

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»

Объект авторского права

УДК 664.681.9:665.117.2

ТРОФИМЕНКО
Татьяна Владимировна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
СО ЖМЫХОМ И ШРОТОМ ИЗ МАСЛОСЕМЯН РАПСА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.18.15 – технология и товароведение
пищевых продуктов, продуктов функционального
и специализированного назначения и общественного питания

Могилев, 2026

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (БГУТ)

Научный руководитель:

Василенко Зоя Васильевна,

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, профессор кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»

Официальные оппоненты

Гнедов Александр Александрович,

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры частного животноводства учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

Пинчукова Юлия Михайловна,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

Оппонирующая организация:

Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации»

Защита состоится «03» декабря 2026 г. в 12.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.17.01 при учреждении образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» по адресу: Республика Беларусь, 212027, г. Могилев, пр-т Шмидта, 3, аудитория 206-2, e-mail: mail@bgut.by, телефон ученого секретаря +375 222 633541.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий».

Автореферат разослан «23» октября 2026 г.

Ученый секретарь совета

по защите диссертаций Д 02.17.01,

кандидат технических наук, доцент

Т.Д. Самуйленко

ВВЕДЕНИЕ

Согласно «Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года», ключевым фактором развития стратегии пищевой отрасли на 2025–2034 годы является обеспечение населения продуктами здорового питания с повышенной пищевой и биологической ценностью.

Это возможно достичь за счет разработки качественно новых продуктов питания, способствующих сохранению здоровья человека и обеспечивающих его активное физическое состояние и долголетие. Особое внимание, прежде всего, должно быть уделено повседневным продуктам питания, к которым относятся мучные изделия, являющиеся источниками углеводов, растительных белков, жиров и др. Согласно статистическим данным, в Республике Беларусь за 2025 г. произведено 300 тыс. т хлебобулочных изделий и среднесуточное потребление на одного жителя республики составило около 165–200 г. То есть мучные изделия являются базовыми в питании человека и востребованы всеми категориями населения Республики Беларусь.

Основным сырьевым компонентом, используемым для производства мучных изделий, является пшеничная мука. Однако сортовой помол зерна, сопровождающийся удалением оболочечных компонентов и зародыша, приводит к потере большей части эссенциальных микронутриентов (витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон), что существенно снижает биологическую ценность муки. При этом технологический потенциал эндосперма часто оказывается недостаточным для обеспечения биологической полноценности готовых изделий и формирования оптимальных реологических свойств теста. В этой связи с дефицитом нутриентов и недостаточности технологических свойств местного сырья имеет место острая необходимость в создании технологических подходов, позволяющих корректировать и улучшать хлебопекарные свойства отечественной пшеничной муки.

Поэтому актуальной задачей является разработка научно обоснованных технологий производства мучных изделий с улучшенной пищевой и биологической ценностью за счет использования растительных ингредиентов, способных осуществлять регулирование технологических и структурно-механических свойств пшеничного теста и повышать пищевую и биологическую ценность мучных изделий. Таким перспективным сырьем являются жмых и шрот, получаемые путем переработки маслосемян рапса белорусской селекции, использование которых может обеспечить эффективность использования отечественного сырья и сократить долю импортируемого соевого сырья.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами.

Диссертационная работа «Технология производства мучных изделий со жмыхом и шротом из маслосемян рапса» выполнена в Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий в соответствии с планом научно-исследовательской работы по теме ГБ 41–01 «Разработка научно обоснованных технологий продуктов питания для профилактики и коррекции микробиологических нарушений пищевой системы» (номер гос. рег. 20210723) и в рамках выполнения задания с Белорусским фондом фундаментальных исследований № Б22УЗБ-070 от 04.05.2022 г. «Исследование пищевой и биологической ценности, функционально-технологических свойств вторичных продуктов переработки семян рапса, выращиваемого в Республике Беларусь и Узбекистане» номер гос. рег. 20221308).

Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2021–2025 годы «Агропромышленные и продовольственные технологии: продовольственная безопасность и качество сельскохозяйственной продукции: производство, хранение и переработка сельскохозяйственной продукции», утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156, п. 5.

Цель, задачи, объект и предмет исследования. Целью работы является разработка научно обоснованных технологий производства мучных изделий с улучшенной пищевой и биологической ценностью за счет использования жмыха и шрота рапсовых.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать показатели безопасности, химический состав, технологические свойства жмыха и шрота, полученных из маслосемян рапса белорусской селекции;
- установить оптимальные параметры подготовки жмыха и шрота рапсовых и вид их использования в технологии производства мучных изделий;
- установить закономерности влияния различных концентраций жмыха и шрота рапсовых на формирование технологических свойств теста (водопоглотительную, водосвязывающую способность, жиросдерживающую способность, набухаемость и структурно-механические свойства);
- установить закономерности влияния различных концентраций жмыха и шрота рапсовых на качественные характеристики готовых изделий (удельного объема, пористости, формоустойчивости, структурно-механических свойств

мякиша);

- обосновать с применением математического моделирования компонентный состав продуктов и параметры приготовления замеса для дрожжевого теста;

- разработать научно обоснованные технологии производства мучных изделий с внесением муки жмыха и крупки шрота рапсовых и дать оценку пищевой и биологической ценности разработанных мучных изделий; провести опытно-промышленную апробацию, рассчитать экономический эффект от использования муки и крупки жмыха и шрота рапсового.

Объекты исследования – жмых, шрот, мука и крупка жмыха и шрота рапсовых, модельные системы из теста, мучные изделия с их использованием.

Предмет исследования – химический состав жмыха и шрота рапсовых (включая аминокислотный и жирнокислотный состав), технологические свойства муки и крупки жмыха и шрота рапсовых, технология производства мучных изделий с добавлением муки и крупки жмыха и шрота рапсовых.

Научная новизна заключается в научном обосновании использования продуктов переработки маслосемян рапса белорусской селекции (жмыха и шрота) в технологии мучных изделий для обеспечения повышения их пищевой и биологической ценности.

Получены новые данные о показателях качества, безопасности, химическом составе, технологических свойствах муки и крупки жмыха и шрота рапсовых, а также их влияние на качество и свойства пшеничной муки, формирование качества готовой продукции из дрожжевого и кексового теста, что позволяет реализовать их в технологии производства мучных изделий.

Впервые обоснован вид и способ использования жмыха и шрота рапсовых в производстве мучных изделий, что позволяет реализовать возможность применения их в производстве продуктов питания и обогатить ценными питательными веществами.

Доказано преимущество технологических свойств муки и крупки жмыха и шрота рапсовых по сравнению с традиционно используемыми продуктами переработки сои, что позволяет считать их более перспективным сырьем в качестве ингредиентов, улучшающих хлебопекарные свойства пшеничной муки.

Выявлены закономерности влияния муки и крупки жмыха и шрота рапсовых на формирование технологических свойств теста и качества готовых изделий, что позволило доказать возможность частичной замены пшеничной муки на муку и крупку жмыха и шрота рапсовых без потери потребительских свойств.

Впервые разработаны технологии производства дрожжевой булочки и кекса с мукой жмыха рапсового и пшенично-ржаного хлеба с крупкой шрота

рапсового, позволившие повысить пищевую и биологическую ценность данных изделий, сократить производственный цикл, получить максимальный выход изделий.

Установлены показатели качества и дана характеристика пищевой и биологической ценности разработанной продукции, отличающиеся от традиционной повышенным содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ (Ca, Mn, Mg, K) и витаминов группы В, что позволило получить изделия с улучшенной пищевой и биологической ценностью.

Новизна работы защищена патентом Республики Беларусь на изобретение № 24616 «Способ приготовления кекса с использованием жмыха рапса» от 05.06.2025 г.

Положения, выносимые на защиту

1. Критерии показателей качества и безопасности, формирующие возможности использования жмыха и шрота рапсовых как пищевых ингредиентов: цвет – от светло-желтого до светло-коричневого; вкус и запах – свойственный соответствующему виду масличного сырья, без постороннего запаха. Содержание токсичных элементов: свинец – 0,12–0,13 мг/кг; мышьяк – 0,050 мг/кг; кадмий – 0,013–0,023 мг/кг; ртуть – не обнаружено. Содержание пестицидов (гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры, ДДТ и его метаболиты) не обнаружено; массовая доля эруковой кислоты – 0,1–0,4 %; массовая доля глюкозинолатов – 0,8 %.

2. Новые данные о химическом составе жмыха и шрота, полученных из маслосемян рапса белорусской селекции: массовая доля белка – 35,40–38,77 %, массовая доля жира – 2,40–7,45 %, массовая доля углеводов – 42,88–46,01 %, в том числе пищевых волокон 36,1 %: целлюлозы – 13,2–14,2 %; гемицеллюлозы – 12,3–12,6 %, макро- и микроэлементный состав: массовая доля магния – 44,5–66,2 мг/кг, массовая доля калия – 152,1–156,2 мг/кг, массовая доля кальция – 100,0–159,2 мг/кг, массовая доля железа – 1,30–1,85 мг/кг, массовая доля марганца – 1,09–1,13 мг/кг, витаминный состав: массовая доля витамина В₄ – 44,4–46,6 мг/кг, массовая доля витамина В₅ – 0,14–0,56 мг/кг, массовая доля витамина В₂ – 0,01–0,04 мг/кг, массовая доля витамина В₁ – 0,001–0,008 мг/кг, позволяющие считать их продуктами, содержащими ценные питательные вещества.

