

Включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований
*Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь
от 2 февраля 2011 г. № 26*



ISSN 2073-4794

Том 19
№2(72)
2026

**РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Основан в 2008 году

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

ул. Козлова, 29, г. Минск,
220037, Республика Беларусь
Тел./факс: +375 (17) 252-55-70,
+375 (17) 361-84-01, +375 (17) 396-67-33
(редактор)

e-mail: journal@belproduct.com

Редакция не несет ответственности
за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать
с позицией автора

Отпечатано в типографии

УП «ИВЦ Минфина»

Подписано в печать 15.06.2026.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonC. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,62.

Тираж 100 экз. Заказ 299.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

Ул. Кальварийская, 17-1, 220004, г. Минск.

Учредитель

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной
академии наук Беларуси по продовольствию»

Зарегистрирован в Министерстве информации
Республики Беларусь (свидетельство
о регистрации № 590 от 30 июля 2009 г.)

Журнал включен в базу данных
Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ)

Подписные индексы:

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственных подписчиков 012412



FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 19 №2(72) 2026

Founder:

**Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Centre
for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus"**

Editor-in-Chief:

Lovkis Zenon Valentinovich — Chief Researcher of the Administration of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", Honored Scientist of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor

Editorial council:

Meleschenya Aleksey Viktorovich — Deputy Editor-in-Chief, General Director of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Economical Sciences, Associate Professor

Akulich Alexandr Vasilyevich — Vice-Rector for Scientific Work of the educational institution "Belarusian State University of Food and Chemical Technologies", Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus

Gusakov Gordey Vladimirovich — Director of the Republican Unitary Enterprise "Institute of the Meat and Dairy Industry", PhD of Economical Sciences

Zhakova Kristina Ivanovna — Scientific Secretary of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Technical Sciences

Zaichenko Dmitry Aleksandrovich — Deputy General Director for Scientific and Innovation Work of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Komarova Natalya Viktorovna — Deputy General Director for Research and Standardization of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Laptenok Natalya Sergeevna — director of the research and production republican subsidiary unitary enterprise "Beltekhnokhleb", PhD of Technical Sciences

Lisitsin Andrey Borisovich — Scientific Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems", Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor

Morgunova Elena Mikhailovna — Deputy General Director for Standardization and Quality of Food Products of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Savenkova Tatyana Valentinovna — Director of the Research Institute of Quality, Safety and Technologies of Specialized Food Products of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian University of Economics. G.V. Plekhanov", Doctor of Technical Sciences, Professor

Sharshunov Vyacheslav Alekseevich — Professor of the Department of Machines and Apparatus for Food Production of the Educational Institution "Belarusian State University of Food and Chemical Technologies", Honored Scientist of the Republic of Belarus, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor

Shepshelev Alexandr Anatolyevich — Director of the State Scientific Institution "Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus", PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Akopova Svetlana Sergeevna — executive editor, leading engineer of the scientific and technical information sector of the professional development center of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food"

The Journal is included in the List
of Journals for Publication of the Results of Dissertation Research

*Supreme Certifying Commission of the Republic of Belarus
decree of 2 February 2011*



ISSN 2073-4794

Vol. 19
№2(72)
2026

**PEER-REVIEWED SCIENTIFIC
AND TECHNICAL JOURNAL**

FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

The Journal was founded in 2008

Issued four times a year

Address of the Editorial Office:

29, Kozlova str., Minsk
220037, Republic of Belarus
Tel./Fax: +375 (17) 252-55-70,
+375 (17) 361-84-01, +375 (17) 396-67-33
(editor)
E-mail journal@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"
It is sent of the press 15.06.2026
Format 60x84/8. Offset paper.
NewtonC type. Offset printing.
Printed pages 11,62.
Circulation 100 copies. Order 299.
LP № 02330/89 of 3 March 2014
17-1, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

Subscription indexes
For individuals 01241
For legal entities 012412

Founder

Republican Unitary Enterprise "Scientific-
Practical Centre for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus"

Registered in Ministry of Information of the
Republic of Belarus
(Registration Certificate № 530 of July 2009)

The journal is included into
the database of Russian Science
Citation Index (RSCI)

