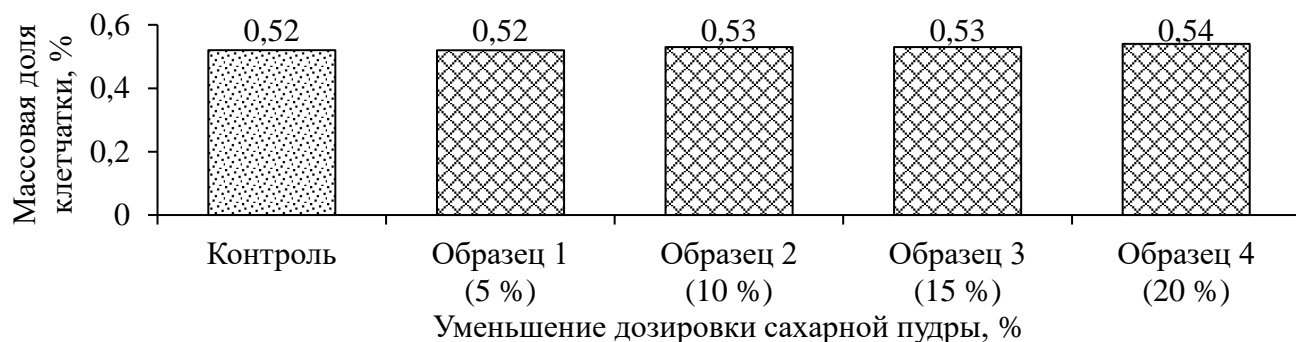


Рисунок 35 – Зависимость количества клетчатки в печенье от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

Установлено, что с уменьшением дозировки сахарной пудры в рецептуре печенья незначительно увеличивается содержание клетчатки в готовых изделиях за счет внесения ее с таким сырьем, как мука пшеничная высшего сорта, функционально-технологическую добавку, какао-порошок, количество которого в рецептуре постепенно повышается.

Результаты исследования предельного статического и динамического напряжения сдвига печенья сведены в таблицу 39.

Таблица 39 – Предельное статическое и динамическое напряжение сдвига образцов сдобного печенья с уменьшением дозировки сахарной пудры ($M \pm m$, $n = 3$)

| Предельное напряжение сдвига | Значение, МПа | | | | |
|------------------------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | Контроль | Образец 1 (5 %) | Образец 2 (10 %) | Образец 3 (15 %) | Образец 4 (20 %) |
| Статическое | 0,020 ± 0,001 | 0,022 ± 0,001 | 0,024 ± 0,001 | 0,027 ± 0,001 | 0,029 ± 0,001 |
| Динамическое | 0,010 ± 0,001 | 0,010 ± 0,001 | 0,012 ± 0,001 | 0,014 ± 0,001 | 0,015 ± 0,001 |

На рисунке 36 представлены зависимости предельного статического и предельного динамического напряжения сдвига печенья от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

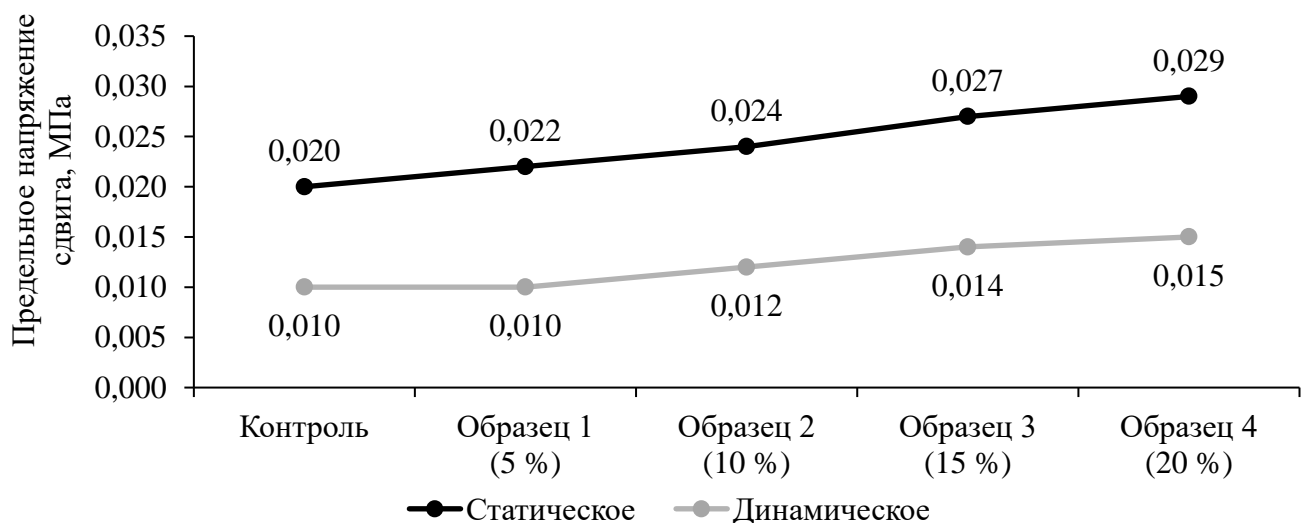


Рисунок 36 – Зависимость предельного статического и предельного динамического напряжения сдвига печенья от уменьшения дозировки сахарной пудры

Показано, что при уменьшении дозировки сахарной пудры наблюдается увеличение предельного статического и динамического напряжения сдвига вследствие уплотнения структуры печенья благодаря привнесению большего количества функционально-технологической добавки за счет сухих веществ всего сырья и улучшения сопротивления печенья приложенным нагрузкам.

Результаты определения величины усушки опытных образцов с уменьшением дозировки сахарной пудры при хранении 28 сут представлены в таблице 40.

Таблица 40 – Величина усушки контрольного образца печенья и образцов с уменьшением дозировки сахарной пудры ($M \pm m, n = 3$)

| Продолжительность хранения, сут | Величина усушки, % | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | Контроль | Образец 1 (5 %) | Образец 2 (10 %) | Образец 3 (15 %) | Образец 4 (20 %) |
| 7 | 0,18 ± 0,03 | 0,18 ± 0,02 | 0,17 ± 0,02 | 0,17 ± 0,02 | 0,15 ± 0,02 |
| 14 | 0,24 ± 0,03 | 0,22 ± 0,02 | 0,20 ± 0,02 | 0,21 ± 0,02 | 0,18 ± 0,02 |
| 21 | 0,30 ± 0,02 | 0,29 ± 0,02 | 0,25 ± 0,02 | 0,23 ± 0,02 | 0,20 ± 0,02 |
| 28 | 0,35 ± 0,02 | 0,33 ± 0,02 | 0,30 ± 0,02 | 0,29 ± 0,02 | 0,25 ± 0,02 |

На рисунке 37 представлена зависимость величины усушки печенья в течение 28 сут от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки.

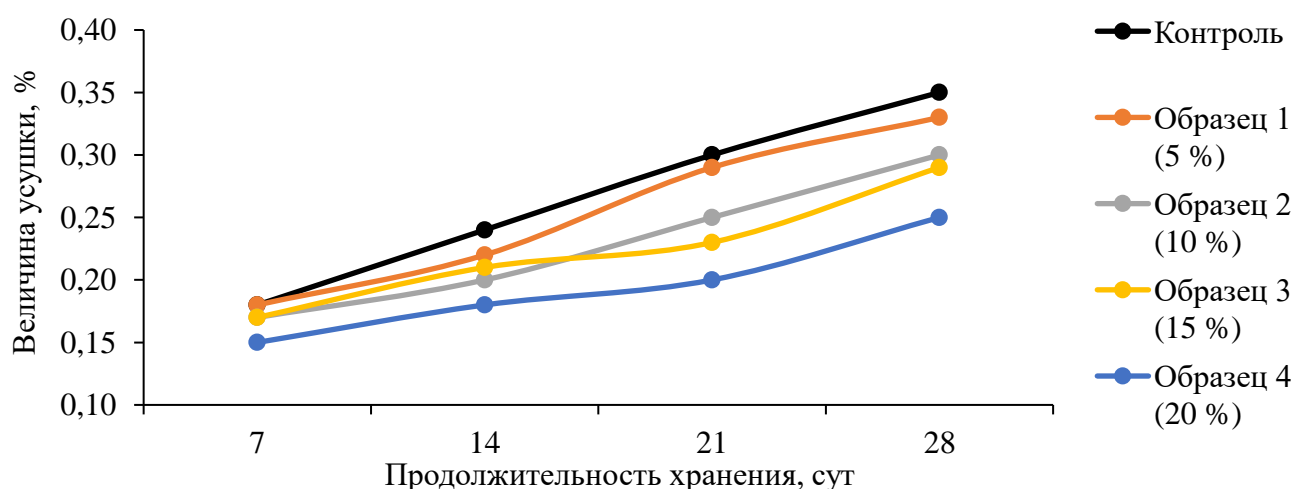


Рисунок 37 – Зависимость усушки сдобного печенья от уменьшения дозировки сахарной пудры в рецептуре оптимального образца, содержащего 15,0 % функционально-технологической добавки

Наиболее интенсивная усушка отмечена у контрольного образца. Уменьшение величины усушки в опытных образцах печенья со сниженной дозировкой сахарной пудры можно объяснить увеличением количества белков, пищевых волокон за счет функционально-технологической добавки и их способностью удерживать влагу.

На основе проведенных исследований выбран оптимальный образец с уменьшением количества сахарной пудры на 15 % от рецептурного количества (образец 3), который по органолептическим и физико-химическим показателям не уступает контрольному и обеспечивает значительную экономию сырья (таблица 41).

Таблица 41 – Рецептуры сдобного печенья (контрольный образец, образец с добавлением 15,0 % функционально-технологической добавки и образец с уменьшением дозировки сахарной пудры на 15,0 % от рецептурного количества)

| Сырье | Массовая доля сухих веществ, % | Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------|---|-------------------|--|-------------------|
| | | Контрольный образец | | Образец с добавлением 15,0 % добавки на основе муки зародышей пшеницы | | Образец с добавлением 15,0 % добавки и с уменьшением дозировки сахарной пудры на 15,0 % от рецептурного количества | |
| | | в натуре | в сухих веществах | в натуре | в сухих веществах | в натуре | в сухих веществах |
| Мука пшеничная высшего сорта | 85,50 | 570,98 | 488,19 | 528,26 | 452,26 | 540,22 | 461,89 |
| Пудра сахарная | 99,85 | 150,25 | 150,02 | 139,19 | 138,98 | 120,83 | 120,65 |
| Масло сливочное | 84,00 | 390,65 | 328,15 | 361,99 | 304,07 | 369,70 | 310,55 |
| Пудра ванильная | 99,85 | 3,00 | 3,00 | 2,78 | 2,78 | 2,84 | 2,84 |
| Какао-порошок | 95,00 | 30,04 | 28,54 | 27,83 | 26,44 | 28,42 | 27,00 |
| Функционально-технологическая добавка | 92,50 | – | – | 79,35 | 73,40 | 81,04 | 74,96 |
| <i>Итого</i> | – | 1 144,92 | 997,90 | 1 140,10 | 997,90 | 1 143,05 | 997,90 |
| Выход | 95,00 | 1 000,00 | 950,00 | 1 000,00 | 950,00 | 1 000,00 | 950,00 |

Среди показателей безопасности сдобного печенья, нормируемых ТР ТС 021/2011, оценивали микробиологические показатели (таблица 42). Сдобное пече-

ные «Полезное» хранили в течение 30 сут при температуре (18 ± 2) °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Таблица 42 – Микробиологические показатели печенья после 30 сут хранения

| Показатель | Норма по ТР ТС 021/2011 (сдобное печенье) | Сдобное печенье «Полезное» |
|------------------------|---|----------------------------|
| КМАФАнМ, КОЕ/г | Не более $1,0 \cdot 10^4$ | $1,2 \cdot 10^3$ |
| БГКП (колиформы), г | Не допускаются в 0,1 г | Не обнаружены |
| Плесневые грибы, КОЕ/г | Не более 100 | 22 |
| Дрожжи, КОЕ/г | Не более 50 | 16 |

Можно сделать вывод, что при введении в рецептуру 15,0 % функционально-технологической добавки от массы муки и уменьшении дозировки сахарной пудры на 15,0 % от рецептурного количества микробиологические показатели безопасности готовых изделий через 30 сут хранения соответствуют предъявляемым требованиям.

4.3.3 Исследование влияния функционально-технологической добавки на основе муки из шрота зародышей пшеницы на пищевую ценность хлеба и сдобного печенья

В таблице 43 приведен химический состав и пищевая ценность 100 г хлеба из пшеничной муки первого сорта и хлеба «Младость» из муки пшеничной первого сорта с добавлением функционально-технологической добавки.

По сравнению с контролем повышается пищевая ценность хлеба «Младость», особенно в отношении белков – на 20,6 %, моно- и дисахаридов – на 9,4 %, пищевых волокон – на 54,5 %, а также минеральных веществ и витаминов.