3. Обоснование вида внесения жмыха и шрота рапсовых, способствующего равномерному распределению в продукте (мука жмыха рапсового для производства дрожжевой булочки и кекса; крупка шрота рапсового для производства пшенично-ржаного хлеба). Зависимости технологических свойств муки и крупки жмыха и шрота рапсовых от размеров частиц в сравнении с аналогичными свойствами муки и крупки жмыха сои.

4. Зависимости, описывающие влияние муки жмыха и шрота рапсового на технологические свойства пшеничной муки (водопоглотительная способность, зольность, количество и качество клейковины) и теста (газоудерживающая и газообразующая способности, растяжимость), потребительские свойства готовых мучных изделий, позволившие установить оптимальные технологические режимы производства и получить изделия с улучшенной пищевой и биологической ценностью.

5. Технологии производства мучных изделий с мукой жмыха рапсового (дрожжевой булочки и кекса), включающие в себя следующие параметры производства:

– для дрожжевой булочки: внесение муки жмыха рапсового в количестве 5 % взамен пшеничной муки при гидромодуле 1:3 и температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, брожение теста 60 мин при $t = (30 \pm 2)^\circ\text{C}$, разделку, расстойку и выпечку при температуре $220\text{--}230^\circ\text{C}$, что обеспечивает сокращение продолжительности технологического процесса на 30 мин, оптимизацию реологического поведения теста, повышение формоустойчивости готовых изделий на 26 %, формирование пористости и увеличение ее в готовых изделиях на 10,5 % при одновременном росте их технологического выхода на 15 %, удовлетворение суточной потребности организма человека в белке – на 12,0 %, магнии (Mg) – на 11,25 %, калии (K) – на 4,71 %, марганце (Mn) – на 4,5 %, кальции (Ca) – на 3,42 % и железе (Fe) – на 3,15 %, в витамине B4 – на 10,5 %;

– для кекса: внесение муки жмыха рапсового в количестве 7 % на стадии взбивания сахаро-яичной смеси при длительности процесса 10–11 мин, выпечку при температуре $205\text{--}215^\circ\text{C}$, что обеспечивает сокращение продолжительности технологического процесса на 11 мин, формирование однородной губчатой текстуры мякиша с повышенным удельным объемом и удовлетворением суточной потребности организма человека в холине (витамина B4) – на 23,7 %, марганце (Mn) – на 19,0 %, тиамине (витамина B1) – на 13,7 %, белке – на 11,7 %, магнии (Mg) – на 6,85 %, калии (K) – на 5,76 % и кальции (Ca) – на 4,41 %.

6. Технология производства пшенично-ржаного хлеба с крупкой шрота рапсового, включающая в себя ее внесение на стадии замеса теста в количестве 5 %, брожение 90 мин при температуре $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$, выпечку при температуре $220\text{--}230^\circ\text{C}$, что обеспечивает возможность исключения сахара в рецептурном составе, сокращение продолжительности всего технологического процесса на 60 мин, увеличение формоустойчивости хлеба на 16,1 %, получение изделий с улучшенным нутриентным профилем (удовлетворение суточной потребности организма человека в марганце (Mn) – на 35,12 %, холине (витамина B4) – на 14,6 %, тиамине (витамина B1) – на 13,0 %, белке – на 10,1 %, магнии (Mg) – на 8,7 %, калии (K) – на 5,54 % и кальции (Ca) – на 2,5 %).

Личный вклад соискателя ученой степени. Диссертация является самостоятельно выполненной автором научной работой, обобщает результаты теоретических и экспериментальных исследований. Автором проведен анализ литературных данных по теме диссертации, подобраны методы и методики исследований, проведены экспериментальные исследования, осуществлена статистическая обработка данных. Планирование исследований, анализ и обобщение полученных результатов, подготовка и написание научных публикаций осуществлялись совместно с научным руководителем д.т.н., профессором Василенко З. В. Совместно с научным руководителем разработаны технические условия на жмых рапсовый пищевой, шрот рапсовый пищевой, получен патент, результаты работы внедрены в образовательный процесс, проведена апробация разработанных мучных изделий с мукой и крупкой жмыха и шрота рапсовых на производстве.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.

Основные положения и результаты диссертационных исследований были представлены и обсуждены на 8 научных и научно-практических международных конференциях и форумах: XIII Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 22–23 апреля 2022), VII Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 30 ноября 2022), XIV Международной научно-практической конференции «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 19–20 апреля 2023), IV Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрно-пищевом секторе» (Ташкент, 2020), XV Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 18–19 апреля 2024), XX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Минск, 3–4 октября, 2024), XI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Воронеж, 28–29 ноября 2024), XII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Воронеж, 15–16 октября 2025).

Разработаны и зарегистрированы технические условия «Жмых рапсовый пищевой» ТУ ВУ 700036606.136–2023, технические условия «Шрот рапсовый пищевой» ТУ ВУ 700036606.137–2024.

Результаты работы внедрены в образовательный процесс учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и

химических технологий». Разработанные технологии мучных изделий апробированы на торгово-производственном унитарном предприятии «Комбинат школьного питания» г. Минск, в кондитерских цехах ЗАО «Днепр» ресторана «Винтаж» г. Могилева, ООО «Шафаг 88» ресторана «Гранд Савой» г. Могилева, ОДО «Ассорти Групп» г. Могилева.

Опубликованность результатов диссертации. Основные результаты диссертации изложены в 22 печатных работах, из них: 5 статей в научных рецензируемых изданиях из перечня, установленного ВАК (3,34 авторских листа), 4 статьи в других научных изданиях, 12 публикаций в сборниках материалов и тезисов конференций, патент № 24616, 2 технических условия, 4 рецептуры.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций соискателя и приложений. Полный объем диссертации составляет 213 страниц, из которых 24 страницы занимают 36 таблиц и 31 рисунок. Список использованных источников размещен на 27 страницах и включает библиографический список (227 источников, из них 29 на иностранных языках), список публикаций автора (22 работы). Количество приложений – 9, их общий объем – 57 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе представлен аналитический обзор научной и научно-технической отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Проведен анализ ассортимента мучных изделий и их качества. Рассмотрены технологии производства мучных изделий с внесением различных растительных добавок. На основе анализа литературы установлена необходимость расширения ассортимента мучных изделий за счет использования жмыха и шрота рапсового, которые являются источником белков, жиров, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов. Поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе описаны объекты и методы исследований. Объектами в работе являлись жмых и шрот рапсовые, полученные на ООО «Агропродукт» Брестской области, образцы теста с внесением муки и крупки жмыха и шрота рапсовых и готовые мучные изделия.

Структурная схема исследований представлена на рисунке 1.