СОДЕРЖАНИЕ

И. А. Оганезов, Л. К. Ловкис, Н. Г. Королевич, А. В. Буга. Оценка современного состояния и развития производства свинины в Республике Беларусь и в России	6
А. В. Мелещеня, Д. А. Зайченко, С. И. Корзан. Влияние технологических приемов обработки какао-бобов на эффективность ее измельчения.....	13
Л. В. Шустова, Е. Н. Урбанчик. Аналитическое обоснование перспектив переработки пророщенной зеленой гречки в сортовую муку	22
Д. С. Лозовская, А. Н. Михалюк. Технологические аспекты производства снеков из творога.....	37
О. В. Чекун, И. М. Почипкая. Оптимизация жирнокислотного состава растительных полуфабрикатов на основе бобовых и круп.....	45
О. В. Павлова. Совершенствование режимов кислотно-щелочного гидролиза в процессе получения хитозана	55
Ж. А. Рупасова, С. Н. Авраменко, А. С. Саян, Т. А. Мадзиевская, Т. М. Шункевич, С. В. Далидович, П. М. Бычковский, Ю. М. Пинчукова. Биохимический состав функциональных пищевых ингредиентов для приготовления соусов, мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с антистрессорной направленностью	64
Л. В. Евтушевская, Д. И. Гоман. Исследование технологических факторов получения и функциональных свойств таблетированного сухого картофельного пюре.....	76
Е. В. Бречко, А. А. Садовский, С. И. Корзан, А. С. Данилюк, И. К. Кишко. Озоновые технологии для защиты зерна от вредителей в период хранения	85
В. В. Соловьёв, О. В. Вышников, Ю. А. Шимановская. Тренд mindful drinking и изменения в культуре потребления алкогольных напитков.....	96

CONTENTS

I. A. Oganezov, L. K. Lovkis, N. G. Korolevich, A. V. Buga. Assessment of the current state and development of pork production in the Republic of Belarus and in Russia	6
A. V. Meleschenya, D. A. Zaichenko, S. I. Korzan. Impact of cocoa shell processing techniques on its grinding efficiency	13
L. V. Shustova, E. N. Urbanchik. Analytical substantiation of the prospects of processing sprouted green buckwheat into grade flour	22
D. S. Lozovskaya, A. N. Mikhalyuk. Technological aspects of production of cottage cheese snacks.....	37
O. V. Chekun, I. M. Pochitskaya. Optimization of fatty acid composition of vegetable semi-finished products based on legumes and cereals	45
O. V. Pavlova. Improvement of acid-base hydrolysis methods in the process of obtaining chitosan.....	55
J. A. Rupasova, S. N. Avramenko, A. S. Sayan, T. A. Madzievskaya, T.M. Shinkevich, S. V. Dalidovich, P. M. Bychkovsky, Yu. M. Pinchukova. Biochemical composition of functional food ingredients for the preparation of sauces, flour confectionery and bakery products with antistress orientation	64
L. V. Evtushevskaya, D. I. Goman. Study of technological factors of production and functional properties of tablet dry mashed potatoes	76
E. V. Brechko, A. A. Sadouski, S. I. Korzan, A. S. Danilyuk. Ozone technologies for protecting grain from pests during storage	85
V. V. Solovyov, O. V. Vyshnikova, Y. A. Shimanovskaya. The mindful drinking trend and changes in the culture of alcohol consumption	96

УДК 631.15:33

Поступила в редакцию 26.01.2026

Received 26.01.2026

¹И. А. Оганезов, ²Л. К. Ловкис, ¹Н. Г. Королевич, ³А. В. Буга*¹Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь**²Государственное учреждение дополнительного образования взрослых «Центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь» г. Минск, Республика Беларусь**³Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВИНИНЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И В РОССИИ

Аннотация. Выполнен анализ основных особенностей производства свинины как сырья для пищевой промышленности в Республике Беларусь и в России. Исследованы основные тенденции развития производства свинины в Республике Беларусь и в России за последние годы. Даны прогнозы по количественной оценке производства свинины в Беларуси и в России в ближайшие годы.

Ключевые слова: свиноводство, поголовье, привесы, тенденции, откорм, живая масса, содержание, технологии, селекция, гибридизация, агрохолдинги, динамика, прогнозы.