Таблица 43 – Химический состав и пищевая ценность хлеба, %

| Наименование | Суточная потребность в соответствии с ТС/ТР 022 | Значение на 100 г хлеба | | Степень удовлетворения суточной потребности (пищевая ценность), % | |
|---|---|-----------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| | | Хлеб из пшеничной муки (контроль) | Хлеб «Младость» | Хлеб из пшеничной муки (контроль) | Хлеб «Младость» |
| Белки, г | 75,0 | 8,00 | 9,70 | 10,7 | 12,9 |
| Жиры, г | 83,0 | 0,90 | 1,10 | 1,1 | 1,3 |
| Усвояемые углеводы, г: | 365,0 | 48,30 | 46,30 | 13,2 | 12,7 |
| моно- и дисахариды общие | 65,0 | 2,10 | 2,30 | 3,2 | 3,5 |
| крахмал и декстрины | – | 46,20 | 44,00 | – | – |
| Неусвояемые углеводы (пищевые волокна), г | 30,0 | 3,30 | 5,10 | 11,0 | 17,0 |
| Минеральные вещества, мг: | | | | | |
| калий | 3 500,0 | 133,41 | 184,09 | 3,8 | 5,3 |
| кальций | 1 000,0 | 23,98 | 23,43 | 2,4 | 2,3 |
| магний | 400,0 | 33,23 | 44,38 | 8,3 | 11,1 |
| фосфор | 800,0 | 87,07 | 168,98 | 10,9 | 21,1 |
| железо | 14,0 | 1,58 | 1,76 | 11,3 | 12,6 |
| Витамины, мг: | | | | | |
| тиамин (В ₁) | 1,4 | 0,16 | 0,21 | 11,4 | 15,0 |
| рибофлавин (В ₂) | 1,6 | 0,06 | 0,14 | 3,8 | 8,8 |
| ниацин (РР) | 18,0 | 1,71 | 2,47 | 9,5 | 13,7 |
| токоферол (Е) | 10,0 | 1,37 | 1,93 | 13,7 | 19,3 |
| ретинол (А), мкг | 800,0 | – | 0,69 | – | 0,1 |
| Калорийность, ккал | 2 500,0 | 235,00 | 238,00 | 9,4 | 9,5 |

На рисунке 38 приведено содержание основных пищевых веществ в контрольном образце хлеба из пшеничной муки и хлебе «Младость».

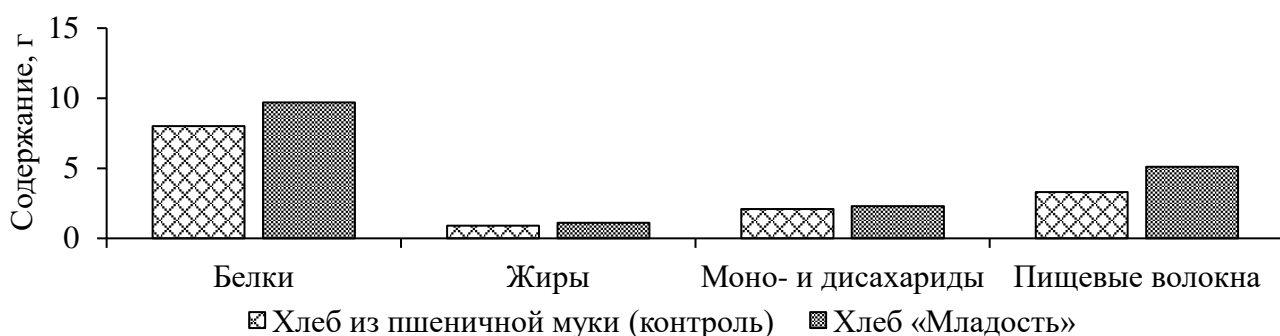


Рисунок 38 – Содержание основных пищевых веществ в контрольном образце хлеба из пшеничной муки и хлебе «Младость»

Установлено, что в хлебе «Младость» по сравнению с контролем увеличивается содержание белков на 21,3 %, жиров – на 22,2 %, моно- и дисахаридов – на 9,5 %, пищевых волокон – на 54,5 %.

На рисунках 39 и 40 показан минеральный и витаминный состав хлеба.

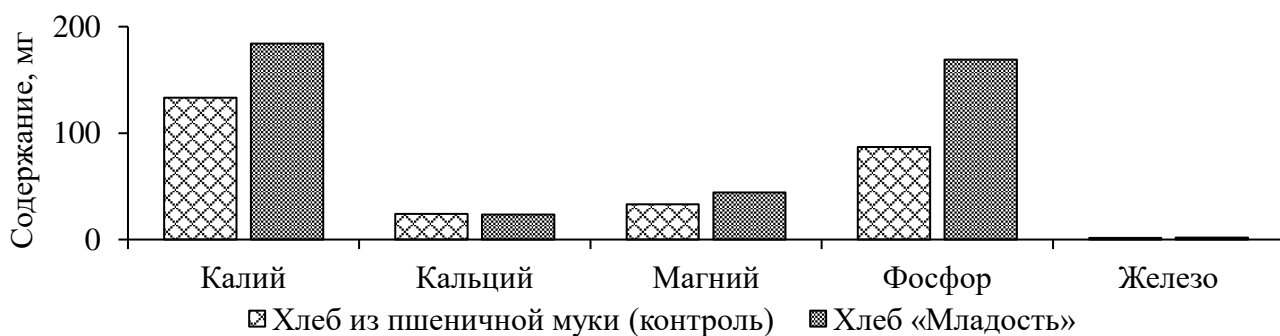


Рисунок 39 – Минеральный состав хлеба

Показано, что за счет использования функционально-технологической добавки в хлебе повышается содержание калия на 38,0 %, магния – на 33,6 %, фосфора – на 94,1 %, железа – на 11,4 % и уменьшается содержание кальция на 2,3 % по сравнению с контролем.

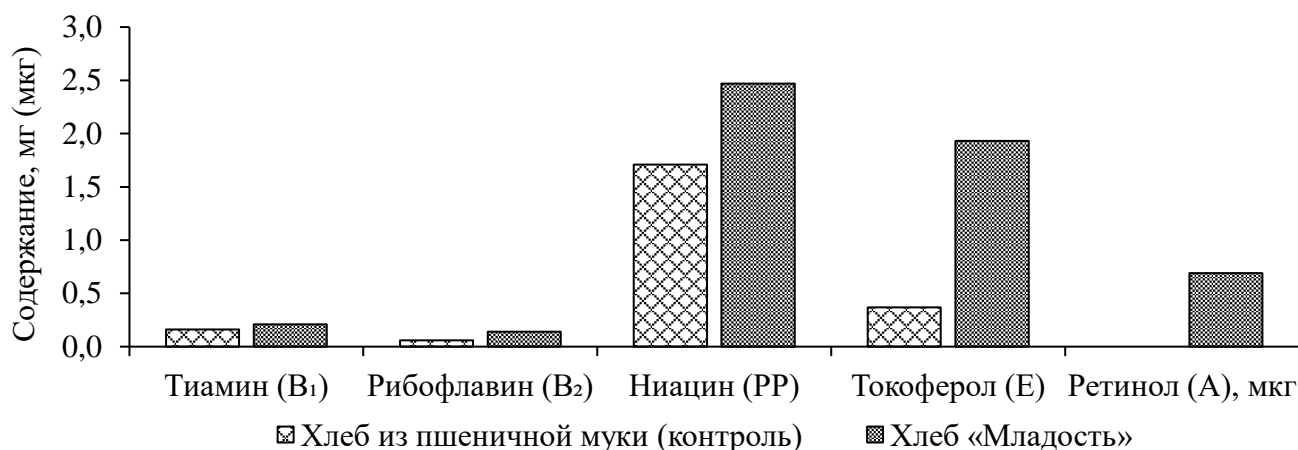


Рисунок 40 – Витаминный состав хлеба

Анализ содержания витаминов в хлебе показал, что при добавлении в рецептуру хлеба функционально-технологической добавки в хлебе «Младость» увеличивается содержание тиамина на 31,3 %, рибофлавина – на 133,3 %, ниацина – на 44,4 %, токоферола – на 40,9 %; кроме того, хлеб обогащается ретинолом.

На рисунке 41 представлена калорийность образцов хлеба. Калорийность хлеба «Младость» на 3 ккал (1,3 %) превышает калорийность контрольного образца.

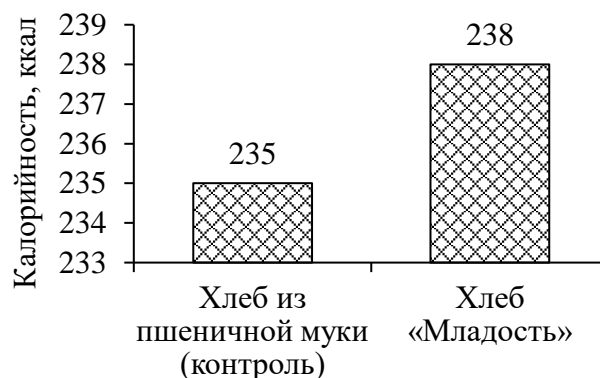


Рисунок 41 – Калорийность хлеба

На основании проведенных исследований разработаны нормативные документы: Технические условия 10.71.11-014-40586197-2022 «Хлеб из пшеничной муки „Младость“», ТИ 10.71.11-014-40586197-2022 «Технологическая инструкция по производству хлеба из пшеничной муки „Младость“» (приложения В, Г).

Готовая продукция апробирована в ООО «Хлебный дом» (г. Верхняя Пышма) и ООО «Вест-Ресторанс» (г. Екатеринбург), что подтверждается актами о промышленной апробации и актами внедрения (приложение Ж).

В таблице 44 представлены химический состав и пищевая ценность печенья.

Таблица 44 – Химический состав и пищевая ценность печенья

| Пищевые вещества | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» (контроль) | | Сдобное печенье «Полезное» | |
|-------------------------------|---|---|------------------------------------|---|
| | Химический состав на 100 г изделия | Степень удовлетворения суточной потребности (пищевая ценность), % | Химический состав на 100 г изделия | Степень удовлетворения суточной потребности (пищевая ценность), % |
| Белки, г | 6,56 | 7,72 | 8,60 | 10,18 |
| Жиры, г | 32,22 | 31,59 | 30,23 | 29,64 |
| Углеводы, г: | | | | |
| усвояемые, в том числе: | 52,94 | 13,86 | 51,05 | 13,36 |
| моно- и дисахариды, крахмал | 15,33 | 20,44 | 13,98 | 18,64 |
| неусвояемые (пищевые волокна) | 0,31 | 0,76 | 1,55 | 3,88 |
| Витамины, мг: | | | | |
| тиамин (В ₁) | 0,09 | 5,29 | 0,13 | 7,65 |
| рибофлавин (В ₂) | 0,08 | 4,00 | 0,14 | 7,00 |
| ниацин (РР) | 0,71 | 3,74 | 2,11 | 11,11 |
| токоферол (Е) | 1,77 | 13,11 | 2,66 | 19,70 |
| ретинол (А), мкг | – | – | 0,62 | 0,1 |

Продолжение таблицы 44

| Пищевые вещества | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» (контроль) | | Сдобное печенье «Полезное» | |
|---------------------------|---|---|------------------------------------|---|
| | Химический состав на 100 г изделия | Степень удовлетворения суточной потребности (пищевая ценность), % | Химический состав на 100 г изделия | Степень удовлетворения суточной потребности (пищевая ценность), % |
| Минеральные вещества, мг: | | | | |
| кальций | 18,83 | 2,35 | 22,98 | 2,87 |
| фосфор | 73,37 | 6,11 | 159,71 | 13,31 |
| железо | 1,41 | 10,07 | 1,70 | 12,14 |
| калий | 115,97 | 3,09 | 180,20 | 4,81 |
| магний | 20,99 | 5,25 | 33,55 | 8,39 |
| Калорийность, ккал | 529,03 | 19,06 | 512,53 | 18,07 |

С введением в рецептуру печенья функционально-технологической добавки, помимо повышения содержания белков и пищевых волокон, значительно увеличивается содержание макро-, микроэлементов и витаминов в печенье. Степень удовлетворения суточной потребности в белках за счет употребления печенья «Полезное» повышается на 31,9 %, в пищевых волокнах – на 410,5 %, в магнии – на 59,8 %, в железе – на 20,6 %, в витамине Е – на 50,3 % по сравнению с контролем.

На рисунке 42 приведено содержание основных пищевых веществ в контрольном образце сдобного печенья «Песочно-шоколадное» и печенье «Полезное».

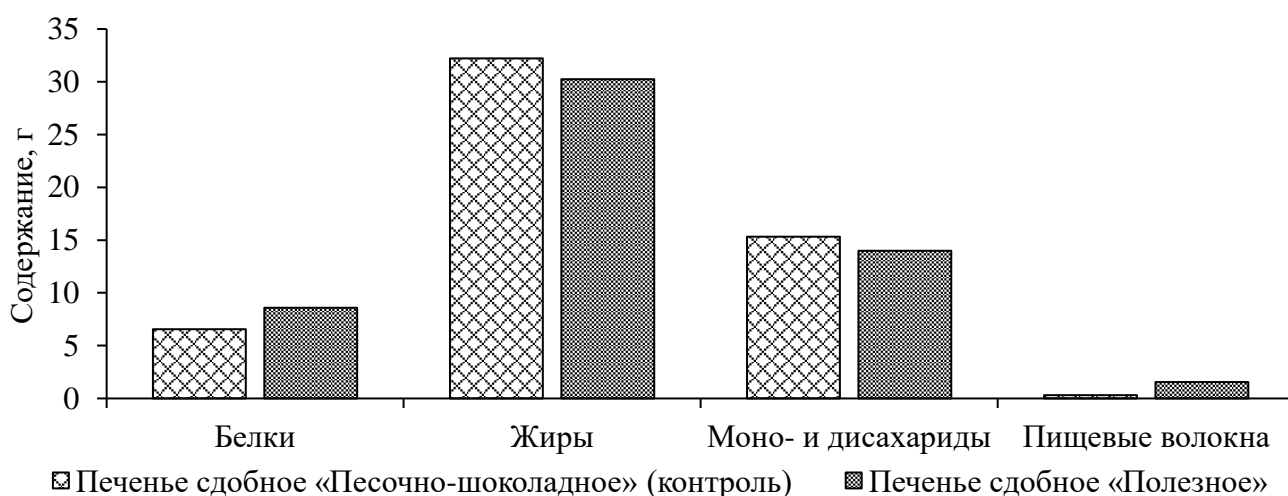


Рисунок 42 – Содержание основных пищевых веществ в контрольном образце сдобного печенья «Песочно-шоколадное» и в сдобном печенье «Полезное»

Установлено, что в печенье «Полезное» по сравнению с контролем увеличивается содержание белков на 31,1 %, пищевых волокон – на 400,0 % и уменьшается содержание жиров – на 6,2 % и моно- и дисахаридов – на 8,8 %.