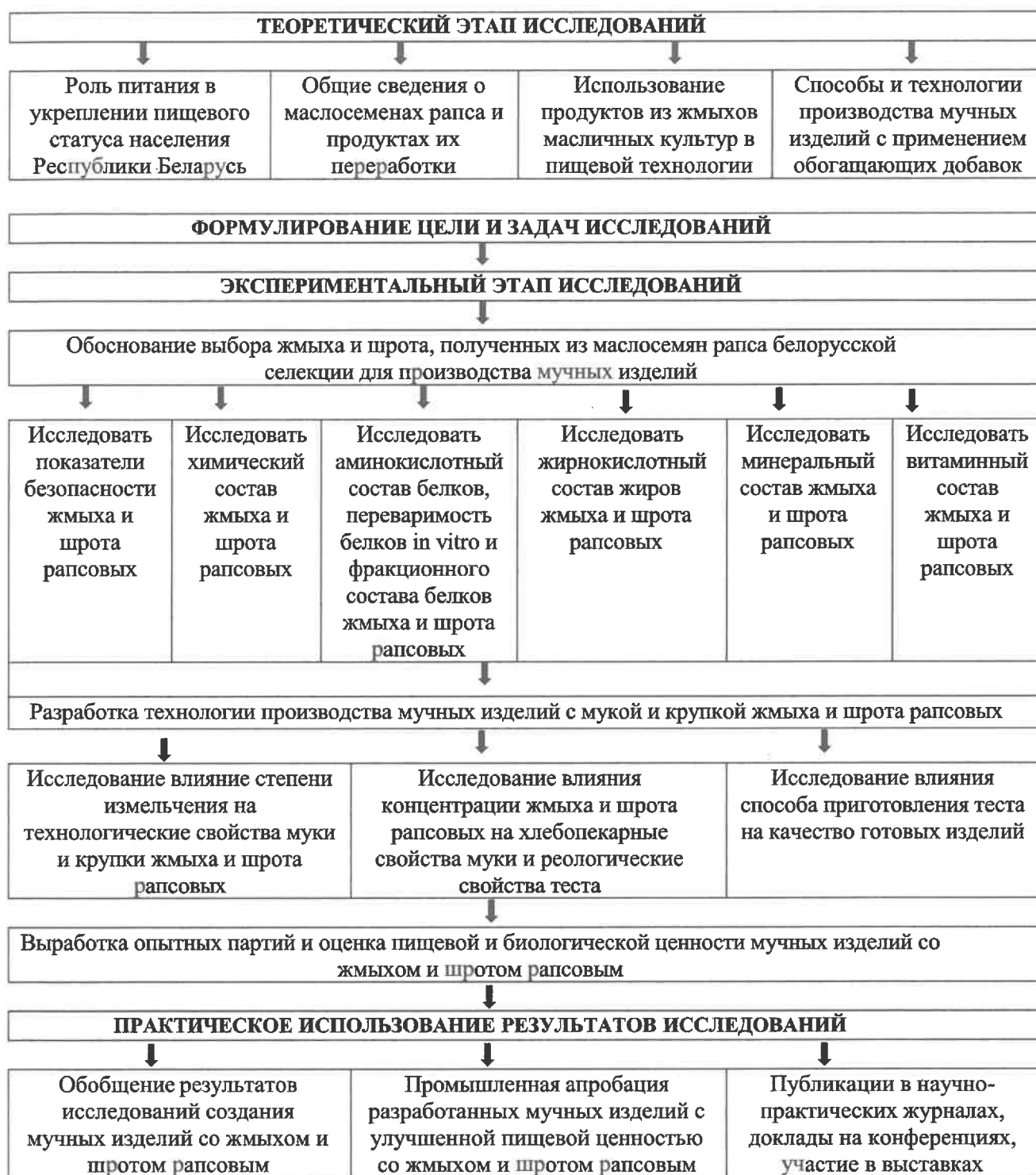


Рисунок 1 – Структурная схема исследований

Отбор проб, подготовку и проведение испытаний осуществляли общепринятыми и специальными методами оценки и анализа свойств сырья и готовой продукции.

Оценку биологической ценности белков и биологической эффективности жиров проводили, исходя из экспериментальных данных, подтвержденных

протоколами исследований: по аминокислотному составу белков и жирнокислотному составу жиров. Содержание общего азота определяли методом Кьельдаля, определение аминокислотного состава белков осуществляли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1200, жирнокислотный состав жиров – с помощью хроматографии на газовом хроматографе Хроматэк Кристалл 5000.2. Содержание минеральных веществ определяли с помощью спектрофотометра Agilent 8453, содержание общих сахаров определяли методом Бертрана, содержание целлюлозы и гемицеллюлозы определяли модифицированным методом Кюшнера и Хафера. Планирование эксперимента и обработку полученных данных осуществляли с использованием программ Microsoft Excel.

В третьей главе проведены исследования по показателям безопасности жмыха и шрота, полученных из маслосемян рапса белорусской селекции (таблица 1). Анализ полученных данных позволил рассматривать их в качестве пищевых ингредиентов.

Таблица 1 – Показатели безопасности жмыха и шрота в сравнении с маслосеменами рапса [1–А; 4–А; 13–А; 14–А; 18–А; 21–А]

Наименование показателя		Значения	Допустимый уровень (ДУ)	Полученные значения	
		маслосемена рапса		шрот	жмых
Токсичные элементы, мг/кг, не более:	свинец	0,11	не более 1,0	0,13	0,12
	мышьяк	0,06	не более 1,0	0,050	0,050
	кадмий	0,003	не более 0,05	0,023	0,013
	ртуть	0,03	не более 0,03	не обн.	
Пестициды, мг/кг, не более:				не обн.	
- гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры)		менее 0,005	не более 0,05		
- ДДТ и его метаболиты		менее 0,005	не более 0,1		
Микотоксины: афлатоксин В ₁ , мг/кг		менее 0,0015	не более 0,005	0,001	
Удельная активность цезия-137, Бк/кг		7,2	не более 60	менее 2,06	менее 4,96
Содержание эруковой кислоты, % от суммы жирных кислот		0,1	не более 2	0,1	0,4
Массовая доля глюкозинолатов в пересчете на абсолютно сухое обезжиренное вещество, %		2-3	не более 3	0,8	0,8

Изучен химический состав жмыха и шрота рапсовых белорусской селекции в сравнении с химическим составом жмыха сои (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав жмыха и шрота рапсовых в сравнении со жмыхом сои [1–А; 4–А]

Наименование пищевых веществ	Содержание		
	Жмых рапсовый	Шрот рапсовый	Жмых сои*
Белок, %	35,47±0,23	38,77±0,20	44,0±0,2
Жир, %	7,45±0,03	2,40±0,03	6,50±0,15
Углеводы (суммарно) в т.ч. клетчатка, %	42,88±0,45 12,6±0,15	46,01±0,42 12,3±0,18	31,70±0,35 6,20±0,12
Минеральные вещества, в том числе: мг/100г	6,60±0,10	6,80±0,10	5,80±0,10
Mg (магний)	445,4±62,26	622,61±62,26	306,0
K (калий)	1520,8±123,14	1562,19±123,14	2490
Ca (кальций)	1592,0±150,29	1007,29±150,29	244
Fe (железо)	18,5±1,30	13,01±1,30	13,7
Mn (марганец)	11,3±2,65	7,02±2,65	3,8
Zn (цинк)	11,9±0,61	6,06±0,61	5,06
Витамины, мг/100г			
B ₁	0,01±21,5	0,08±21,5	0,69
B ₂	0,04±14,8	0,1±14,8	0,251
B ₅	1,41±23	5,56±23	1,98
B ₄ (холин)	466,9±26,3	444,8±26,3	не обн.

*- литературные данные

Установлено, что жмых и шрот рапсовые являются высокобелковыми ингредиентами, в том числе с превосходящим минерально-витаминным комплексом по отношению к жмыху сои [4–А; 13–А; 14–А; 18–А; 21–А; 22–А]. Аминокислотный состав белков жмыха и шрота рапсового свидетельствует о биологической полноценности белков исследуемых ингредиентов [2–А; 3–А; 4–А; 16–А] (рисунок 2 и 3).

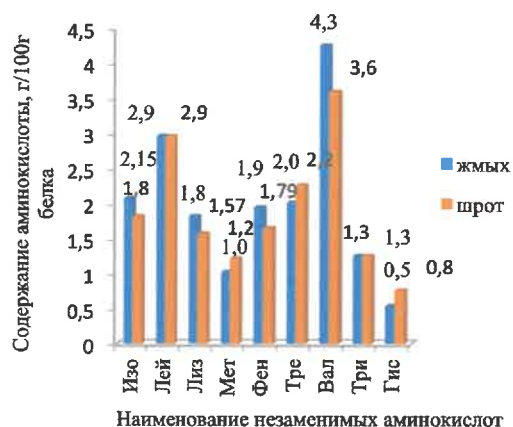


Рисунок 2 – Содержание незаменимых аминокислот в белках жмыха и шрота рапсовых

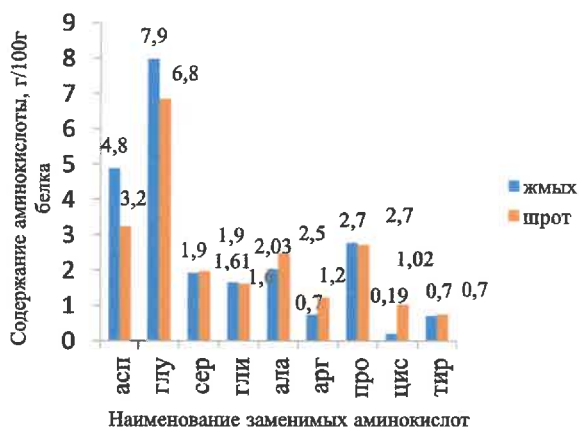


Рисунок 3 – Содержание заменимых аминокислот в белках жмыха и шрота рапсовых

Исследование липидного профиля жмыха и шрота рапсовых показало, что жирнокислотный состав жмыха рапсового характеризуется высоким содержанием МНЖК, общее количество которых составляет 61,4 % от суммы

жирных кислот (таблица 3). Отмечено высокое содержание олеиновой кислоты (омега-9) (60,4 % от суммы жирных кислот в жмыхе рапсовом и 35,8 % в шроте), которая преобразуется в линолевую и α -линоленовую жирные кислоты, которые не синтезируются в организме и должны поступать только с пищей [1–А; 13–А; 16–А].