¹I. A. Oganezov, ²L. K. Lovkis, ¹N. G. Korolevich, ³A. V. Buga*¹Educational institution “Belarusian State Agrarian Technical University” Minsk, Republic of Belarus**²State Institution for Continuing Adult Education “Center for Training, Advanced Training, and Retraining of Personnel of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus” Minsk, Republic of Belarus**³North-Western Institute of Management of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, St. Petersburg, Russian Federation*

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF PORK PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS AND IN RUSSIA

Abstract. An analysis of the key characteristics of pork production as a raw material for the food industry in the Republic of Belarus and Russia is provided. Key trends in pork production development in Belarus and Russia in recent years are examined. Forecasts for quantitative assessment of pork production in Belarus and Russia in the coming years are provided.

Keywords: Pig farming, livestock, weight gain, trends, fattening, live weight, maintenance, technology, selection, hybridization, agroholdings, dynamics, forecasts.

Введение. Свиноводство играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности Беларуси. Свинина и ее продукты традиционно занимают важное место в рационе белорусов, что делает эту отрасль особенно значимой для увеличения мясного производства. В целом, население республики полностью обеспечено свининой и продуктами из нее. Потребность в этом мясе составляет около 295 тыс. т, что в пересчете на живой вес равно примерно 390 тысячам тонн. Этот уровень производства успешно поддерживается в стране.

Из 100 действующих свиноводческих комплексов 63 работают более 20 лет, а 25 — более 40. Большинство этих предприятий технически и морально устарели. Устаревшие технологии содержания и кормления требуют много энергии и ресурсов. Высокие затраты на корма и низкие производственные показатели снижают конкурентоспособность отрасли.

В целом производство (выращивание) свиней на старых комплексах, как правило, низкоэффективное. Есть примеры, где рентабельность от продажи свиней составляет минус 25-ти и менее процентов. На новых комплексах рентабельность продаж, как правило, положительная и составляет от 3 и более процентов.

На современных комплексах за счет созданных условий кормления и содержания продуктивность свиней значительно выше, чем на комплексах с морально и физически устаревшей производственной базой. Так, среднесуточные привесы свиней на выращивании и откорме составляют более 700 граммов при затратах кормов 3,2 центнера и менее кормовых единиц на 1 центнер прироста.

В ряде крупных сельскохозяйственных организаций Беларуси, например, в агрокомбинатах «Беловежский» Каменецкого района, «Снов» Несвижского, «Александрийское» Шкловского и др. функционируют цеха по переработке производимой продукции, выпускающие готовую мясную продукцию и полуфабрикаты, что пользуется устойчивым спросом в нашей стране и за рубежом [1].

Современное свиноводство в Республике Беларусь направлено на модернизацию и создание крупнотоварных агрохолдингов для повышения эффективности производства. Ключевые цели развития на ближайшую перспективу направлены на внедрение ресурсосберегающих технологий, обеспечение среднесуточных привесов от 800 граммов и выше, снижение себестоимости продукции, на обеспечение ее конкурентоспособности в рамках стратегии развития отрасли на 2025–2034 гг. [1].

Эффективное развитие мясной отрасли — одна из ключевых задач государственной аграрной политики Беларуси. Эта стратегия направлена на укрепление продовольственной безопасности, повышение конкурентоспособности и увеличение экспорта мясной продукции.

Цель исследования — оценка текущего состояния и перспектив развития производства свинины. Анализ экономико-статистических данных, выработка практических рекомендаций для улучшения производства свинины на ключевых рынках Беларуси, повышению эффективности свиноводства и развития импортозамещения.

В соответствии с указанной целью определены следующие основные задачи:

- ♦ анализ современного состояния развития производства свинины в Республике Беларусь и в России и выявление основных изменений по объемам их производства;
- ♦ выявление и обоснование конкретных резервов для повышения экономической эффективности производства свинины на основе внедрения новых технологий в Республике Беларусь и в Российской Федерации.

Материалы и методы исследований. Теоретической основой данного исследования являются фундаментальные и прикладные научные труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам научных основ развития свиноводства и продукции ее переработки.

Информационной базой исследования стали отраслевые справочно-нормативные материалы, положения и рекомендации специализированных научно-исследовательских учреждений, данные государственных статистических органов.