На рисунках 43 и 44 показан минеральный и витаминный состав печенья.

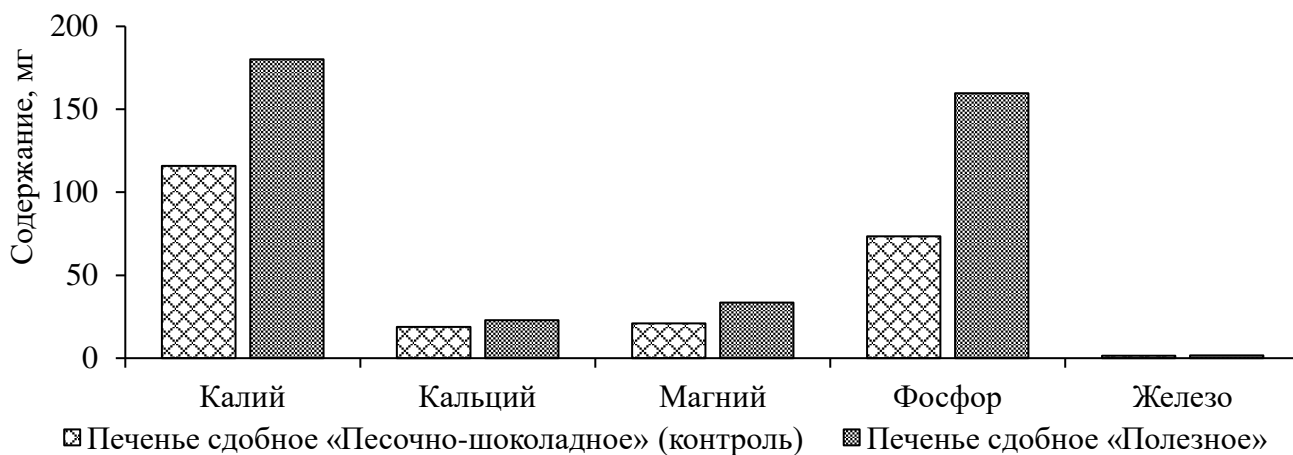


Рисунок 43 – Минеральный состав печенья

Показано, что за счет использования функционально-технологической добавки в печенье повышается содержание калия на 55,4 %, кальция – на 22,0 %, магния – на 59,8 %, фосфора – на 117,7 %, железа – на 20,6 % по сравнению с контролем.

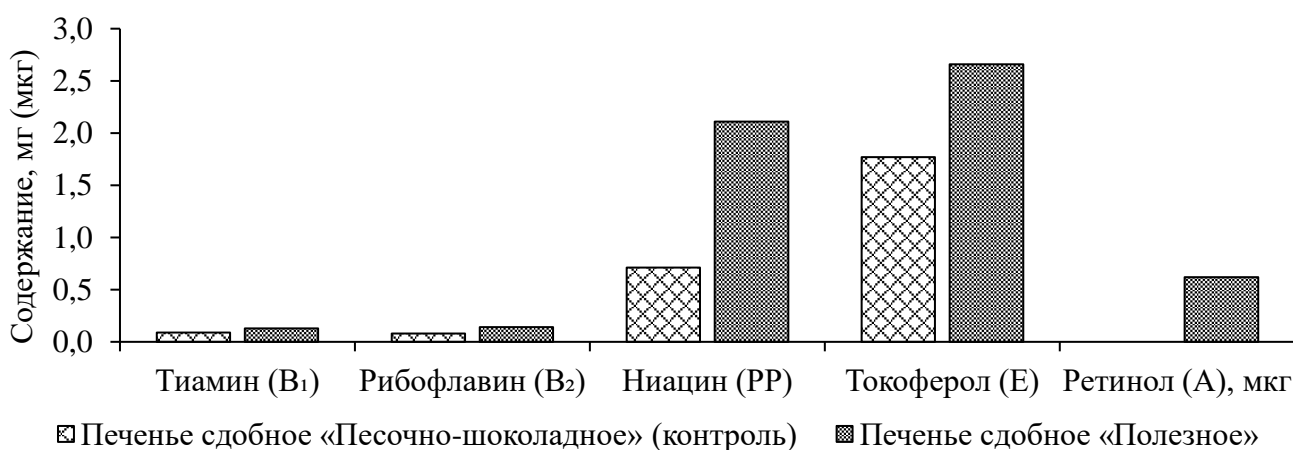


Рисунок 44 – Витаминный состав печенья

Анализ содержания витаминов в печенье показал, что при добавлении в рецептуру печенья функционально-технологической добавки в сдобном печенье «Полезное» увеличивается содержание тиамина на 44,4 %, рибофлавина – на 75,0 %, ниацина – на 197,2 %, токоферола – на 50,3 %, печенье обогащается ретинолом по сравнению с контролем.

На рисунке 45 представлена калорийность печенья.

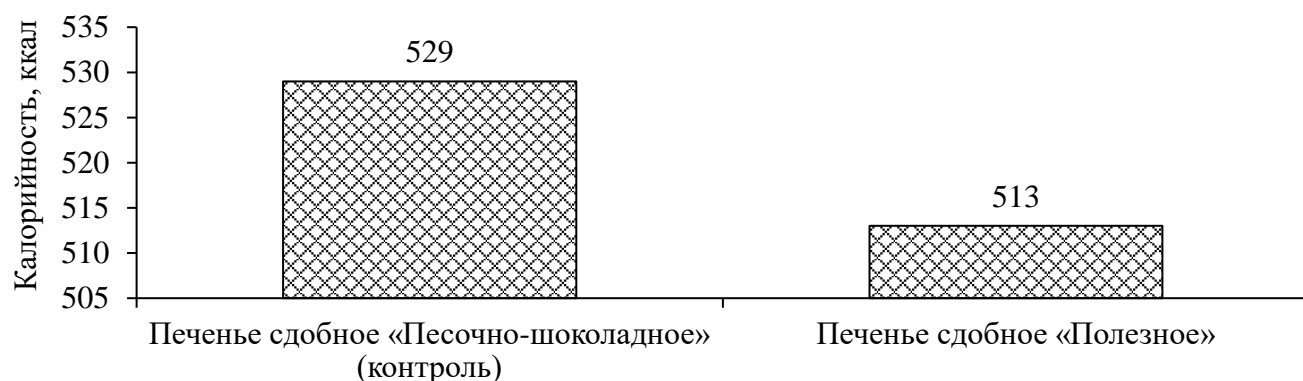


Рисунок 45 – Калорийность печенья

Калорийность печенья «Полезное» отличается на 16 ккал (3,0 %) калорийности контрольного образца.

Результаты исследования аминокислотного состава сдобного печенья представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Содержание аминокислот в образцах сдобного печенья

| Аминокислота | Содержание, мг/100 г | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» | | Сдобное печенье «Полезное» | |
| | мг | % | мг | % |
| Аспарагиновая кислота | 297,36 | 5,58 | 297,36 | 5,22 |
| Треонин | 223,13 | 4,19 | 272,71 | 4,79 |
| Серин | 203,77 | 3,83 | 273,58 | 4,80 |
| Глутаминовая кислота | 1 859,55 | 34,91 | 1 953,88 | 34,30 |
| Пролин | 90,36 | 1,70 | 75,30 | 1,32 |
| Глицин | 312,58 | 5,87 | 291,49 | 5,12 |
| Аланин | 239,58 | 4,50 | 245,03 | 4,30 |

Продолжение таблицы 45

| Аминокислота | Содержание, мг/100 г | | | |
|--------------|---|--------|-------------------------------|--------|
| | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» | | Сдобное печенье «Полезное» | |
| | мг | % | мг | % |
| Валин | 335,74 | 6,30 | 310,87 | 5,46 |
| Цистин | 105,08 | 1,97 | 109,46 | 1,92 |
| Метионин | 78,46 | 1,47 | 101,71 | 1,79 |
| Изолейцин | 236,03 | 4,43 | 258,80 | 4,54 |
| Лейцин | 465,55 | 8,74 | 452,62 | 7,95 |
| Тирозин | 158,58 | 2,98 | 161,51 | 2,84 |
| Фенилаланин | 318,09 | 5,97 | 280,67 | 4,93 |
| Лизин | 98,18 | 1,84 | 187,02 | 3,28 |
| Гистидин | 106,05 | 1,99 | 176,75 | 3,10 |
| Аргинин | 198,00 | 3,72 | 247,50 | 4,34 |
| <i>Итого</i> | 5 326,08 | 100,00 | 5 696,24 | 100,00 |

Показано, что общая сумма аминокислот в сдобном печенье «Песочно-шоколадное» составляет 5 326,08 мг. Суммарное количество аминокислот в сдобном печенье «Полезное» – 5 696,24 мг, что превосходит контроль на 370,16 мг (6,9 %).

На рисунке 46 представлено содержание незаменимых аминокислот в сдобном печенье «Песочно-шоколадное» и в сдобном печенье «Полезное». Из рисунка видно, что по количеству незаменимых аминокислот сдобное печенье «Полезное» превосходит сдобное печенье «Песочно-шоколадное». Содержание треонина увеличилось на 49,58 мг (22,2 %), цистеина – на 4,38 мг (4,2 %), метионина – на 23,25 мг (29,6 %), изолейцина – на 22,77 мг (9,6 %), лизина – на 88,84 мг (90,5 %).

Зависимость функционирования организма от количества незаменимых аминокислот используется при определении биологической ценности белков химическими методами. Наиболее широко используется метод Х. Митчелла и Р. Блока, в соответствии с которым рассчитывается показатель аминокислотного сора (а. с.).

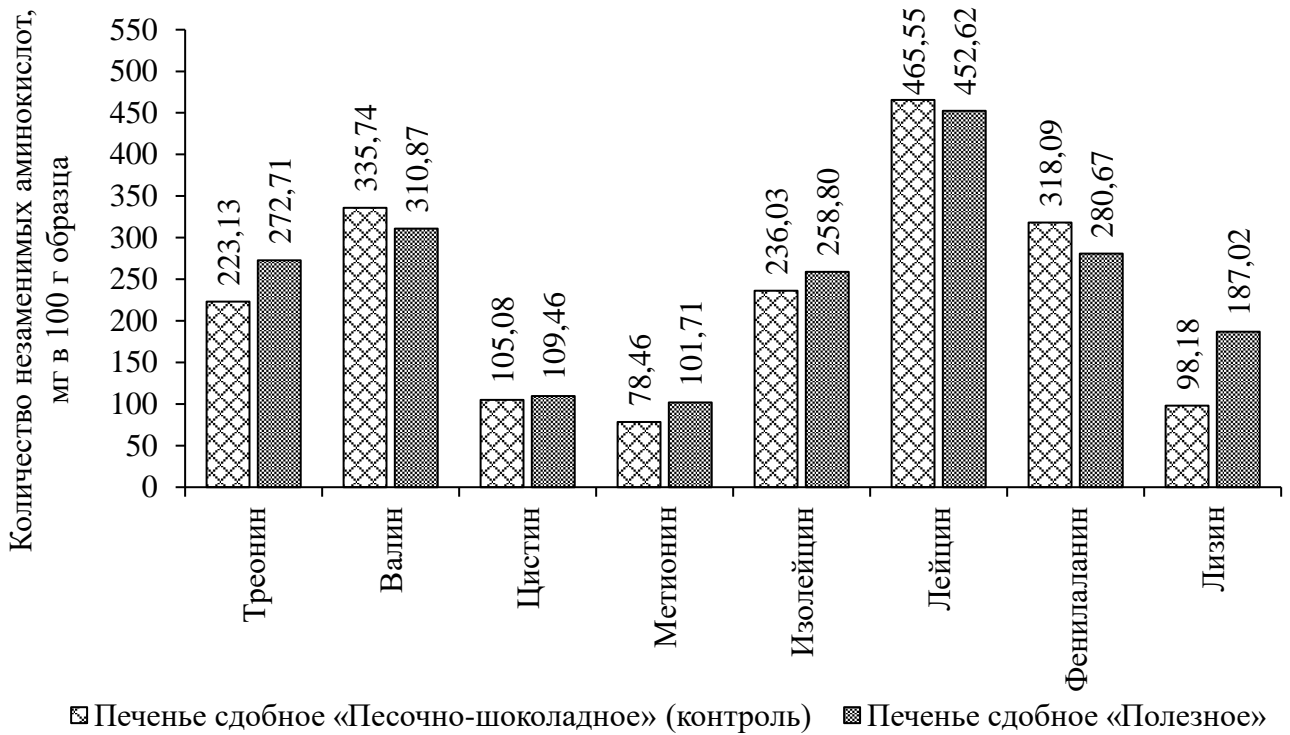


Рисунок 46 – Содержание незаменимых аминокислот в сдобном печенье «Песочно-шоколадное» и в сдобном печенье «Полезное»

Скор выражают в процентах или безразмерной величиной, представляющей собой отношение содержания аминокислоты в исследуемом белке к ее количеству в эталонном белке по формуле

$$A. c. = \frac{B}{\mathcal{E}} \cdot 100, \quad (19)$$

где B – мг аминокислоты в 1 г белка; Э – мг аминокислоты в 1 г эталона.

Аминокислотный состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям организма человека в каждой незаменимой аминокислоте, поэтому его еще называют «идеальным». Данные по содержанию каждой аминокислоты в эталонном белке приведены в таблице 46.

Аминокислота, скор которой имеет самое низкое значение, называется первой лимитирующей аминокислотой. Значение сора этой аминокислоты определяет биологическую ценность и степень усвоения белков [12].