Таблица 3 – Жирнокислотный состав жмыха и шрота рапсовых [1–А; 4–А]

Наименование жирных кислот	Содержание, % от суммы жирных кислот		Наименование жирных кислот	Содержание, % от суммы жирных кислот	
	жмых	шрот		жмых	шрот
Насыщенные (НЖК):	8,0	45,8	- миристолеиновая	0,5±0,03	0,5±0,03
- лауриновая	-	1,6±0,09	- пальмитолеиновая	0,4±0,5	1,4±0,48
- миристиновая	0,1±0,43	7,7±0,45	- олеиновая	60,4±0,06	35,8±0,06
- пентодекановая	-	1,0±0,06	Полиненасыщенные (ПНЖК):	28,9	14,4
- пальмитиновая	6,1±2,8	28,1±2,7	- линолевая ω -6	20,1±1,92	12,0±1,93
- стеариновая	1,8±1,15	7,4±1,1	- α -линоленовая ω -3	8,7±0,45	2,1±1,18
Мононенасыщенные (МНЖК):	61,4	38,1	- эйкозеновая	0,1±0,18	0,1±0,15
- эруковая	0,1±0,06	0,4±0,06	Другие	1,7	1,7

В результате проведенных исследований экспериментально подтверждено, что жмых и шрот рапсовые являются безопасными ингредиентами и могут быть использованы как источники ценных питательных веществ, таких как белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные вещества, при производстве мучных изделий.

В четвертой главе представлены результаты исследований по разработке технологии производства булочки из дрожжевого теста с частичной заменой пшеничной муки на муку из жмыха и шрота рапсовых [1–А; 3–А; 6–А–8–А; 9–А; 13–А, 20–А]. На начальном этапе определяли оптимальный вид внесения рапсовых продуктов в рецептуру мучных изделий. Установлено, что для равномерного распределения компонентов в модельной системе жмых и шрот рапсовые необходимо измельчать до состояния муки с размерами частиц 0,33–0,40 мм и крупки – с размерами частиц 0,6–1,0 мм. Для оценки их технологического потенциала, прогнозирования поведения при замесе и брожении теста, а также для определения их влияния на формирование структуры и выхода готовых изделий были изучены технологические свойства полученных рапсовых фракций (в сравнении с соевыми аналогами). Показано, что мука жмыха и крупка шрота рапсовые по технологическим свойствам превышают аналогичные свойства муки и крупки жмыха сои. Так, водосвязывающая способность (ВСС) – на 14,6–19,5 %, водоудерживающая способность (ВУС) – на 53,8–70,8 %, жируудерживающая способность (ЖУС) – на 11,8–13,5 %, набухаемость – на 11,1–13,3 %. Это доказывает высокую

технологическую эффективность данных ингредиентов в производстве дрожжевой булочки.

Проведен анализ сырой клейковины пшеничной муки и оценка ее качества по упруго-эластичным свойствам. Установлено, что замена от 3,0 до 10,0 % пшеничной муки в/с мукой жмыха и шрота рапсового снижает содержание сырой клейковины на 3,3–15,8 % (жмых) и 3,8–9,7 % (шрот) из-за отсутствия в них клейковинных белков. Однако, установлено, что повышенное содержание клетчатки в исследуемом сырье (таблица 1) оказывает укрепляющее действие на структуру клейковины, снижая показатели ИДК с 93,7 ед. (контроль) до 82,5–88,1 ед. (жмых) и 83,3–89,3 ед. (шрот) [2–А; 3–А].

Изучена зависимость влияния концентраций муки жмыха и шрота рапсовых на хлебопекарные свойства муки (газообразующую и газодерживающую способности). Показано, что внесение рапсового сырья приводит к увеличению газообразующей и газодерживающей способности на 38,2–46,6%, при этом коэффициент газодерживания увеличивается на 21,2–27,7% (жмых) и 18,2–25,1% (шрот) (рисунок 4). То есть внесение муки жмыха и шрота рапсовых интенсифицирует микробиологические процессы в тесте, повышает водоудерживающую способность, укрепляет его структуру, замедляет черствение изделий, что обеспечивает сокращение технологического процесса на 30 мин и получение изделий с более высоким удельным объемом (на 26,6%).

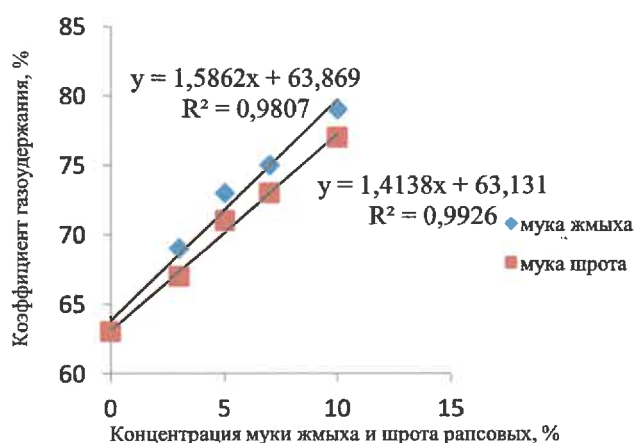


Рисунок 4 – Зависимость показателя коэффициента газодерживания от концентрации муки жмыха и шрота рапсовых

Изучено влияние способов приготовления теста (безопарного и опарного) с внесением муки жмыха рапсового на качество мучных изделий. Исследованы показатели влажности, кислотности, пористости, формоустойчивости, по результатам которых установлена возможность использования безопарного способа тестоведения (вместо более продолжительного опарного) при условии внесения муки жмыха рапсового в гидратированном виде

(гидро модуль 1:3) в количестве 5% [2–А]. Установлено, что при внесении в состав булочки рапсовых добавок в количестве до 5,0 % взамен пшеничной муки, формоустойчивость и кислотность изделий находились в оптимальном диапазоне (0,55–0,57 ед. и 2,3 град соответственно) и готовый продукт характеризовался повышенной пищевой и биологической ценностью:

содержание незаменимых аминокислот составило 57,7 г/100 г белка, заменимых аминокислот – 63,59 г/100 г белка (рисунки 5, 6), минеральных веществ – $(223,501 \pm 0,050)$ мг/100 г, витаминов – $(95,940 \pm 0,025)$ мг/100 г. Превышение концентрации добавок (свыше 7,0 %) и увеличение продолжительности времени расстойки приводит к сверхнормативному росту кислотности, что отрицательно сказывается на качестве готовой продукции [2–А].

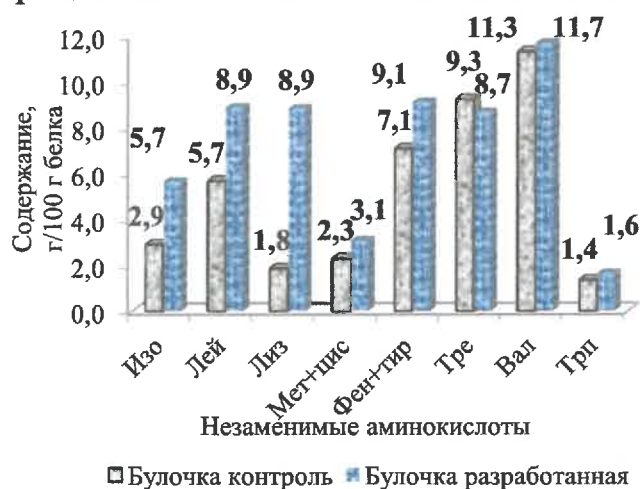


Рисунок 5 – Содержание незаменимых аминокислот в белках булочек



Рисунок 6 – Содержание заменимых аминокислот в белках булочек

Дана оценка жирнокислотного состава жировой фракции готового изделия (таблица 4), свидетельствующая об увеличении содержания НЖК до 41,5 % и МНЖК до 40,7 % от общей суммы ЖК, что также определяет высокую биологическую ценность продукта [2–А].

Таблица 4 – Характеристика жирнокислотного состава жиров контрольного образца и булочки с мукой жмыха рапсового

Наименование жирных кислот	Содержание, % от суммы жирных кислот		Наименование жирных кислот	Содержание, % от суммы жирных кислот	
	контроль	со жмыхом		контроль	со жмыхом
Насыщенные (НЖК):	39,1	41,5	- миристинолевая	0,1±0,03	0,1±0,03
- лауриновая	0,4±0,06	0,5±0,09	- пальмитолеиновая	0,5±0,5	0,6±0,48
- миристиновая	1,8±0,43	1,9±0,45	- гептадекановая	0,1±0,09	0,1±0,09
			- олеиновая	38,9±0,06	39,3±0,06
- пентадекановая	0,2±0,03	0,1±0,06	Полиненасыщенные (ПНЖК):	18,1	17,9
- пальмитиновая	32,2±2,8	34,4±2,7	- линолевая ω-6	16,9±1,92	17,5±1,93
- стеариновая	4,5±1,15	4,7±1,1	- α-линоленовая ω-3	0,9±0,45	0,1±1,18
Мононенасыщенные (МНЖК):	39,6	40,7	- эйкозеновая	0,3±0,18	0,3±0,15
- гептадеценная	0,1±0,06	0,1±0,06	Другие	1,1	1,1

Обогащение булочки мукой жмыха рапсового повышает степень удовлетворения суточной потребности взрослого населения (в расчете на 100 г): по магнию – до 11,25 % (контроль – 2,3 %), витамину В₄ – до 10,5 % (контроль – 6,2 %), калию – до 4,71 %, марганцу – до 4,05 %, кальцию – до 3,42 %, железу

– до 3,15 % [2–А].

Таким образом, на основании комплекса проведенных исследований определены новые регламентируемые параметры процесса, оптимизирующие продолжительность стадий брожения и расстойки полуфабрикатов при замене части пшеничной муки, что легло в основу разработки новой технологии булочки с мукой жмыха рапсового повышенной пищевой и биологической ценности (рисунок 8, а).

В пятой главе приведены результаты исследований по разработке технологии кекса с мукой жмыха рапсового взамен части пшеничной муки и изучены закономерности ее влияния на пенообразующую способность, плотность кексового теста и продолжительность взбивания в зависимости от концентрации и этапа внесения добавки [15–А; 17–А; 24–А].

Установлено, что внесение муки жмыха рапсового в количестве 7 % взамен массы муки на стадии взбивания сахаро-яичной смеси обеспечивает стабилизацию пенообразной структуры, увеличивает пенообразующую способность на – 4,45 % и снижает плотность теста – на 21,9 %, что ускоряет процесс производства и сокращает продолжительность взбивания на 11 мин по сравнению с традиционной технологией. Показатели пищевой и биологической ценности кекса с мукой жмыха рапсового представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели пищевой ценности кекса с мукой жмыха рапсового и кекса, приготовленного по традиционной рецептуре

Наименование показателя	Кекс (контроль)	Кекс с мукой жмыха рапсового	Наименование показателя	Кекс (контроль)	Кекс с мукой жмыха рапсового
Белки, г	7,5	8,3	Витамины, мг		
Жиры, г	17	12,9	В ₄	72,55	100,73
Углеводы, г	55	52,6	В ₁	0,03	0,07
Минеральные вещества:			Е	1,0	1,4
Калий, мг/кг	717	1440	Энергетическая ценность на 100 г продукта, ккал	437,2	373,9
Магний, мг/кг	63,4	274			
Кальций, мг/кг	113	441			
Марганец, мг/кг	1,43	3,85			
Железо, мг/100г	0,65	1,58			

Установлено, что замена пшеничной муки на 7 % муку жмыха рапсового позволяет снизить энергетическую ценность готового кекса на 14,5 % (с 437,2 до 373,9 ккал/100 г), что обусловлено существенным уменьшением содержания жиров с 17,0 до 12,9 г/100 г, и улучшить макронутриентный состав готового изделия. Таким образом, употребление 100 г изделия с мукой жмыха рапсового обеспечивает более высокую степень удовлетворения суточной потребности взрослого населения в эссенциальных веществах: в белке – на 11,7 % (контроль на 8,93 %), в К – на 5,76 % (контроль на 2,87 %), в Mg – на 6,85 % (контроль 1,58 %), в витамине В₄ – на 23,7 % (контроль 17,0 %), в Mn – на 19,0 %

(контроль 7,0 %), в Са – на 4,41 % (контроль 1,13 %), в Fe – на 8,77 % (контроль 3,6 %), в витамине Е – на 9,0 % (контроль 6,0 %).

На основании комплекса исследований разработана научно обоснованная технология производства кексов с мукой жмыха рапсового, характеризующаяся сокращением цикла взбивания теста и гарантирующая получение мучного изделия с пониженной калорийностью и улучшенным микронутриентным профилем (рисунок 8, б).

В шестой главе приведены результаты исследований по разработке технологии пшенично-ржаного хлеба с использованием крупки шрота рапсового взамен части пшеничной муки, а также изучено ее влияние на показатели качества и свойства теста [5–А; 14–А].

Установлено, что внесение крупки шрота рапсового также интенсифицирует микробиологические процессы в тесте, активизирует газообразующую способность, ускоряет динамику накопления кислотности (рисунок 7). Более того, наличие собственных усвояемых углеводов в рапсовом ингредиенте, позволило исключить из рецептуры хлеба сахара (сахарозы), что снизило гликемическую нагрузку готового изделия.

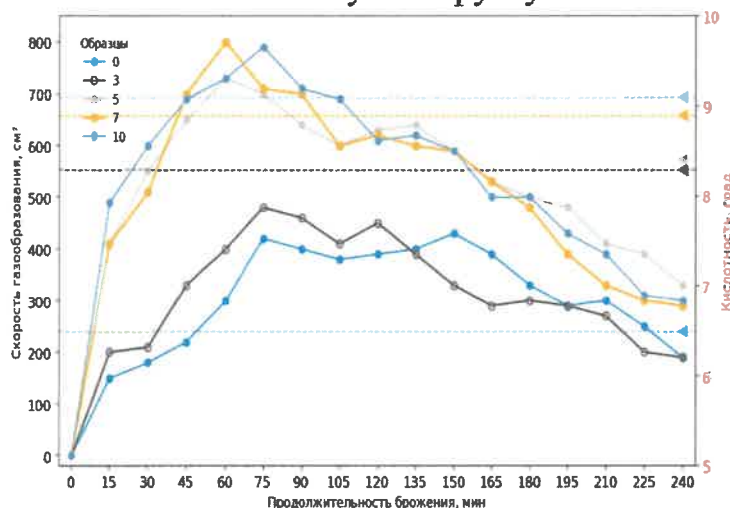
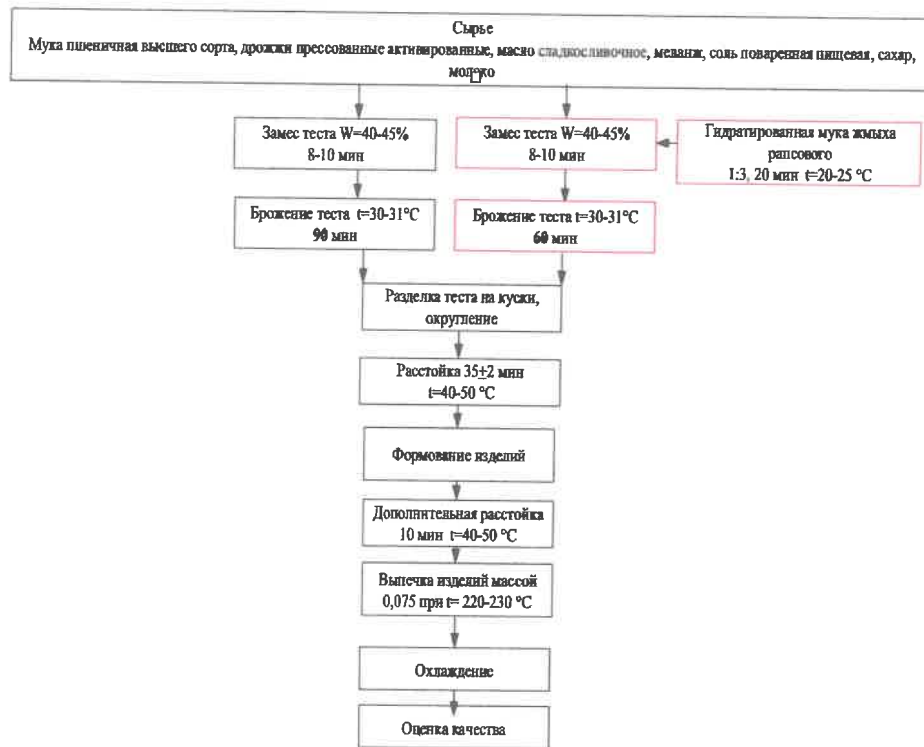


Рисунок 7 – Зависимость скорости газообразования и кислотности от продолжительности брожения и концентрации крупки шрота рапсового

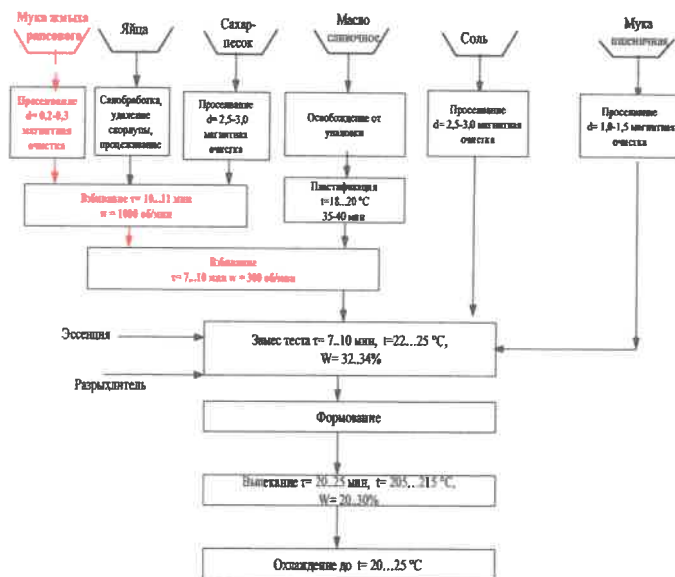
Показано, что использование 5,0 % крупки шрота рапсового позволило сократить общую продолжительность брожения теста с 150 до 90 мин по сравнению с традиционным способом. Установлено, что нормируемый уровень кислотности (8,0 град) в опытных образцах достигался уже через 90 мин технологического цикла, в то время как контрольный образец достигал указанного уровня только через 150 мин.