Таблица 46 – Рекомендуемые составы и суточная потребность человека в незаменимых аминокислотах, мг/г белка

| Незаменимая аминокислота | ФАО/ВОЗ (1985 г.) | | | ФАО/ВОЗ (1973 г.), Взрослые | Суточная потребность, мг/кг массы тела |
|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------------------------|--|
| | Дети | | Подростки | | |
| | 2–5 лет | 10–12 лет | | | |
| Изолейцин | 28 | 28 | 13 | 40 | 10 |
| Лейцин | 66 | 44 | 19 | 70 | 14 |
| Лизин | 58 | 44 | 16 | 55 | 12 |
| Метионин + цистин | 25 | 22 | 17 | 35 | 13 |
| Фенилаланин + тирозин | 63 | 22 | 19 | 60 | 14 |
| Треонин | 34 | 28 | 9 | 40 | 7 |
| Триптофан | 11 | 9 | 5 | 10 | 3,5 |
| Валин | 35 | 25 | 13 | 50 | 10 |

Количество каждой аминокислоты в 1 г белка для образцов сдобного печенья представлено в таблице 47.

Таблица 47 – Содержание аминокислот в образцах сдобного печенья

| Аминокислота | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» | | Сдобное печенье «Полезное» | |
|-----------------------|--------------------------------------|------------|----------------------------|------------|
| | мг/100 г печенья | мг/г белка | мг/100 г печенья | мг/г белка |
| Треонин | 223,13 | 34,01 | 272,71 | 26,32 |
| Валин | 335,74 | 51,18 | 310,87 | 30,00 |
| Метионин + цистин | 183,54 | 27,98 | 211,17 | 20,38 |
| Изолейцин | 236,03 | 35,98 | 258,80 | 24,98 |
| Лейцин | 465,55 | 70,97 | 452,62 | 43,69 |
| Фенилаланин + тирозин | 476,67 | 72,66 | 442,18 | 42,68 |
| Лизин | 98,18 | 14,97 | 187,02 | 18,05 |
| Общая сумма | 2 018,84 | 307,75 | 2 135,37 | 206,10 |

По формуле (19) определяем аминокислотный скор по треонину $A. c. \text{треонин}$, %, содержащегося в печенье «Песочно-шоколадное»:

$$A. c. \text{треонин} = \frac{34,01}{40,00} \cdot 100 = 85,03 \%$$

Аналогичным образом можно определить скор для любой аминокислоты. Результаты расчета сведены в таблицу 48.

Таблица 48 – Аминокислотный скор в образцах сдобного печенья

| Аминокислота | Рекомендованная ФАО/ВОЗ норма для взрослых, мг/г белка | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» | | Сдобное печенье «Полезное» | |
|-----------------------|---|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | Содержание, мг/г белка | Амино- кислотный скор, % | Содержание, мг/г белка | Амино- кислотный скор, % |
| Треонин | 40 | 34,01 | 85,03 | 26,32 | 65,80 |
| Валин | 50 | 51,18 | 102,36 | 30,00 | 60,00 |
| Метионин + цистин | 35 | 27,98 | 79,94 | 20,38 | 58,23 |
| Изолейцин | 40 | 35,98 | 89,95 | 24,98 | 62,45 |
| Лейцин | 70 | 70,97 | 101,39 | 43,69 | 62,41 |
| Фенилаланин + тирозин | 60 | 72,66 | 121,10 | 42,68 | 71,13 |
| Лизин | 55 | 14,97 | 27,22 | 18,05 | 32,82 |
| Общая сумма | – | 307,75 | – | 206,10 | – |

На рисунке 47 представлен аминокислотный скор по лизину, который содержится в образцах сдобного печенья.

Таким образом, значение аминокислотного сора по лизину в сдобном печенье «Полезное» на 20,6 % выше по сравнению с контролем, что свидетельствует о более высокой биологической ценности нового изделия.

На основании проведенных исследований разработаны нормативные документы: Технические условия 10.72.12-017-40586197-2022 Печенье сдобное «Полезное», ТИ 10.72.12-017-40586197-2022 Технологическая инструкция по производству печенья сдобного «Полезное» (приложения Д, Е).

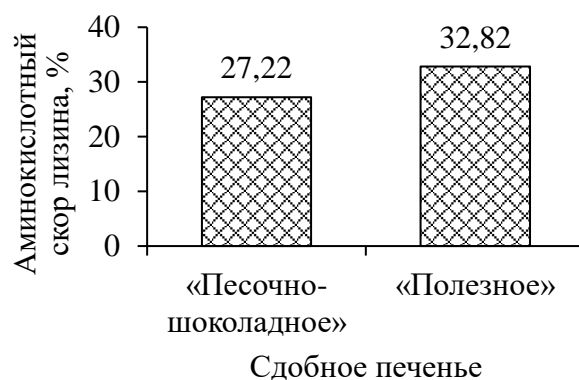


Рисунок 47 – Аминокислотный скор по лизину, содержащемуся в образцах сдобного печенья

**4.4 Расчет технико-экономических показателей
производства хлеба и сдобного печенья
с использованием функционально-технологической добавки**

Расчет стоимости сырья, необходимого на 1 т хлеба, приведен в таблице 49.

Таблица 49 – Расчет стоимости сырья, необходимого на 1 т хлеба

| Наименование сырья | Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг | Цена за 1 кг, р. | Стоимость сырья, р. |
|---|---|------------------|---------------------|
| Хлеб из муки пшеничной первого сорта | | | |
| Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта | 727,27 | 24,00 | 17 454,50 |
| Дрожжи хлебопекарные прессованные | 5,09 | 90,00 | 458,10 |
| Соль поваренная пищевая | 9,45 | 10,50 | 99,20 |
| Итого | – | – | 18 011,80 |
| Хлеб «Младость» | | | |
| Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта | 640,00 | 24,00 | 15 360,00 |
| Дрожжи хлебопекарные прессованные | 5,09 | 90,00 | 458,10 |
| Соль поваренная пищевая | 9,45 | 10,50 | 99,20 |
| Функционально-технологическая добавка | 87,27 | 172,00 | 15 010,4 |
| Итого | – | – | 30 927,3 |

В таблице 50 представлены калькуляция и расчет технико-экономических показателей производства 1 т хлеба.

Таблица 50 – Расчет калькуляции и технико-экономических показателей производства 1 т хлеба

| Статьи калькуляции | Затраты на 1 т готовой продукции, р. | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| | Хлеб из муки пшеничной первого сорта | Хлеб «Младость» |
| Основное и дополнительное сырье | 18 011,80 | 30 927,30 |
| Транспортно-заготовительные расходы | 2 701,80 | 4 639,10 |
| Заработная плата основного персонала | 9 660,00 | 9 660,00 |
| Отчисления на социальное страхование | 2 898,00 | 2 898,00 |

Продолжение таблицы 50

| Статьи калькуляции | Затраты на 1 т готовой продукции, р. | |
|--|--------------------------------------|-----------------|
| | Хлеб из муки пшеничной первого сорта | Хлеб «Младость» |
| Амортизационные издержки | 2 210,00 | 2 210,00 |
| Накладные расходы | 4 052,70 | 5 103,01 |
| Полная себестоимость | 39 534,30 | 55 437,40 |
| Прибыль | 4 744,10 | 6 652,50 |
| Рентабельность, % | 12,00 | 12,00 |
| Отпускная цена 1 ед. изделий (массой 0,6 кг), р. | 26,60 | 33,30 |

Расчет стоимости сырья, необходимого на 1 т печенья, приведен в таблице 51.

Таблица 51 – Расчет стоимости сырья, необходимого на 1 т печенья

| Наименование сырья | Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг | Цена за 1 кг, р. | Стоимость сырья, р. |
|---------------------------------------|---|------------------|---------------------|
| Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 570,98 | 28,00 | 15 987,40 |
| Пудра сахарная | 150,25 | 80,00 | 12 020,00 |
| Масло сливочное | 390,65 | 448,00 | 175 011,20 |
| Пудра ванильная | 3,00 | 380,00 | 1 140,00 |
| Какао-порошок | 30,04 | 485,00 | 14 569,40 |
| Итого | – | – | 218 728,00 |
| Сдобное печенье «Полезное» | | | |
| Мука пшеничная высшего сорта | 540,22 | 28,00 | 15 126,20 |
| Пудра сахарная | 120,83 | 80,00 | 9 666,40 |
| Масло сливочное | 369,70 | 448,00 | 165 625,60 |
| Пудра ванильная | 2,84 | 380,00 | 1 079,20 |
| Какао-порошок | 28,42 | 485,00 | 13 783,70 |
| Функционально-технологическая добавка | 81,04 | 172,00 | 13 938,90 |
| Итого | – | – | 219 220,00 |

В таблице 52 представлены калькуляция и расчет технико-экономических показателей производства 1 т печенья.

Таблица 52 – Расчет калькуляции и технико-экономических показателей производства 1 т печенья

| Статьи калькуляции | Затраты на 1 т готовой продукции, р. | |
|--|---|-------------------------------|
| | Сдобное печенье «Песочно-шоколадное» | Сдобное печенье «Полезное» |
| Основное и дополнительное сырье | 218 728,00 | 219 220,00 |
| Транспортно-заготовительные расходы | 32 809,20 | 32 883,00 |
| Заработная плата основного персонала | 15 120,00 | 15 120,00 |
| Отчисления на социальное страхование | 4 536,00 | 4 536,00 |
| Амортизационные издержки | 3 780,00 | 3 780,00 |
| Накладные расходы | 5 689,00 | 7 023,00 |
| Полная себестоимость | 280 662,20 | 282 562,00 |
| Прибыль | 42 099,30 | 42 384,30 |
| Рентабельность, % | 15,00 | 15,00 |
| Отпускная цена 1 ед. изделий (массой 0,4 кг), р. | 112,30 | 113,00 |

При расчете стоимости сырья для производства хлеба «Младость» установлено ее увеличение на 71,7 % по сравнению со стоимостью сырья для хлеба, приготовленного по традиционной рецептуре. При этом отпускная цена 1 ед. экспериментального хлеба массой 0,6 кг повысилась на 25,2 % (6,7 р.).

Стоимость рецептурных компонентов для приготовления печенья «Полезное» практически одинакова со стоимостью сырья для печенья, приготовленного по традиционной рецептуре. Повышение стоимости сырья по предлагаемой рецептуре составило 0,2 %. Применение функционально-технологической добавки в рецептуре сдобного печенья привело к увеличению отпускной цены 1 ед. изделий массой 0,4 кг на 0,6 % (0,7 р.).

Таким образом, перспектива применения функционально-технологической добавки в производстве хлебобулочных изделий, сдобного печенья заключается в расширении ассортимента обогащенной продукции улучшенного качества. Анализ рыночных цен с учетом наценки аналогичных продуктов питания свидетельствует о конкурентоспособности разрабатываемой продукции.

Заключение

В современных условиях одним из путей интенсификации пищевой промышленности является внедрение новых малоотходных технологий. Это предполагает повышение степени и полноты переработки сельскохозяйственного сырья с более полным извлечением из него полезных компонентов, а также вовлечение в народнохозяйственный оборот отходов производства. Использование вторичных сырьевых ресурсов, получаемых при переработке зерна, является одним из приоритетных направлений развития отрасли, позволяющих максимально вовлечь данные ресурсы в производственный процесс, что в целом будет способствовать сохранению и перспективному улучшению экологической ситуации.

Из анатомических частей зерна наиболее высокой биологической ценностью характеризуется зародыш. Высокое содержание легко усвояемых питательных веществ в зародыше определяет его повышенную калорийность. Особую роль зародыша определяет формирование в нем биологически полноценного белка, содержание незаменимых аминокислот в котором более чем в 2 раза превышает уровень их содержания в муке, образующейся при помоле из эндосперма зерна. Теоретические и экспериментальные исследования подтверждают, что мука из шрота зародышей пшеницы может быть использована в рецептурах хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы:

1. На основании анализа научных данных и анализа современного состояния производства, тенденций развития рынка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий показана необходимость расширения ассортимента за счет внедрения в производство безопасных ресурсосберегающих технологий переработки вторичного зернового сырья, в частности шрота зародышей пшеницы.

2. На основании полученных данных о химическом составе ТМШ показана возможность ее применения в рецептурах и технологии хлебобулочных и мучных

кондитерских изделий в количестве от 6 % до 9 % от массы муки. Внесение ТМШ положительно влияло на процесс брожения дрожжевого теста, его реологические свойства, а также качество готовых изделий. По физико-химическим показателям образцы хлеба с оптимальными дозировками ТМШ отличались большей пористостью, объемом и формоустойчивостью, а образцы печенья имели повышенную намокаемость по сравнению с контрольными и другими образцами. Увеличение дозировки ТМШ сверх оптимального количества приводило к ухудшению органолептических и физико-химических показателей готовых изделий, что объясняется крупностью и неоднородностью помола ТМШ.

3. Установлена целесообразность применения метода сухой механоактивации с использованием дезинтегратора для измельчения ТМШ и получения функционально-технологической добавки на основе ММШ. Установлены оптимальные режимы: частота вращения роторов – 10 500 об/мин, скорость ударов – 175 м/с, продолжительность процесса – 180 с. Установлено, что мука, полученная традиционным способом, имела размеры частиц в диапазоне от 40 до 190 мкм. Размеры частиц после проведения сухой механоактивации находились в пределах от 10 до 80 мкм, при этом содержание частиц в интервале от 40 до 60 мкм составляло 76 % от их общего объема, насыпная плотность 760 кг/м³.

При использовании механоактивации наблюдалось увеличение содержания массовой доли сахаров на 17 %, снижение содержания крахмала на 14,5 % по сравнению с исходной ТМШ.

4. Методом математического моделирования определено рациональное соотношение компонентов в рецептуре функционально-технологической добавки на основе МШЗП: 68,4 % муки из шрота зародышей пшеницы, полученной методом сухой механоактивации, 23,3 % инулина, 8,3 % лецитина.