Применение крупки рапсового шрота существенно повысило пищевую и биологическую ценность хлебобулочных изделий, обеспечивая увеличение степени удовлетворения суточной потребности взрослого человека (в расчете на 100 г готового продукта) по калию – до 5,54 % (контроль – 3,3 %), магнию – до 8,65 % (контроль – 6,2 %), витамину В₄ – до 14,6 % (контроль – 12,0 %), марганцу – до 35,12 % (контроль – 30,13 %) и кальцию – до 2,55 % (контроль – 2,1 %) [5–А].

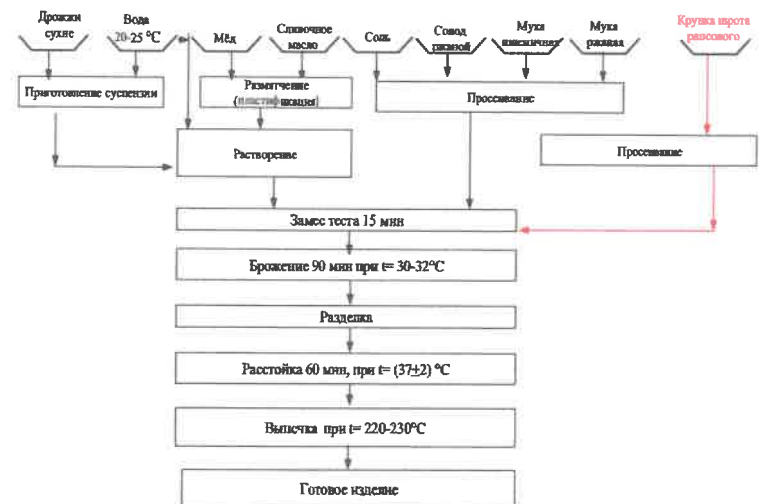
На основании проведенных исследований разработана новая технология пшенично-ржаного хлеба повышенной пищевой и биологической ценности (рисунок 8, в).



а – Технология производства дрожжевой булочки с мукой жмыха рапсового



б – Технология производства кекса с мукой жмыха рапсового



в – Технология производства пшенично-ржаного хлеба с крупкой шрота рапсового

Рисунок 8 – Технологические схемы производства мучных изделий с мукой жмыха и крупкой шрота рапсовых

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Научно обоснованы критерии качества и показатели пищевой безопасности жмыха и шрота рапсовых, подтверждающие возможность их использования в качестве пищевых ингредиентов. Органолептические свойства (типичные цвет, вкус и запах) и токсикологические показатели (свинец – до 0,13 мг/кг, мышьяк – 0,050 мг/кг, кадмий – до 0,023 мг/кг; отсутствие ртути и хлорорганических пестицидов) находятся в пределах гигиенических нормативов. Низкий уровень антипитательных веществ (эруковая кислота – 0,1–0,4 %, глюкозинолаты – 0,8 %) исключает негативное физиологическое воздействие на организм человека [1–А; 4–А; 17–А; 19–А].
2. Получены новые данные о химическом составе жмыха и шрота, полученных из маслосемян рапса белорусской селекции. Показано, что жмых и шрот содержат полноценные белки (35,0–39,0 %); минеральные вещества (6,2–6,8 %); пищевые волокна более 30 %; жир – 2,4–7,45 %, характеризующийся преобладанием ненасыщенных жирных кислот семейства ω -3 (линоленовой кислоты) и ω -6 (линолевой кислоты) (соотношение 1:2), а также высоким содержанием ω -9 олеиновой кислоты (60,4 % от суммы жирных кислот). Установлен богатый макро-, микронутриентный (К, Са, Mg, Mn, Fe) и витаминный (В₄, В₅, В₂, В₁, РР) состав, явившийся теоретическим фундаментом для направленного конструирования рецептур мучных изделий [1–А; 4–А; 7–А; 8–А; 10–А; 14–А].
3. Экспериментально аргументирован выбор дисперсных форм внесения рапсового сырья. Перевод ингредиентов в состояние муки (0,33–0,4 мм) и крупки (0,66–1,0 мм) оптимизирует гранулометрический состав композитных смесей, обеспечивая однородное распределение частиц в поликомпонентной матрице теста, способствуя равномерной гидратации биополимеров. Установлено, что мука жмыха и крупка шрота рапсового по технологическим свойствам превышают аналогичные свойства муки и крупки жмыха сои: водосвязывающую способность (ВСС) – на 14,6–19,5 %, водоудерживающую способность (ВУС) – на 53,8–70,8 %, жирудерживающую способность (ЖУС) – на 11,8–13,5 %, набухаемость – на 11,1–13,3 %, что свидетельствует о высокой технологической эффективности данных ингредиентов в производстве мучных изделий [3–А; 6–А; 9–А; 16–А; 18–А].
4. Получены математические зависимости, описывающие влияние муки и крупки жмыха и шрота рапсовых на хлебопекарные (технологические) свойства пшеничной муки, реологические свойства теста, на технологический процесс производства мучных изделий и качество готовой продукции. Установлен характер изменения (увеличения) газообразующей и газоудерживающей

способностей – на 38,2–46,6 % соответственно, что позволяет определить оптимальные концентрации муки жмыха и крупки шрота рапсовых (5–7 % замена пшеничной муки на муку жмыха и крупку шрота рапсовых), обеспечивающие получение оптимальных режимов производства мучных изделий с улучшенными показателями качества [2–А; 3–А; 12–А].

5. Разработаны новые ускоренные технологии производства мучных изделий с мукой жмыха рапсового (дрожжевой булочки и кекса). Установлены оптимальные параметры технологического производства:

– для дрожжевой булочки: выдерживание муки жмыха рапсового в количестве 5 % взамен пшеничной муки при гидромодуле 1:3, $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин, брожение теста (60 мин, $(30\pm 2)^{\circ}\text{C}$), разделка, расстойка и выпечка, что позволяет оптимизировать реологическое поведение теста, повысить формоустойчивость полуфабрикатов на 26 %, способствует формированию развитой пористости мякиша, ее увеличению на 10,5 %, росту выхода готовых изделий на 15 %, сокращению продолжительности технологического процесса на 30 мин и удовлетворению суточной потребности организма в белке на 12,0 %, в Mg – на 11,25 %, холине (витамина B4) – на 10,5 %, в K – на 4,71 %, в Ca – 3,42 %, Fe – 3,15 %.

– для кекса: введение 7 % муки жмыха рапсового взамен пшеничной муки на стадии взбивания сахаро-яичной смеси, что обеспечивает сокращение времени взбивания до 10–11 мин вместо 15 мин, увеличение пенообразующей способности на 4,5–5,6 % и снижение плотности теста на 20 %, удовлетворение суточной потребности в витамине B4 – на 23,7 %, в Mn – на 19,0 %, в витамине B1 – на 13,7 %, в белке – на 11,7 %, в K – на 5,76 %, в Ca – на 4,41 % [2–А; 3–А, 11–А; 12–А; 13–А; 15–А; 22–А].

6. Разработана новая ускоренная технология производства пшенично-ржаного хлеба с внесением 5 % крупки шрота рапсового взамен пшеничной муки, включающая брожение теста при $(37\pm 2)^{\circ}\text{C}$ в течение 90 мин, разделку, расстойку и выпечку, что позволяет сократить технологический цикл на 60 мин, полностью исключить из рецептуры сахар за счет собственных усвояемых углеводов крупки шрота рапсового, обеспечить получение мелкопористой однородной структуры мякиша и увеличение формоустойчивости хлеба на 16,1 %, удовлетворение суточной потребности организма в Mn – на 35,12 %, витамина B4 – на 14,6 %, витамина B1 – на 13,0 %, белка на – 10,1 %, Mg – на 8,7 % при потреблении нового ассортимента хлеба [5–А; 9–А; 11–А; 12–А; 14–А; 20–А; 21–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

На основании результатов научных исследований, представленных в диссертации, исследовано качество жмыха и шрота, полученных из маслосемян рапса белорусской селекции, как пищевых продуктов. Разработаны и зарегистрированы технические условия «Жмых рапсовый пищевой» ТУ ВУ 700036606.136-2023, «Шрот рапсовый пищевой» ТУ ВУ 700036606.137-2024. Разработанные ТУ могут быть использованы для организации выпуска жмыха и шрота рапсовых пищевых для производства мучных изделий.