5. На основании органолептических, физико-химических и микробиологических исследований функционально-технологической добавки в процессе хранения установлены регламентируемые показатели качества и безопасности, в том числе пищевая ценность и срок хранения 12 мес. Установлено, что все исследуемые образцы в соответствии с требованиями ТР ТС 0121/2011 являлись безопасными.

6. Определены параметры приготовления хлеба из пшеничной муки и сдобного печенья с использованием функционально-технологической добавки. Показано, что введение в рецептуру хлеба 12,0 % функционально-технологической добавки от массы муки, а в рецептуру печенья – 15,0 % функционально-технологической добавки к массе муки за счет сухих веществ всего сырья с уменьшением массы сахарной пудры на 15,0 % от рецептурного количества позволило улучшить реологические свойства теста, органолептические и физико-химические показатели качества.

7. На разработанную функционально-технологическую добавку на основе ММШ, а также на хлебобулочные и мучные кондитерские изделия с ее использованием разработана и утверждена техническая документация. Продукция прошла промышленную апробацию и внедрена в производство.

Список литературы

1. Азин, Д. Л. Формирование качества продовольственных товаров, обогащенных местным растительным сырьем : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / Азин Дмитрий Леонидович. – Екатеринбург, 2006. – 334 с.
2. Апет, Т. К. Справочник технолога кондитерского производства : справочник : в 2 ч. / Т. К. Апет, З. Н. Пашук. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2004. – Ч. 1. – 560 с. – ISBN 5-901065-68-9.
3. Архангельская, А. Н. Проблемы рационального питания в РФ / А. Н. Архангельская, А. П. Анищенко, Е. В. Рогозная [и др.] // Университетская медицина Урала. – 2016. – Т. 2, № 1 (4). – С. 6–9. – EDN VSMATJ.
4. Арчинова, Т. Ю. Изучение состава и анализ яичного лецитина химическими и физико-химическими методами / Т. Ю. Арчинова, Т. Ю. Манджиголадзе // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9130&> (дата обращения: 26.01.2022). – EDN RXUSQP.
5. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман ; под общ. ред Л. И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Профессия, 2005. – 416 с. – ISBN 5-93913-032-1.
6. Бабенко, П. П. Полноценная белковая композиция для функционального питания / П. П. Бабенко, А. И. Кремер, И. Б. Немковский // Пиво и напитки. – 2006. – № 2. – С. 52–54.
7. Батурина, Н. А. Современные тенденции развития рынка хлебобулочных изделий / Н. А. Батурина, Ю. И. Лукомская // Научные записки ОрелГИЭТ. – 2012. – № 1 (5). – С. 455–460.
8. Бегеулов, М. Ш. Рационализация питания человека путем расширения ассортимента хлебобулочных изделий / М. Ш. Бегеулов // Хлебопечение России. – 2002. – № 2. – С. 24–25.
9. Бегеулов, М. Ш. Эффективность использования побочных продуктов переработки растительного сырья в хлебопечении / М. Ш. Бегеулов, Е. О. Кармашова

// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 5. – С. 79–94. – EDN THQJXP.

10. Беретарь, С. Т. Влияние вида пектина на реологические свойства песочного теста / С. Т. Беретарь, З. Н. Хатко // Новые технологии. – 2011. – № 4. – С. 14–17. – EDN OOOJOT.

11. Беретарь, С. Т. Реологические свойства пектиносодержащего песочного теста / С. Т. Беретарь // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов : сб. материалов V Всерос. науч.-практ. конф. (Махачкала, 27–28 октября 2015 г.). – Махачкала : АЛЕФ, 2015. – С. 81–83. – EDN VMQJEN.

12. Блок, Р. Аминокислотный состав белков и пищевых продуктов : пер. с англ. / Р. Блок, Д. Боллинг. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1949. – 471 с.

13. Болгова, Д. Ю. Реологические свойства песочного теста / Д. Ю. Болгова, Н. А. Тарасенко, Е. Н. Васильева // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. (Краснодар, 8–19 апреля 2019 г.) : в 2 ч. – Краснодар : ВНИИГТИ, 2019. – Ч. 1. – С. 28–32. – EDN JFPRTB.

14. Бугаец, Н. А. Повышение биологической ценности мучных кондитерских изделий / Н. А. Бугаец, А. Амин, З. Т. Бухтоярова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2001. – № 4 (263). – С. 42–43. – EDN QCPGYB.

15. Василицец, И. М. Соевый белковый изолят в производстве печенья / И. М. Василицец, Е. Н. Моисеева // Кондитерское производство. – 2011. – № 6. – С. 28–30.

16. Васюкова, А. Т. Влияние составных компонентов рецептуры на качество дрожжевого теста / А. Т. Васюкова, Т. С. Жилина, О. А. Хлебникова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 5. – С. 101–114. – EDN RMTWVN.

17. Веселова, А. Ю. Хлебобулочные изделия для диабетического профилактического питания / А. Ю. Веселова, М. Н. Костюченко, Г. Ф. Дремучева // Конди-

терское и хлебопекарное производство. – 2015. – № 10 (161). – С. 25–27. – EDN YWZLAP.

18. Гаппаров, М. Г. Функциональные продукты питания / М. Г. Гаппаров // Пищевая промышленность. – 2010. – № 3. – С. 6–7.

19. ГОСТ 10114-80. Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости. – Москва : Издательство стандартов, 1980. – 2 с.

20. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 9 с.

21. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов // Продукты пищевые, консервы. Методы микробиологического анализа : сб. ГОСТов. – Москва : Стандартинформ, 2010. – С. 311–316.

22. ГОСТ 108-2014. Какао-порошок. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с.

23. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. – Москва : Издательство стандартов, 1999. – 4 с.

24. ГОСТ 1129-2013. Масло подсолнечное. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 16 с.

25. ГОСТ 12576-2014. Сахар. Методы органолептического анализа. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 12 с.

26. ГОСТ 14618.0-78. Масла эфирные, вещества душистые и полупродукты их синтеза. Правила приемки, отбор проб и методы органолептических исследований. – Москва : Издательство стандартов, 1978. – 4 с.

27. ГОСТ 16599-71. Ванилин. Технические условия. – Москва : Издательство стандартов, 1971. – 4 с.

28. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 3 с.

29. ГОСТ 23327-98. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 8 с.
30. ГОСТ 25832-89. Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 14 с.
31. ГОСТ 26176-2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 12 с.
32. ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 17 с.
33. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора // Комбикорма. Ч. 5: Корма. Комбикорма. Комбикормовое сырье. Премиксы. Методы анализа : сб. ГОСТов. – Москва : Издательство стандартов, 2002. – С. 57–68.
34. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 12 с.
35. ГОСТ 27493-87. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 3 с.
36. ГОСТ 27494-2016. Мука и отруби. Метод определения зольности (с изменениями № 1). – Москва : Стандартинформ, 2008. – 9 с.
37. ГОСТ 27495-87. Мука. Метод определения автолитической активности. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 3 с.
38. ГОСТ 27558-87. Мука и отруби. Методы определения цвета, вкуса и хруста (с изменениями № 1). – Москва : Стандартинформ, 2007. – 4 с.
39. ГОСТ 27559-87. Мука и отруби. Метод определения зараженности и загрязненности вредителями хлебных запасов (с изменением № 1). – Москва : Стандартинформ, 2007. – 3 с.
40. ГОСТ 27669-88. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 10 с.

41. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Метод определения количества и качества клейковины. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 17 с.
42. ГОСТ 29033-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 4 с.
43. ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – Москва : Стандартинформ, 2013. – 15 с.
44. ГОСТ 31805-2018. Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 16 с.
45. ГОСТ 31902-2012. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 21 с.
46. ГОСТ 32261-2013 Масло сливочное. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 23 с.
47. ГОСТ 32343-2013. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 14 с.
48. ГОСТ 33222-2015. Сахар белый. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 19 с.
49. ГОСТ 5667-65. Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 4 с.
50. ГОСТ 5668-68. Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 10 с.
51. ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. – Москва : Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
52. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. – Москва : Издательство стандартов, 1997. – 12 с.
53. ГОСТ 5897-90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 6 с.

54. ГОСТ 5898-87. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 9 с.
55. ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 13 с.
56. ГОСТ 5901-2014. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 15 с.
57. ГОСТ 5903-89. Изделия кондитерские. Методы определения сахара. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 23 с.
58. ГОСТ 9404-88. Мука и отруби. Метод определения влажности (с изменениями № 1). – Москва : Стандартиформ, 2007. – 5 с.
59. ГОСТ EN 15505-2013. Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение натрия и магния с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной минерализацией пробы в микроволновой печи. – Москва : Стандартиформ, 2013. – 21 с.
60. ГОСТ ISO 6658-2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. – Москва : Стандартиформ, 2016. – 20 с.
61. ГОСТ Р 51574-2018. Соль пищевая. Общие технические условия. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 11 с.
62. ГОСТ Р 54014-2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 7 с.
63. ГОСТ Р 54642-2011 Сахар. Методы определения влаги и сухих веществ. – Москва : Стандартиформ, 2013. – 8 с.
64. ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. – Москва : Издательство стандартов, 2013. – 13 с.
65. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – Москва : ДеЛи принт, 2005. – 293 с. – ISBN 5-94343-096-2.
66. Гурьева, А. В. Лецитин: свойства и способы получения / А. В. Гурьева // Молодой ученый. – 2021. – № 26 (368). – С. 32–40. – EDN PMKFSC.

67. Давыденко, Н. И. Разработка и исследование показателей качества хлебо-булочных изделий повышенной пищевой ценности / Н. И. Давыденко, О. В. Голуб, Т. Ю. Бурштыкова, Д. А. Сафьянов // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 2 (29). – С. 7–11. – EDN QANQLX.

68. Дзяк, Г. В. Современные представления о биологических свойствах лецитина (лекция для врачей) / Г. В. Дзяк, А. Л. Дроздов, С. М. Шульга [и др.] // Медичні перспективи. – 2010. – Т. 15, № 2. – С. 123–135. – EDN QBXIHJ.

69. Драгилев, А. И. Технология кондитерских изделий / А. И. Драгилев, И. С. Лурье. – Москва : ДеЛи принт, 2001. – 484 с. – ISBN 5-94343-006-7.

70. Духу, Т. М. Потребительские свойства мучных кондитерских изделий, обогащенных функциональными ингредиентами / Т. М. Духу, А. А. Кочеткова, Л. Г. Ипатова, В. П. Изосимов // Пищевая промышленность. – 2003. – № 5. – С. 18–20.

71. Еремина, О. Ю. Формирование и оценка потребительских свойств печенья с добавлением солодовых ростков пшеницы / О. Ю. Еремина, Н. В. Серегина, Е. Ю. Диденко. – DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-2-4 // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 34–42. – EDN YXHFJH.

72. Есембек, М. Ж. Исследование вторичного сырья переработки зерновых культур для использования в производстве хлеба / М. Ж. Есембек, Б. К. Тарабаев, А. М. Омаралиева [и др.]. – DOI 10.48184/2304-568X-2022-1-29-35 // Вестник Алматинского технологического университета. – 2022. – № 1. – С. 29–35.

73. Жаркова, И. М. Лецитины в технологиях продуктов питания : монография / И. М. Жаркова, О. Б. Рудаков, К. К. Полянский, Ю. Ф. Росляков. – Воронеж : ВГУИТ, 2015. – 256 с. – EDN UMYKXF.

74. Захарова, А. С. Полнорецептурные композитные смеси для производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / А. С. Захарова, С. И. Конева // Ползуновский альманах. – 2009. – № 3-2. – С. 28–29. – EDN PASDFD.

75. Зверева, Л. Ф. Технология и технохимический контроль хлебопекарного производства / Л. Ф. Зверева, З. С. Немцова, Н. П. Волкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легкая пищевая промышленность, 1983. – 416 с.

76. Зубкова, Е. В. Хлебобулочные изделия повышенной антиоксидантной активности для профилактического питания / Е. В. Зубкова // Молодежный инновационный вестник. – 2016. – Т. 5, № 1. – С. 430–432. – EDN XCTVEZ.

77. Зубченко, А. В. Технология кондитерского производства / А. В. Зубченко. – 3-е изд. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 1999. – 430 с. – ISBN 5-89448-054-X.

78. Ивкова, И. А. Современные ингредиенты в производстве сдобного печенья / И. А. Ивкова, А. С. Пиляева // Кондитерское производство. – 2012. – № 1. – С. 14–15. – EDN ONQOVB.

79. Ивлева, О. Е. Влияние жмыха плодов облепихи на технологические свойства булки сдобной / О. Е. Ивлева. – DOI 10.23670/IRJ.2020.97.7.025 // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 7-1 (97). – С. 156–159. – EDN QGHSUV.

80. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий : монография / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Ю. В. Гончаров [и др.] ; под ред. С. Я. Корячкиной. – Орел : Госуниверситет-УНПК, 2011. – 265 с. – ISBN 978-5-93932-304-8.

81. Инулин – натуральный пребиотик. – URL: <http://propionix.ru/inulin-obshchie-svedeniya> (дата обращения: 14.12.2021).

82. К оценке качества хлеба // Цена качества : сайт. – URL: <https://цена-качества.ucoz.ru/publ/1-1-0-6> (дата обращения: 15.11.2022).

83. Каминский, В. П. Вторичные зерновые ресурсы, их образование и вовлечение в хозяйственный оборот / В. П. Каминский, Е. Н. Сокол, Л. В. Чиркова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 7. – С. 26–28.

84. Клындюк, А. И. Поверхностные явления и дисперсные системы / А. И. Клындюк. – Минск : БГТУ, 2011. – 317 с. – ISBN 978-985-530-054-1.

85. Ковалева, А. Е. Совершенствование рецептуры и технологии хлеба пшеничного с использованием яблочных выжимок / А. Е. Ковалева, Э. А. Пьяникова, Е. Д. Ткачева. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-2-61-66 // Вестник Воронежского

государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 2 (84). – С. 61–66. – EDN VBVNTA.

86. Копылова, А. В. Разработка рецептуры и технологии маффинов с использованием инулина и черешков сельдерея / А. В. Копылова, А. Н. Сапожников, Н. И. Давыденко. – DOI 10.46548/21vek-2021-1056-0028 // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 4 (56). – С. 138–142. – EDN MKSGXE.

87. Короткова, О. Г. Перспективы развития рынка хлебопекарных смесей Кемеровской области / О. Г. Короткова, О. И. Стабровская, Д. В. Сандрыкин // Приоритетные направления развития современной науки : материалы Междунар. заоч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 3 июля 2010 г.). – Чебоксары : НИИ педагогики и психологии, 2010. – С. 147–150. – EDN UJGХKV.

88. Корячкина, С. Я. Зависимость водопоглотительной способности ржаной и пшеничной муки от степени полимеризации инулина и олигофруктозы / С. Я. Корячкина, Д. К. Ахмедова // Хлебопродукты. – 2012. – № 3. – С. 38–39. – EDN ОРХУАН.

89. Корячкина, С. Я. Методы исследования качества хлебобулочных изделий / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелева. – Орел : ОрелГТУ, 2010. – 166 с.

90. Корячкина, С. Я. Новые сорта диабетического хлеба с нетрадиционными растительными добавками / С. Я. Корячкина, О. Л. Ладнова // Хлебопечение России – 2016. – № 3. – С. 8–9.

91. Корячкина, С. Я. Обоснование применения нетрадиционного растительного сырья в технологии хлебобулочных изделий / С. Я. Корячкина, В. П. Корячкин, А. В. Микаелян // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Краснодар, 14–16 сентября 2017 г.). – Краснодар : КубГТУ, 2017. – С. 205–211. – EDN ZOAGLX.

92. Кричман, Е. С. Функциональные ингредиенты для пищевых продуктов / Е. С. Кричман // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2002. – № 2. – С. 62–63.

93. Кузьмина, С. С. Влияние механоактивации на технологические свойства муки / С. С. Кузьмина, Л. А. Козубаева, Д. Н. Протопопов // Ползуновский вестник. – 2017. – № 2. – С. 41–44. – EDN ZDDVYN.

94. Кузьмина, С. С. Методы исследования свойств сырья и готовой продукции. Часть 1 / С. С. Кузьмина, А. С. Захарова. – Барнаул : АлтГТУ, 2008. – 103 с.

95. Лаврова, Л. Ю. Механоактивированные органопоорошки из вторичных зерновых ресурсов и их использование в производстве продуктов питания / Л. Ю. Лаврова // Индустрия питания. – 2016. – № 1. – С. 37–43. – EDN YHWOSJ.

96. Лаврова, Л. Ю. Получение пищевого порошкообразного ингредиента из вторичных зерновых ресурсов / Л. Ю. Лаврова, С. А. Ермаков, П. М. Крупчик // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. – 2023. – № 1 (17). – С. 28–34.

97. Лесникова, Н. А. Влияние механоактивированной муки зародышей пшеницы на качество хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки / Н. А. Лесникова, Л. Ю. Лаврова, Е. Л. Борцова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – № 5 (28). – С. 42–47. – EDN SYDQSZ.

98. Лесникова, Н. А. Использование муки зародышей пшеницы в производстве хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки / Н. А. Лесникова, Т. В. Котова. – DOI 10.46548/21vek-2020-0952-0014 // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9, № 3 (51). – С. 86–90. – EDN ZSVCQV.

99. Лукин, А. А. Разработка технологии производства хлебобулочного изделия с использованием муки из пророщенного зерна пшеницы / А. А. Лукин, С. П. Меренкова. – DOI 10.14529/food160301 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 5–12. – EDN WLVKLJ.

100. Манжесов, В. И. Продукты переработки семян рапса в производстве мучных кондитерских изделий / В. И. Манжесов, С. В. Трухман, Е. Е. Курчаева // Кондитерское производство. – 2010. – № 6. – С. 9–10. – EDN NDXGLD.

101. Матвеева, И. В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий / И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2001. – 114 с.

102. Матвеева, Т. Влияние нетрадиционных видов муки на качество песочного теста и готовых изделий / Т. Матвеева, С. Корячкина, В. Корячкин // Хлебопродукты. – 2008. – № 9. – С. 52–54. – EDN JULZYZ.

103. Матвеева, Т. В. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий : монография / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина. – Орел : Госуниверситет-УНПК, 2012. – 947 с. – ISBN 978-5-93932-457-1.

104. Моргун, В. А. Технологии отбора пшеничного зародыша на мукомольных заводах / В. А. Моргун, Д. А. Жигунов // АПК-Информ : сайт. – 2001. – URL: <https://www.fruit-inform.com/ru/technology/processing/6441#.Y5qrHx5ByUk> (дата обращения: 04.08.2022).

105. Науменко, Н. В. Влияние активированной воды на формирование качества и сохраняемость хлеба из пшеничной муки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Науменко Наталья Владимировна. – Санкт-Петербург, 2007. – 172 с. – EDN NOOFNB.

106. Нилова, Л. П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров / Л. П. Нилова. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. – 410 с. – ISBN 5-901065-88-3.

107. О безопасности пищевой продукции : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011: принят решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 (ред. от 14.07.2021).

108. Олейник, С. Г. Опыт и перспективы использования продуктов переработки зародышей зерновых культур в технологии хлеба повышенной пищевой ценности / С. Г. Олейник, О. В. Самохвалова, Г. В. Степанькова, Н. В. Лапицкая // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 23–24 марта 2017 г.). – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 131–133.

109. Олейникова, А. Я. Практикум по технологии кондитерских изделий / А. Я. Олейникова, Г. О. Магомедов, Т. Н. Мирошникова. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. – 457 с. – ISBN 5-901065-75-1.

110. Ошкордин, О. В. Использование органических полимеров в технологических процессах пищевых производств / О. В. Ошкордин, Л. Ю. Лаврова, Г. А. Усов // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2010. – № 4 (30). – С. 158–164. – EDN NGBCYD.

111. Патент № 2039604 Российская Федерация, МКИ В02В 3/00. Способ получения пшеничного зародыша при переработке зерна в муку : № 93012476/13 ; заявл. 09.03.1993 : опубл. 20.07.1995 / Б. М. Максимчук, С. Б. Коломенский.

112. Патент № 2244427 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Улучшитель для мучных кондитерских изделий : № 2003108146/13 : заявл. 24.03.2003 : опубл. 20.01.2005 / В. Н. Красильников, В. М. Диденко, Н. А. Леонтьева [и др.]. – EDN НХМКМТ.

113. Патент № 2519823 Российская Федерация, МПК А23L 1/20, А23L 1/308. Способ получения пищевых волокон из створок зеленого гороха : № 2012155537 : заявл. 21.12.2012 : опубл. 20.06.2014 / А. С. Джабоева, Д. Р. Созаева, Г. А. Купин [и др.].

114. Патент № 2716118 Российская Федерация, МПК А21D 2/36. Мучная смесь для производства хлеба : № 2018147761 : заявл. 29.12.2018 : опубл. 05.03.2020 / М. А. Янова, Н. В. Присухина, Е. Н. Олейникова.

115. Пашук, З. Н. Технология производства хлебобулочных изделий : справочник / З. Н. Пашук, Т. К. Апет, И. И. Апет. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2009. – 396 с. – ISBN 978-5-98879-065-5.

116. Пащенко, Л. П. Повышение пищевой ценности сдобного печенья / Л. П. Пащенко, И. А. Никитин, Я. Ю. Кобцева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 4. – С. 56–57.

117. Перспективы создания и применения готовых мучных смесей для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. – URL: <https://alternativa-sar.ru/tehnologu/k/koryachkina-tekhnologii-khlebobulochnykh-izdelij/2852-glava-6->

perspektivy-sozdaniya-i-primeneniya-gotovykh-muchnykh-smesej-dlya-muchnykh-konditerskikh-khlebobulochnykh-i-konditerskikh-izdelij-6-1-perspektivy-sozdaniya-i-primeneniya-gotovykh-muchnykh-smesej-dlya-khlebobulochnykh-i-muchnykh-konditerskikh-i-izdelij (дата обращения: 18.01.2023).

118. Першакова, Т. В. Формирование потребительских свойств хлебобулочных изделий с использованием препаратов микробного и растительного происхождения : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / Першакова Татьяна Викторовна. – Москва, 2012. – 442 с. – EDN QFNNSJ.

119. Першина, С. В. Весовое дозирование зернистых материалов / С. В. Першина, А. В. Каталымов, В. Г. Однолько, В. Ф. Першин. – Москва : Машиностроение, 2009. – 260 с.

120. Пищевая химия / под ред. А. П. Нечаева. – 4-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2007. – 635 с. – ISBN 5-98879-011-9.

121. Пищевые добавки : энциклопедия / авт.-сост. Л. А. Сарафанова. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2004. – 790 с. – ISBN 5-901065-79-4.

122. Платонов, В. Г. Рынок функциональных пищевых продуктов / В. Г. Платонов, Н. В. Чернов // Scientific journal of OrelSIET. – 2019. – № 2 (30). – С. 21–24.

123. Полищук, Г. Е. Изучение различных способов обработки зародышей пшеницы для повышения их структурирующей способности / Г. Е. Полищук, В. В. Мартич // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 2 (29). – С. 52–57. – EDN QANQPT.

124. Пономарева, Е. И. Влияние продуктов переработки зародышей пшеницы на показатели качества зернового хлеба / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Бакаева // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 3. – С. 106–109. – EDN SXDLGD.

125. Пономарева, Е. И. Мука из жмыха зародышей пшеницы – перспективное сырье для производства хлебобулочных изделий / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Бакаева, И. С. Быковская // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3–4. – С. 397. – EDN TNBXOT.

126. Пономарева, Е. И. Научные и практические основы технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием сбивных полу-

фабрикатов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / Пономарева Елена Ивановна. – Воронеж, 2009. – 423 с.

127. Пономарева, Е. И. Хлебобулочные изделия для профилактического питания из смеси ржаной и пшеничной муки / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, Л. В. Логунова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы IX Междунар. симпозиума (Пушино, 14–18 июня 2011 г.) : в 3 т. Том 3. – Пушино : РУДН, 2011. – Т. 3. – С. 198–200. – EDN TTCAQN.

128. Попов, А. М. Управление составом и свойствами влажных дисперсных систем / А. М. Попов, А. М. Сорочкин, А. А. Сарафанов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 3 (22). – С. 92–96. – EDN TFCZML.

129. Пулатова, С. Г. К вопросу о применении пряно-ароматического сырья как источника антиоксидантов в производстве хлебобулочных изделий / С. Г. Пулатова, Н. И. Давыденко // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 2-2 (50). – С. 171–173. – EDN SKUNGU.

130. Пучкова, Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть I. Технология хлеба / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. – 559 с. – ISBN 5-901065-83-2.

131. Пучкова, Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. – 557 с. – ISBN 5-901065-83-2.

132. Пушмина, В. В. Обоснование выбора растительного сырья и форм его переработки для обогащения пищевых продуктов / В. В. Пушмина, И. Н. Пушмина, Г. Г. Первышина, Л. М. Захарова. – DOI 10.24866/2311-2271/2017-3/137-149 // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2017. – № 3 (83). – С. 137–149. – EDN ZRJGPH.

133. Резниченко, И. Ю. Формирование ассортимента мучных кондитерских изделий функциональной направленности / И. Ю. Резниченко, Т. В. Рензяева, А. Н. Табаторович [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 2 (45). – С. 149–162. – EDN ZCOQLB.

134. Рензьева, Т. В. Технология производства печенья с жидкими растительными маслами / Т. В. Рензьева, Е. В. Дмитриева, А. Д. Мерман // Кондитерское производство. – 2012. – № 1. – С. 16–19. – EDN ONQOVL.

135. Родионова, Н. С. Разработка растительной комплексной пищевой системы на основе продуктов переработки зародышей пшеницы сбалансированного жирнокислотного состава / Н. С. Родионова, Т. В. Алексеева, Н. Н. Попова [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-8. – С. 1594–1597. – EDN RVFEWF.

136. Росляков, Ю. Ф. Научные основы разработки хлебобулочных изделий функционального назначения / Ю. Ф. Росляков, О. Л. Вершинина, В. В. Гончар // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2009. – № 8 (95). – С. 34–35. – EDN VLXRKH.

137. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – Москва : Брандес : Медицина, 1998. – 341 с. – ISBN 5-225-02777-6.

138. Рыбаков, Ю. С. Использование механоактивации зародышей пшеницы в производстве хлебобулочных изделий / Ю. С. Рыбаков, Н. А. Лесникова, Л. Ю. Лаврова [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 4 (122). – С. 50–53. – EDN STILHL.

139. Рыбаков, Ю. С. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий за счет использования вторичных сырьевых ресурсов / Ю. С. Рыбаков, Л. Ю. Лаврова, Е. Л. Борцова, Н. А. Лесникова // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 7 (149). – С. 51–56. – EDN WXAZVN.

140. Рязанова, О. А. Использование местного растительного сырья в производстве обогащенных продуктов / О. А. Рязанова, О. Д. Кириличева // Пищевая промышленность. – 2005. – № 6. – С. 72–73.

141. Саломатов, А. С. О применении β -глюкана в технологии продуктов питания / А. С. Саломатов // Наука ЮУрГУ : материалы 67-й Науч. конф. (Челябинск, 14–17 апреля 2015 г.). – Челябинск : ЮУрГУ, 2015. – С. 580–584. – EDN VTLJZJ.