Разработаны и утверждены рецептуры на мучные изделия: РЦ ВУ 700036606.389-2025 Сдобная булочка «Нёманская» с мукой жмыха рапсового; РЦ ВУ 700036606.390-2025 Кекс с мукой жмыха рапсового; РЦ ВУ 700036606.391-2025 Кекс с мукой шрота рапсового; РЦ ВУ 700036606.392-2025 Пшенично-ржаной хлеб «Здоровье» с крупкой шрота рапсового.

Результаты научных исследований внедрены в образовательный процесс кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий». Разработанные технологии мучных изделий апробированы на государственном предприятии «КШП г. Минск», в кондитерских цехах ЗАО «Днепр» ресторана «Винтаж» г. Могилева, ООО «Шафаг 88» ресторана «Гранд Савой» и ОДО «Ассорти Групп» г. Могилева.

Экономический эффект обусловлен рациональным использованием вторичного отечественного растительного сырья, которое позволит снизить импорт растительного сырья, в частности сои и продуктов ее переработки, а также на 4,55 % снизить себестоимость мучных изделий.

Применение жмыха и шрота рапсовых в производстве мучных изделий позволяет расширить ассортимент продуктов повышенной пищевой и биологической ценности. Обогащение продукции витаминами В₄, В₅ и минеральными веществами (Mg, K, Ca, Mn) компенсирует дефицит нутриентов в рационе и способствует профилактике алиментарных заболеваний.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных журналах:

1–А. Василенко, З. В. Характеристика химического состава жмыха из семян рапса сорта «Неман» белорусской селекции / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Т. В. Трофименко // Вестник БГУТ. – 2022. – № 1 (32). – С. 27–36.

2–А. Василенко, З. В. Характеристика показателей качества, белково-минерального и витаминного состава сдобной булочки с добавлением муки жмыха рапсового / З. В. Василенко, Ш. Н. Атаханов, Т. В. Трофименко,

Т. Н. Болашенко, Е. Н. Кучерова // Вестник БГУТ. – 2023. – № 2 (35). – С. 63–73.

3–А. Василенко, З. В. Влияние муки жмыха рапсового на качество пшеничной муки и подъемную силу дрожжей / З. В. Василенко, Ш. Н. Атаханов, **Т. В. Трофименко** // Вестник БГУТ. – 2023. – № 2 (35). – С. 96–103.

4–А. Сравнительная характеристика пищевой ценности жмыха и шрота рапсовых, полученных из семян рапса белорусской селекции / З. В. Василенко, Е. А. Цед, Е. Н. Кучерова, **Т. В. Трофименко** // Вестник БГУТ. – 2024. – № 1 (36). – С. 3–14.

5–А. Влияние крупки шрота рапсового на показатели качества пшенично-ржаного хлеба «Здоровье» / З. В. Василенко, Л. В. Лазовикова, **Т. В. Трофименко**, А. А. Мощина // Вестник БГУТ. – 2024. – № 2 (37). – С. 3–10.

Статьи в научных изданиях и сборниках научных трудов:

6–А. Василенко, З. В. Функционально-технологические свойства жмыха рапсового белорусской селекции / З. В. Василенко, Е. Н. Кучерова, **Т. В. Трофименко** // Механика и технологии. – 2023. – № 3. – С. 6–17. – DOI: org/0009-0002-2403-1496.

7–А. Исследование органолептических и физико-химических показателей рапсового жмыха, выращенного в Республике Узбекистан / У.О. Муминов, С.Н. Хошимов, М.Н. Муродов, Ш. Н. Атаханов, **Т. В. Трофименко**, Л. Мамаджанов // Universum. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 6–67.

8–А. Rapsni yog'i olingan siqmasining organoleptic va fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarini tadqiq etish / Z. V. Vasilenko, M. Muradov, **T. V. Trofimenko**, S. Xoshimov, U. Mo'minov // Journal of Food Science. – 2023. – № 5. – P. 39–42. = Исследование органолептических и физико-химических показателей рапсового масла / З. В. Василенко, М. Мурадов, **Т. В. Трофименко**, С. Хошимов, У. Моминов // Журнал пищевых наук. – 2023. – № 5. – С. 39–42.

9–А. Василенко, З. В. Влияние на реологические свойства мучных смесей на основе муки пшеничной высшего сорта и муки шрота рапсового / З. В. Василенко, **Т. В. Трофименко** // Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. XX Междунар. науч. конф. «Инновационные технологии в пищевой промышленности», Минск, 3–4 окт., 2024 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2024. – С. 350–356.

Статьи в сборниках материалов конференции:

10–А. Василенко, З. В. Особенности химического состава жмыха рапсового белорусской селекции / З. В. Василенко, Э. М. Омарова,

Т. В. Трофименко // Техника и технология пищевых производств : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21–22 апр. 2022 г. : в 2-х т. / Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий ; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: БГУТ, 2022. – Т. 1. – С. 243–244.

11–А. Василенко, З. В. Возможность использования муки рапсового жмыха при производстве хлебопродуктов / З. В. Василенко, Е. Н. Кучерова, **Т. В. Трофименко** // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : науч. статьи X Междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 19–20 окт., 2023 г. / Воронежский гос. ун-т инженерных технологий ; редкол.: В. Н. Попов [и др.]. – Воронеж, 2023. – С. 341–346.

12–А. Василенко, З. В. Исследование реологических свойств теста из пшенично-ржаной муки с использованием муки жмыха рапсового / З. В. Василенко, Т. И. Пискун, **Т. В. Трофименко** // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : науч. статьи XI Междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 28–29 нояб., 2024 г. / Воронежский гос. ун-т инженерных технологий ; редкол.: Л. В. Антипова [и др.]. – Воронеж, 2024. – С. 547–555.

13–А. О влиянии муки жмыха рапсового на качество кексов / З. В. Василенко, П. А. Ромашихин, **Т. В. Трофименко**, А. А. Мощина // Техника и технология пищевых производств : материалы XVI Междунар. науч. конф., Могилев, 17–18 апр., 2025 г. / Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий ; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2025. – Т. 1. – С. 144–145.

14–А. Химический состав и аминокислотный состав белков шрота, полученного из семян рапса белорусской селекции / З. В. Василенко, Т. Н. Болашенко, **Т. В. Трофименко**, Е. Н. Кучерова, А. А. Мощина // Техника и технология пищевых производств : материалы XVI Междунар. науч. конф., Могилев, 17–18 апр., 2025 г. / Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий ; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2025. – Т. 1. – С. 156–157.

15–А. Использование муки жмыха рапсового пищевого для улучшения минерального состава кексов / З. В. Василенко, **Т. В. Трофименко**, К. В. Рейникова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : научные статьи XII Междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 15–16 окт., 2025 г. / Воронежский гос. ун-т инженерных технологий ; редкол.: Л. В. Антипова [и др.]. – Воронеж, 2025. – С. 76–82.

Тезисы докладов:

16–А. Василенко, З. В. Влияние размеров частиц жмыха рапсового белорусской селекции на технологические свойства / З. В. Василенко, Т. И. Пискун, **Т. В. Трофименко** // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : тез. докл. VIII

Междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 30 нояб., 2022 г. / Воронежский гос. ун-т инженерных технологий ; редкол.: В. Н. Попов [и др.]. – Воронеж, 2023. – С. 232–234.

17–А. Василенко, З. В. Исследование показателей безопасности жмыха рапсового, полученного из семян белорусской селекции / З. В. Василенко, Т. В. Трофименко, Н. С. Порошков // Техника и технология пищевых производств : тез. докл. XV Междунар. науч. конф. студ. и аспирантов, Могилев, 19–20 апр., 2023 г. / Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий ; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилев : БГУТ, 2023. – С. 190–191

18–А. Василенко, З. В. Влияние размеров частиц на технологические свойства шрота рапсового белорусской селекции / З. В. Василенко, Т. В. Трофименко, А. Д. Лоточко // Техника и технология пищевых производств : тез. докл. XVI Междунар. науч. конф. студ. и аспирантов, Могилев, 18–19 апр., 2024 г. / Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий ; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилев : БГУТ, 2024. – С. 142.

19–А. Исследование показателей безопасности шрота рапсового, полученного из семян белорусской селекции / З. В. Василенко, Ш. Н. Атаханов, Т. В. Трофименко, А. В. Яловецкая // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. XVI Междунар. науч. конф. студ. и аспирантов, Могилев, 18–19 апр., 2024 г. / Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий ; редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилев БГУТ, 2024. – С. 141.

20–А. Василенко, З. В. Исследование витаминного состава шрота из семян рапса белорусской селекции / З. В. Василенко, Е. Н. Кучерова, Т. В. Трофименко // Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе : тез. докл. IV Междунар. науч.-техн. конф., Ташкент, 26–27 апр., 2024 г. / Ташкентский гос. техн. ун-т им. Ислама Каримова ; редкол.: С. М. Турабаджанов [и др.]. – Ташкент, 2024. – С. 316–317.

21–А. Василенко, З. В. Исследование минерального состава шрота из семян рапса белорусской селекции / З. В. Василенко, Т. И. Пискун, Т. В. Трофименко // Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе: тез. докл. IV Междунар. науч.-техн. конф., Ташкент, 26–27 апр., 2024 г. / Ташкентский гос. техн. ун-т им. Ислама Каримова ; редкол.: С. М. Турабаджанов [и др.]. – Ташкент, 2024. – С. 321–322.

Патенты:

22–А. Патент ВУ 24616, МПК А 21D 13/06 (2017.01). Способ приготовления кекса с использованием жмыха рапса : № а20230333 : заявлено 20.12.2023 : опубл. 05.06.2025 / Василенко З. В., Трофименко Т. В., Кучерова Е. Н. ; заявитель Бел. гос. ун-т пищевых и химических технологий. – 5 с.

РЕЗЮМЕ

Трофименко Татьяна Владимировна

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЖМЫХОМ И ШРОТОМ ИЗ МАСЛОСЕМЯН РАПСА

Ключевые слова: жмых и шрот рапсовые, мука, крупка, белок, полиненасыщенные жирные кислоты, минеральные вещества, мучные изделия

Цель работы: разработка технологии производства мучных изделий с мукой жмыха и крупкой шрота рапсовых.

Методы исследования: органолептические, технологические, микробиологические, хроматографические, методы математической обработки.

Полученные результаты и их новизна: получены новые данные о химическом, фракционном и аминокислотном составе белков, жирнокислотном составе жиров, минеральном и витаминном составе жмыха и шрота, полученных из маслосемян рапса белорусской селекции, углубляющие и расширяющие сведения о продукте переработки семян рапса. Показано, что жмых и шрот рапсовые являются безопасными ингредиентами. Установлено, что жмых и шрот рапсовые характеризуются высоким содержанием сбалансированных белков, достаточно высоким содержанием жиров, клетчатки, минеральных веществ и витаминов. Кроме того, показано, что жиры жмыха рапсового характеризуются особенно высоким содержанием олеиновой (60,4 %), линолевой и α -линоленовой жирной кислоты, не синтезирующихся в организме.

Исследованы технологические свойства муки жмыха и крупки шрота рапсовых в сравнении с мукой и крупкой жмыха сои. Установлено, что они превышают аналогичные свойства муки и крупки жмыха сои. Установлены оптимальные параметры внесения муки жмыха и крупки шрота рапсовых в тесто при производстве мучных изделий. Доказана возможность замены пшеничной муки на муку жмыха и крупку шрота рапсовых при производстве мучных изделий. Впервые разработаны новые технологии мучных изделий с добавлением муки жмыха и крупки шрота рапсовых.

Дана характеристика пищевой и биологической ценности разработанных мучных изделий с добавлением муки жмыха и крупки шрота рапсовых, показано, что разработанные мучные изделия по содержанию белков, олеиновой, α -линоленовой жирной кислоты, витаминов группы В могут быть отнесены к изделиям с улучшенной пищевой и биологической ценностью.

Рекомендации по использованию: для организации выпуска пищевого жмыха и шрота рапсовых для производства мучных изделий, для использования в учебном процессе.

Область применения: хлебопекарная отрасль пищевой промышленности.

РЭЗЮМЭ
Трафіменка Таццяна Уладзіміраўна
ТЭХНАЛОГІЯ ВЫТВОРЧАСЦІ МУЧНЫХ ВЫРАБАЎ З
ЖМЫХАМ І ШРОТАМ З АЛЕЙНАГА СЕМЯ РАПСУ

Ключавыя словы: жмых і шрот рапсавыя, мука, крупы, бялок, поліненасычаныя тлустыя кіслоты, мінеральныя рэчывы, мучныя вырабы.

Мэта працы: распрацоўка тэхналогіі вытворчасці мучных вырабаў з мукой жмыху і крупамі шроту рапсавых.

Метады даследавання: арганалептычныя, тэхналагічныя, мікрабіялагічныя, храматаграфічныя, метады матэматычнай апрацоўкі.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: атрыманы новыя даныя аб хімічным, фракцыйным і амінакіслотным складзе бялкоў, тлустакіслотным складзе тлушчаў, мінеральным і вітамінным складзе жмыху і шроту, атрыманых з алейнага насення рапсу беларускай селекцыі, якія паглыбляюць і пашыраюць звесткі пра прадукт перапрацоўкі насення рапсу. Паказана, што жмых і шрот рапсавыя з'яўляюцца экалагічна бяспечнымі інгрэдыентамі. Устаноўлена, што жмых і шрот рапсавыя характарызуюцца высокім утрыманнем збалансаваных бялкоў, дастаткова высокім утрыманнем тлушчаў, клятчаткі, мінеральных рэчываў і вітамінаў. Акрамя таго, паказана, што тлушчы рапсавага жмыху характарызуюцца асабліва высокім утрыманнем алеінавай (60,4 %), ліналевай і α -ліналенавай тлустых кіслот, якія не сінтэзуюцца ў арганізме.

Даследаваны тэхналагічныя ўласцівасці мукі жмыху і крупкі шроту рапсавых у параўнанні з мукой і крупкай жмыху соі. Устаноўлена, што яны перавышаюць аналагічныя ўласцівасці мукі і крупкі жмыху соі.

Устаноўлены аптымальныя параметры ўнясення мукі жмыху і крупкі шроту рапсавых у цеста пры вытворчасці мучных вырабаў. Даказана магчымасць замены пшанічнай мукі на муку жмыху і крупку шроту рапсавых пры вытворчасці мучных вырабаў. Упершыню распрацаваны новыя тэхналогіі мучных вырабаў з даданнем мукі жмыху і крупкі шроту рапсавых.

Дадзена характарыстыка харчовай і біялагічнай каштоўнасці распрацаваўшых мучных вырабаў з даданнем мукі жмыху і крупкі шроту рапсавых. Паказана, што распрацаваныя мучныя вырабы па ўтрыманні бялкоў, алеінавай, α -ліналенавай тлустых кіслот, вітамінаў гр. В могуць быць аднесены да вырабаў з палепшанай харчовай і біялагічнай каштоўнасцю.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: для арганізацыі выпуску харчовага жмыху і шроту рапсавых для вытворчасці мучных вырабаў, для выкарыстання ў навучальным працэсе.

Галіна прымянення: хлебапякарная галіна харчовай прамысловасці

SUMMARY

Tatyana Vladimirovna Trofimenko

TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF FLOUR PRODUCTS WITH OILRAPESEED CAKE AND MEAL

Keywords: rapeseed oil cake and meal, flour, grits, protein, polyunsaturated fatty acids, minerals, flour products.

Objective: development of a production technology for flour products using rapeseed oil cake flour and rapeseed meal grits.

Research methods: organoleptic, technological, microbiological, chromatographic, and mathematical data processing methods.

Results and novelty: new data were obtained on the chemical, fractional, and amino acid composition of proteins, fatty acid composition of lipids, as well as the mineral and vitamin composition of oil cake and meal derived from oilseeds of Belarusian selection rapeseeds, deepening and expanding the existing knowledge on rapeseed processing products. Rapeseed oil cake and meal were shown to be environmentally safe ingredients. It was established that rapeseed oil cake and meal are characterized by a high content of balanced proteins, and a significantly high content of fats, fiber, minerals, and vitamins. Furthermore, lipids of rapeseed oil cake were shown to feature a particularly high content of oleic (60.4 %), linoleic, and α -linolenic fatty acids, which are not synthesized in the human body.

The technological properties of rapeseed oil cake flour and rapeseed meal grits were investigated in comparison with soy oil cake flour and grits. It was established that they exceed the corresponding properties of soy oil cake flour and grits.

Optimal parameters for incorporating rapeseed oil cake flour and rapeseed meal grits into dough during the production of flour products were established. The feasibility of replacing wheat flour with rapeseed oil cake flour and rapeseed meal grits in flour product manufacturing was proven. For the first time, new technologies for flour products with the addition of rapeseed oil cake flour and rapeseed meal grits were developed.

The nutritional and biological value of the developed flour products with the addition of rapeseed oil cake flour and rapeseed meal grits was characterized. It was shown that in terms of protein, oleic acid, α -linolenic fatty acid, and B-group vitamin content, the developed flour products can be classified as products with improved nutritional value.

Recommendations for use: for organizing the production of food-grade rapeseed oil cake and meal for flour product manufacturing, and for use in the educational process.

Field of application: the baking branch of the food industry.



**Трофименко
Татьяна Владимировна**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
СО ЖМЫХОМ И ШРОТОМ ИЗ МАСЛОСЕМЯН РАПСА**

Подписано в печать 23.10.2026. Формат 60×84 1/16.

Цифровая печать. Гарнитура Times New Roman.

Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,6.

Тираж 60 экз. Заказ 84.

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/272 от 04.04.2014.

Отпечатано в учреждении образования

«Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий».

Пр-т Шмидта, 3, 212027, Могилев.