142. СанПиН 2.3.4.545-96. Предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности. Производство хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий. Санитарные правила и нормы : утверждены постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 25 сентября 1996 г. № 20).

143. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия : утвержден Гл. упр. хлебопекар. и макарон. пром-сти М-ва хлебопродуктов СССР 23.01.1986. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 71 с.

144. Сборник технических нормативов – Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для питания школьников / под ред. М. П. Могильного. – Москва : ДеЛи принт, 2005. – 628 с.

145. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий : утвержден Министерством хлебопродуктов СССР 07.07.1988. – Москва : Прейскурантиздат, 1989. – 493 с.

146. Святкина, Л. И. Ассортимент и полезные свойства новых сортов хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания / Л. И. Святкина, А. Н. Дейкун // Междисциплинарная интеграция как двигатель научного прогресса : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 5 июня 2020 г.). – Новосибирск : СибУПК, 2020. – Ч. 1. – С. 246–251. – EDN OODIDA.

147. Синьков, А. А. Разработка технологии и товароведная характеристика продуктов на основе селенсодержащей пшеницы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Синьков Александр Алексеевич. – Кемерово, 2012. – 173 с.

148. Синявская, А. Ю. На кондитерском фронте без перемен / А. Ю. Синявская // Кондитерское производство. – 2005. – № 2. – С. 25–27.

149. Скобельская, З. Сдобное печенье функционального назначения [с добавкой пищевых волокон] / З. Скобельская, Л. Янина, М. Рафаелян // Хлебопродукты. – 2005. – № 4. – С. 46–47.

150. Скобельская, З. Г. Песочное печенье, обогащенное пищевыми волокнами «Витацель» / З. Г. Скобельская, Л. Н. Сидорова, В. В. Прянишников, Е. В. Гунар // Кондитерское производство. – 2006. – № 2. – С. 26–27.

151. Скорик, А. В. Здоровье нации: значение производства функциональных и лечебно-профилактических хлебобулочных изделий / А. В. Скорик // Индустрия хлебопечения. – 2012. – № 2. – С. 27–30.

152. Стратегия повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 г. : утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р. – URL: <http://government.ru/docs/all/107508/> (дата обращения: 15.12.2021).

153. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 г. : проект. – URL: <https://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2019/11/proekt-strategyy-razvytyja-pyschevoj-y-pererabatyvajuschej-promyshlennosti-rf.pdf> (дата обращения: 15.12.2021).

154. Стратегия формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года : утверждена приказом Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8.

155. Тарутин, П. П. Подготовка пшеницы к помолу / П. П. Тарутин. – Москва ; Ленинград : Снабтехиздат, 1932. – 32 с.

156. Тарутин, П. П. Поливитаминные продукты из зародышей пшеницы и ржи / П. П. Тарутин // Заготовитель. – 1941. – № 25. – С. 21–26.

157. Татьянченко, А. Кондитерский рынок России: факторы роста, тенденции и перспективы / А. Татьянченко // Кондитерское производство. – 2003. – № 3. – С. 4–7. – EDN PNHRTD.

158. Технохимический контроль хлебопекарного производства / И. Н. Маслов, К. Н. Чижова, Т. И. Шкваркина [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Пищепромиздат, 1960. – 360 с.

159. Технохимический контроль хлебопекарного производства : методические указания к выполнению практических и лабораторных работ по курсу «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» / сост. А. М. Охинова. – Улан-Удэ : ВСГТУ, 2005. – 92 с.

160. Тихонов, С. Л. Безотходная мембранная технология переработки молочной сыворотки / С. Л. Тихонов, В. А. Лазарев, А. А. Муратов // Индустрия питания. – 2017. – № 1 (2). – С. 60–71. – EDN ZMWCHV.

161. Тошев, А. Д. Больше внимания разработке продуктов функционального назначения / А. Д. Тошев, О. В. Чайка // Кондитерское производство. – 2004. – № 4. – С. 38.

162. Тутельян, В. А. Роль пищевых волокон / В. А. Тутельян // Пищевая промышленность. – 2012. – № 7. – С. 46–48.

163. Тюрина, И. А. Мучная композитная смесь для производства хлебобулочных изделий для детского питания / И. А. Тюрина, Е. В. Невская, А. Е. Борисова, И. П. Пешкина. – DOI 10.21323/2071-2499-2020-5S-356-360 // Все о мясе. – 2020. – № 5S. – С. 356–360. – EDN AQDBRQ.

164. Федорова, Р. А. Изучение влияния белоксодержащей добавки на качество пшеничного хлеба из муки с пониженными хлебопекарными свойствами / Р. А. Федорова, В. М. Пономаренко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. – № 37. – С. 40–43. – EDN UXWKRH.

165. Федорова, Р. А. Исследование влияния добавок функционального назначения на качество кондитерских изделий / Р. А. Федорова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 41. – С. 52–56. – EDN VVCVYZ.

166. Федорова, Р. А. Исследование возможности снижения стресса путем введения в хлеб новых пищевых добавок / Р. А. Федорова, И. Е. Кострова // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. – 2008. – № 2. – С. 19–20. – EDN KGMOGB.

167. Федорова, Р. А. Перспективы использования дикорастущего растительного сырья в производстве функциональных кондитерских изделий / Р. А. Федорова, В. С. Волков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 43. – С. 49–52. – EDN WYCZXX.

168. Федорова, Р. А. Применение функциональных добавок и нетрадиционных видов сырья в хлебопекарной промышленности / Р. А. Федорова, В. М. Поно-

маренко // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 1. – С. 209–217. – EDN NDKBYD.

169. Федорова, Р. А. Разработка технологии хлеба с пряными травами / Р. А. Федорова, Г. А. Махаева // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов (Санкт-Петербург – Пушкин, 31 марта – 1 апреля 2016 г.). – Санкт-Петербург ; Пушкин : СПбГАУ, 2016. – С. 229–231. – EDN WHCMSE.

170. Химический состав пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1987. – Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро-и микроэлементов, органических кислот и углеводов. – 358 с.

171. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – Москва : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

172. Цапалова, И. Э. Повышение биологической ценности хлеба путем биоактивации зерна пшеницы / И. Э. Цапалова, О. М. Сотникова // Пищевая промышленность. – 1999. – № 6. – С. 26–27.

173. Цыганова, Т. Б. Соевые продукты в производстве овсяного печенья / Т. Б. Цыганова, Н. С. Конотоп, Г. В. Поснова // Кондитерское производство. – 2004. – № 1. – С. 11. – EDN VKKXOV.

174. Чистяков, А. М. Формирование потребительских свойств обогащенного печенья с учетом требований ХАССП : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Чистяков Андрей Михайлович. – Кемерово, 2022. – 137 с.

175. Шахрай, Т. А. Основные тенденции развития рынка функциональных хлебобулочных изделий / Т. А. Шахрай, О. В. Воробьева, Е. П. Викторова. – DOI 10.47370/2072-0920-2021-17-3-51-58 // Новые технологии. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 51–58.

176. Шелепина, Н. В. Использование продуктов переработки зерна гороха в пищевых технологиях / Н. В. Шелепина. – DOI 10.21285/2227-2925-2016-6-4-110-

118 // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – Т. 6, № 4 (19). – С. 110–118. – EDN XHYJGP.

177. Школьников, М. Н. Разработка классификации функциональных пищевых ингредиентов растительного происхождения / М. Н. Школьников, Е. В. Аверьянова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9 (132). – С. 85–92. – EDN ZITVLZ.

178. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий: качество и безопасность / ред. В. М. Позняковский. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2009. – 288 с. – ISBN 978-5-379-01223-6.

179. Яковлева, О. И. Биохимические особенности продуктов переработки зерна. Отруби / О. И. Яковлева, Р. А. Федорова // Вестник Студенческого научного общества. 2018. – № 9 (1). – С. 259–261. – EDN URLFFE.

180. Янова, М. А. Модификация компонентов рецептурного состава хлебобулочных изделий с применением текстурированных смесей / М. А. Янова, Н. В. Присухина, Е. В. Мельникова. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-2-117-125 // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 2 (155). – С. 117–125. – EDN QEWRQN.

181. Янова, М. А. Применение текстурированных мучных продуктов в производстве сахарного печенья / М. А. Янова, Н. В. Присухина, Ю. Ф. Росляков // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Краснодар, 16–18 сентября 2021 г.). – Краснодар : КубГТУ, 2021. – С. 142–147. – EDN RSDCQK.

182. AACC Approved Methods of Analysis, 11th edition / Cereals & Grains Association (AACC). – URL: <http://methods.aaccnet.org/default.aspx> (дата обращения: 18.01.2022).

183. Al-Marazeeq, K. M. Chemical characteristic and sensory evaluation of biscuit enriched with wheat germ and the effect of storage time on the sensory properties for this product / K. M. Al-Marazeeq, M. M. Angor. – DOI 10.4236/fns.2017.82012 // Food and Nutrition Sciences. – 2017. – Vol. 8, iss. 2. – P. 189–195.

184. Boros, D. Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosans content in rye / D. Boros, R. R. Marquardt, B. A. Slominski, W. Guenter // Cereal chemistry. – 1993. – Vol. 70. – P. 575–580.

185. Boukid, F. A compendium of wheat germ: separation, stabilization and food applications / F. Boukid, S. Folloni, R. Ranieri, E. Vittadini. – DOI 10.1016/j.tifs.2018.06.001 // Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 78. – P. 120–133.

186. Comino, E. Do-it-yourself approach applied to the valorisation of a wheat milling industry's by-product for producing bio-based material / E. Comino, L. Dominici, D. Perozzi // Journal of cleaner production. – 2021. – Vol. 318. – Art. no. 128267.

187. Díaz, L. An international regulatory review of food healthrelated claims in functional food products labeling / L. Díaz, V. Fernández-Ruiz, M. Cámara // Journal of functional foods. – 2020. – № 68. – Art. no. 103896.

188. Ghafoor, K. Nutritional composition, extraction, and utilization of wheat germ oil: a review / K. Ghafoor, M. M. Özcan, F. Al-Juhaimi [et al.]. – DOI 10.1002/ejlt.201600160 // European journal of lipid science and technology. – 2017. – Vol. 119, iss. 7. – Art. no. 1600160.

189. Gili, R. D. Wheat germ stabilization by infrared radiation / R. D. Gili, P. M. Palavecino, M. Cecilia Penci [et al.]. – DOI 10.1007/s13197-016-2437-z // Journal of Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 54, iss. 1. – P. 71–81.

190. Golik, V. I. Impact of duration of mechanochemical activation on enhancement of zinc leaching from polymetallic ore tailings / V. I. Golik, Y. V. Dmitrak, V. S. Brigida. – DOI 10.33271/NVNGU/2020-5/047 // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2020. – Vol. 2020. – No 5. – P. 47–54. – EDN VHGVTM.

191. Gurinovich, G. V. Effect of wheat germ on the functional properties and oxidation stability of ground meat systems / G. V. Gurinovich, I. S. Patrakova // Foods and Raw Materials. – 2013. – Vol. 1, iss. 1. – P. 3–10.

192. Han, Y. Changes in the productive efficiency of U.S. flour mills in the late nineteenth century: an input-distance-function approach / Y. Han, A. Snow, R. S. Warren // Journal of Productivity Analysis. – 2021. – Vol. 56, iss. 2–3. – P. 115–132.

193. Karami, Z. Identification and synthesis of multifunctional peptides from wheat germ hydrolysate fractions obtained by proteinase K digestion / Z. Karami, S. H. Peighambaroust, J. Hesari [et al.]. – DOI 10.1111/jfbc.12800 // Journal of Food Biochemistry. – 2019. – Vol. 43, iss. 4.

194. Lesnikova, N. Mechanical activation in utilising milling byproducts: a way to improve effectiveness / N. Lesnikova, O. Chugunova, V. Lapina [et al.]. – DOI 10.1051/e3sconf/202129607012 // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 296. – Art. no. 07012.

195. Lesnikova, N. A. Utilizzando generi non convenzionali di materie prime vegetali di prodotti da forno e pasticceria / N. A. Lesnikova, L. Yu. Lavrova, E. L. Bortsova // Italian science review. – 2015. – Vol. 11, iss. 32. – P. 47–49. – URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2015/november/Lesnikova.pdf> (датаобращения: 01.12.2022).

196. Liu, B. Ball-milling changed the physicochemical properties of SPI and its cold-set gels / Bohui Liu, Hui Wang, Tan Hu [et al.] // Journal of food engineering. – 2017. – Vol. 195. – P. 158–165.

197. Liu, F. Effect of fermentation on the peptide content, phenolics and antioxidant activity of defatted wheat germ / F. Liu, Z. Chen, J. Shao [et al.]. – DOI 10.1016/j.fbio.2017.10.002 // Food Bioscience. – 2017. – Vol. 20. – P. 141–148.

198. Liu, X. Influence of coupling modification on the properties of wood flour/PLA composites / X. Liu, S. Lu, H. Tan [et al.] // Cailiao Daobao/Materials Review. – 2016. – Vol. 30, iss. 9. – P. 56–59.

199. Luo, S. The quality of gluten-free bread made of brown rice flour prepared by low temperature impact mill / S. Luo, X. Yan, Y. Fu [et al.] // Food chemistry. – 2021. – Vol. 348. – Art. no. 129032.

200. Majzoobi, M. Properties of dough and flat bread containing wheat germ / M. Majzoobi, S. Farhoodi, A. Farahnaky, M. J. Taghipour // Journal of agricultural science and technology. – 2012. – Vol. 14, iss. 5. – P. 1053–1065.

201. Marti, A. Wheat germ stabilization by heat-treatment or sourdough fermentation: effects on dough rheology and bread properties / A. Marti, L. Torri, M. C. Casiraghi [et al.]. – DOI 10.1016/j.lwt.2014.06.039 // Lwt – Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 59. – P. 1100–1106.

202. Nevzorov, V. N. Development of technology for hydrothermal processing of oat grain / V. N. Nevzorov, D.S. Bezjazykov, I. V. Matskevich, E. N. Oleynikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 848, iss. 1. – Art. no. 012100.

203. Orlovtseva, O. A. Account of the uncertainty of measurements of the degree of free radical oxidation in wheat germ by the method of chemiluminescent analysis / O. A. Orlovtseva, I. A. Nikitin, N. L. Kleimenova [et al.]. – DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022065 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Vol. 640. – P. 1–7.

204. Pang, J. Effects of wheat flour particle size on flour physicochemical properties and steamed bread quality / J. Pang, E. Guan, Y. Yang [et al.] // Food science and nutrition. – 2021. – Vol. 9, iss. 9. – P. 4691–4700.

205. Ramadhan, K. Effects of ball milling on the structural, thermal, and rheological properties of oat bran protein flour / K. Ramadhan, T. J. Foster // Journal of food engineering. – 2018. – Vol. 229. – P. 50–56.

206. Rizzello, C. G. Use of sourdough fermented wheat germ for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of the white bread / C. G. Rizzello, L. Nionelli, R. Coda [et al.]. – DOI 10.1007/s00217-009-1204-z // European food research and technology. – 2010. – Vol. 230, iss. 4. – P. 645–654.

207. Sacchi, G. The valorisation of wheat production through locally-based bread chains: experiences from Tuscany / G. Sacchi, G. Belletti, M. Biancalani [et al.] // Journal of Rural Studies. – 2019. – Vol. 71. – P. 23–35.

208. Saleh, A. S. M. Technologies for enhancement of bioactive components and potential health benefits of cereal and cereal-based foods: Research advances and application challenges / A. S. M. Saleh, P. Wang, N. Wang [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2019. – Vol. 59, iss. 2. – P. 207–227.

209. Sossa, J. W. Z. Trends in grinding of agroindustrial products-a literature review / J. W. Z. Sossa, P. J. P. Perez, J. C. P. Piedrahita, A. F. R. Mesa. – DOI 10.2174/2212798411666201125114243 // Recent patents on food, nutrition and agriculture. – 2021. – Vol. 12, iss. 1. – P. 19–28.

Приложение А
(обязательное)

Технические условия ТУ 10.61.4-011-02069214-2021
«Полуфабрикат на основе зародышей пшеницы»



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный экономический университет»
(УрГЭУ)

ОКПД 2 10.61.4

ОКС 67.120 (Группа Н 36)



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ФГБОУ ВО УрГЭУ

Я.П. Силин

2021 г.

ПОЛУФАБРИКАТ НА ОСНОВЕ ЗАРОДЫШЕЙ ПШЕНИЦЫ

Технические условия
ТУ 10.61.4-011-02069214-2021
(Вводятся впервые)

Дата введения в действие
« 22 » июня 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:
ФГБОУ ВО УрГЭУ
кафедра «Технологии питания»
Чугунова О.В.
Лесникова Н.А.

**Приложение Б
(обязательное)**

**Технологическая инструкция по производству полуфабриката на основе
зародышей пшеницы ТИ 10.61.4-011-02069214-2021**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный экономический университет»
(УрГЭУ)

ОКПД 2 10.61.4

ОКС 67.120 (Группа Н 36)



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ФГБОУ ВО УрГЭУ

Я.П. Силин

2021 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по производству полуфабриката на основе зародышей пшеницы

ТИ 10.61.4-011-02069214-2021
(Вводятся впервые)

Дата введения в действие
« 22 » июня 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:
ФГБОУ ВО УрГЭУ
кафедра «Технологии питания»
Чугунова О.В.
Лесникова Н.А.

**Приложение В
(обязательное)**

Технические условия ТУ 10.71.11-014-40586197-2022

«Хлеб из пшеничной муки „Младость“»

ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»

ОКПД2 10.71.11.111

Группа Н32
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Ю.Н. Багмут

«18» января 2022 г.



ХЛЕБ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ «МЛАДОСТЬ»

**Технические условия
ТУ 10.71.11-014-40586197-2022
(Вводятся впервые)**

Дата введения в действие
18 января 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:
ФГБОУ ВО УрГЭУ
кафедра «Технологии питания»
Чугунова О.В.
Лесникова Н.А.

Екатеринбург
2022

**Приложение Г
(обязательное)**

**Технологическая инструкция по производству хлеба из пшеничной муки
«Младость» ТИ 10.71.11-014-40586197-2022**

ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»

ОКПД2 10.71.11.111

Группа Н32
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
Ю.Н. Багмут
«17» сентября 2022 г.



**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по производству хлеба из пшеничной муки «Младость»**

ТИ 10.71.11-014-40586197-2022

Дата введения в действие
18 января 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:
ФГБОУ ВО УрГЭУ
кафедра «Технологии питания»
Чугунова О.В.
Лесникова Н.А.

Екатеринбург
2022

**Приложение Д
(обязательное)**

**Технические условия ТУ 10.72.12-017-40586197-2022
«Печенье сдобное „Полезное“»**

ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»

ОКПД2 10.72.12.120

Группа Н42
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Ю.Н. Багмут

2022 г.



ПЕЧЕНЬЕ СДОБНОЕ «ПОЛЕЗНОЕ»

**Технические условия
ТУ 10.72.12-017-40586197-2022
(Вводятся впервые)**

Дата введения в действие
31 января 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:
ФГБОУ ВО УрГЭУ
кафедра «Технологии питания»
Чугунова О.В.
Лесникова Н.А.

Екатеринбург
2022

Приложение Е
(обязательное)

Технологическая инструкция по производству печенья сдобного «Полезное»
ТИ 10.72.12-017-40586197-2022

ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»

ОКПД2 10.72.12.120

Группа Н42
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ:



Директор

Ю.Н. Багмут

2022 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по производству печенья сдобного «Полезное»

ТИ 10.72.12-017-40586197-2022

Дата введения в действие

31 января 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:

ФГБОУ ВО УрГЭУ

кафедра «Технологии питания»

Чугунова О.В.

Лесникова Н.А.

Екатеринбург

2022

Приложение Ж
(обязательное)

Документы, подтверждающие внедрение результатов исследования

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Вест-Ресторанс»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «Вест-Ресторанс»

 П.И. Маслаков
« 06 » декабря 2021 г.

АКТ

внедрения в промышленное производство полуфабриката на основе зародышей пшеницы для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

Мы, ниже подписавшиеся сотрудники ООО «Вест-Ресторанс»: директор Маслаков П.И., технолог Крохалев В.А., составили настоящий акт о том, что рецептура и технология производства полуфабриката на основе зародышей пшеницы для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, разработанные Лесниковой Н.А. внедрены в производство на ООО «Вест-Ресторанс»

1. Проведены производственные испытания по производству полуфабриката на основе зародышей для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий в соответствии с ТИ 10.61.4-011-02069214-2021, включающей следующие стадии: подготовка сырья, измельчение, просеивание, дозировка и упаковка. Готовый образец полуфабриката на основе зародышей пшеницы для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий соответствовал ТУ 10.61.4-011-02069214-2021 по органолептическим и физико-химическим показателям.

2. Разработанная модель полуфабриката на основе зародышей пшеницы для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий прошла испытания в соответствии с требованиями ТР ТС «О безопасности пищевой продукции».

3. В промышленное производство внедрена и успешно реализуется разработанная модель полуфабриката на основе зародышей пшеницы для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

От предприятия:

Директор ООО «Вест-Ресторанс»

Технолог



П.И. Маслаков

В.А. Крохалев

От Университета:

Зав. кафедрой «Технологии питания»
д.т.н. профессор

Ст. преподаватель кафедры «Технологии питания»



О.В. Чугунова



Н.А. Лесникова

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Вест-Ресторанс»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «Вест-Ресторанс»

 П.И. Маслаков
« 10 » декабря 2021 г.

АКТ

внедрения в промышленное производство хлебобулочных изделий,
обогащенных мукой зародышей пшеницы

Мы, ниже подписавшиеся сотрудники ООО «Вест-Ресторанс»: директор Маслаков П.И., технолог Крохалев В.А., составили настоящий акт о том, что рецептуры и технология производства хлебобулочных изделий, обогащенных мукой зародышей пшеницы, разработанные Лесниковой Н.А. внедрены в производство на ООО «Вест-Ресторанс»

1. Проведены производственные испытания по производству хлебобулочных изделий, обогащенных мукой зародышей пшеницы, включающие следующие стадии: подготовка сырья, приготовление теста, разделка теста, выпечка, охлаждение изделий и упаковка.

2. Разработанные модели хлебобулочных изделий, обогащенных мукой зародышей пшеницы, прошли испытания в соответствии с требованиями ТР ТС «О безопасности пищевой продукции».

3. В промышленное производство внедрены и успешно реализуются разработанные модели хлебобулочных изделий, обогащенных мукой зародышей пшеницы.

От предприятия:

Директор ООО «Вест-Ресторанс»

Технолог



П.И. Маслаков

В.А. Крохалев

От Университета:

Зав. кафедрой «Технологии питания»
д.т.н. профессор

Ст. преподаватель кафедры «Технологии питания»



О.В. Чугунова



Н.А. Лесникова

ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»

ОГРН 1196658048180, ИНН 6686117160, КПП 668601001

ОКПО 40586197

Юридический адрес: 624090, Свердловская область, г. Верхняя Пышма,
проспект Успенский, д. 48Б, пом. 107**АКТ****о внедрении материалов диссертационного исследования Лесниковой
Наталии Александровны в промышленное производство
ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»**

Мы ниже подписавшиеся, комиссия в составе:

Председатель комиссии – директор Багмут Ю.Н.,

Члены комиссии: технолог – Вернер А.В.

от Университета – Чугунова О.В.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования Лесниковой Н.А., старшего преподавателя кафедры технологии питания УрГЭУ, в части разработки рецептуры и технологии производства полуфабриката на основе зародышей пшеницы (ТУ 10.61.4-011-02069214-2021) апробированы в промышленных условиях производства предприятия ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ».

Сырье, рекомендованное для производства полуфабриката на основе зародышей пшеницы, соответствовало гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов СанПин 2.3.2.1078, ТР ТС 021/2011, требованиям нормативных документов (ГОСТ, ТУ).

Технологический процесс получения полуфабриката на основе зародышей пшеницы включает в себя подготовку сырья, измельчение, просеивание, дозирование и упаковку (рисунок 1).



Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства полуфабриката на основе зародышей пшеницы

Полуфабрикат на основе зародышей пшеницы упаковывали в Триплексы (комбинированный упаковочный материал, состоящий из бумажной основы и металлизированной биаксиально ориентированной полипропиленовой пленки), разрешенные для контакта с пищевыми продуктами, массой нетто 300 г и хранили при температуре 18 ± 3 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %.

Председатель комиссии
Директор



Багмут Ю.Н.

Члены комиссии:

Технолог

Вернер А.В.

от Университета

Чугунова О.В.

ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ»

ОГРН 1196658048180, ИНН 6686117160, КПП 668601001

ОКПО 40586197

Юридический адрес: 624090, Свердловская область, г. Верхняя Пышма,
проспект Успенский, д. 48Б, пом. 107**АКТ****внедрения в производство
хлеба из муки пшеничной первого сорта,
обогащенного мукой зародышей пшеницы**

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе:
 Председатель комиссии – директор Багмут Ю.Н.,
 Члены комиссии: технолог – Вернер А.В.
 от Университета – Чугунова О.В.

настоящим актом подтверждаем, что хлеб из муки пшеничной первого сорта, обогащенный мукой зародышей пшеницы, по технологии и рецептуре, разработанной старшим преподавателем кафедры технологии питания Уральского государственного экономического университета Лесниковой Натальей Александровной, апробировали в производственных условиях ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ».

Внутренняя дегустационная комиссия ООО «ХЛЕБНЫЙ ДОМ» дала положительную оценку образцам хлеба.

Хлеб из муки пшеничной первого сорта, обогащенный мукой зародышей пшеницы, был утвержден на внедрение в производство дегустационной комиссией (протокол № 2 от 10.02.2022).

Председатель комиссии
Директор



Багмут Ю.Н.

Члены комиссии:

Технолог

Вернер А.В.

от Университета

Чугунова О.В.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный экономический университет»
(УрГЭУ)

СПРАВКА

15 декабря 2023г.

№ 1/1512

г. Екатеринбург

О внедрении результатов диссертационного исследования Лесниковой Наталии Александровны на тему «Использование вторичных зерновых ресурсов в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий» в учебный процесс ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Настоящая справка дана Лесниковой Наталии Александровне в том, что основные научно-методические положения, содержащиеся в диссертационном исследовании «Использование вторичных зерновых ресурсов в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий», представленном на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.3. Пищевые системы, нашли применение в учебном процессе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» при подготовке бакалавров в рамках основной образовательной программы 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания» (профиль «Организация и управление предприятиями в сфере индустрии питания») по дисциплине «Технология и организация специальных видов питания».

Проректор по учебно-методической
работе и качеству образования

Д.А. Карх

**Приложение И
(обязательное)**

Патент РФ № 2804613 «Способ изготовления хлеба»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2804613

Способ изготовления хлеба

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный экономический университет" (УргЭУ) (RU)*

Авторы: *Лесникова Наталия Александровна (RU), Котова Татьяна Вячеславовна (RU), Лаврова Лариса Юрьевна (RU), Борцова Екатерина Леонидовна (RU), Сарсадских Анастасия Вадимовна (RU)*

Заявка № 2022129534

Приоритет изобретения **14 ноября 2022 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **02 октября 2023 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **14 ноября 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов



Приложение К (обязательное)

Аппаратно-технологическая схема производства хлеба «Младость»