С учетом поставленных задач в работе применялись методы исследования: абстрактно-логический, монографический, расчетно-конструктивный, экономико-статистический.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2022–2023 годах в нашей республике наблюдалось сокращение производства (выращивания) свиней на 12 %, или на 53 тыс. голов. Падеж свиней увеличился, а количество приплода поросят сократилось на 8 % [1,3].

Как отметил глава государства в выступлении, посвященном проблемам свиноводства в нашей стране, основные проблемы отрасли имели место на 70 % свиноводческих комплексов, которые были построены более 20 лет назад, и нуждаются в модернизации [1,3].

С 1990 по 2010 годы в республике не строили новые свиноводческие комплексы. Свиней выращивали на старых предприятиях по технологиям СССР. Показатели были низкими. В 2010 году среднесуточный привес свиней составлял 507 граммов при затратах кормов 4,5 центнера кормовых единиц на центнер привеса [1,4]. Для развития свиноводства была разработана и внедрена Республиканская программа реконструкции, технического переоснащения и строительства комплексов на 2011–2015 годы [1].

В последующие годы развитие свиноводческой отрасли продолжалось в рамках Государственных программ по развитию аграрного бизнеса, за счет модернизации материально-технической базы путем строительства новых современных комплексов по выращиванию свиней, реконструкции и модернизации действующих предприятий, укрупнения производства на основе кооперации и интеграции, совершенствования государственного регулирования производства продукции [1].

Всего в рамках государственных программ с 2014 по 2024 годы были введены в эксплуатацию 29 новых комплексов суммарной мощностью более 1,2 млн голов откорма в год с годовым производством (выращиванием) свиней в живом весе более 147 тыс. т, что составляет третью часть от всего производства свинины в нашей республике [1].

Некоторые свиноводческие комплексы были переданы или вошли в интеграционные структуры под руководством мясоперерабатывающих компаний или производителей комбикорма.

Благодаря строительству новых комплексов, модернизации существующих, обеспечению свиней сбалансированными кормами и другим мерам, производственные показатели значительно улучшились. В 2024 году среднесуточный привес свиней на свиноводческих комплексах достиг 670 граммов, при затратах кормов 3,4–3,5 центнера кормовых единиц на центнер привеса.

По итогам проведенной работы по специализации отрасли свиноводства промышленные комплексы производят более 92 % всей свинины в республике.

Основные конкуренты белорусских свиноводческих комплексов в России, такие как АПХ «Мираторг» (14,8 %), «Русагро» (10,1 %) и «Сибagro» (7,5 %), используют вертикально-интегрированные бизнес-модели. Эти компании контролируют полный производственный цикл: от растениеводства до логистики и дистрибуции, что позволяет им обеспечивать высокое качество продукции и доступные цены для потребителей.

Отечественное свиноводство сталкивается с рядом дополнительных рисков. Среди них — эпизодические вспышки заболеваний, нехватка автоматизированных технологий и недостаточный учет колебаний рыночных цен на комбикорма. Государственное регулирование закупочных цен на свинину помогает стабилизировать сбыт, но периодический резкий рост мировых цен на корма, происходящий примерно раз в три-четыре года, может привести к значительным убыткам производителей. Это негативно сказывается на их финансовой устойчивости и производственной деятельности.

По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) в настоящее время в мире отмечается увеличение затрат на качественные корма, устойчивое производство, ориентированное на комфортное содержание животных, контроль и снижение заболеваемости, на вертикальную интеграцию и координацию производства свинины.

Создание мощных агропромышленных компаний, включающих земельные угодья, комбикормовые заводы, мясоперерабатывающие предприятия и торговые сети, поможет быстро решать проблемы в производственных цепочках и эффективно распределять прибыль для развития. Положительный пример — российские агрохолдинги. За последние 10 лет они увеличили производство более чем в 2,5 раза и успешно конкурируют с белорусскими производителями на внутреннем и внешнем рынках.

Опыт крупных свиноводческих компаний в России показывает, что производство обычно делится на несколько площадок. Репродукторы в таких структурах рассчитаны на 3–5 тысяч свиноматок, а откормочные площадки — на 60–100 тыс. голов в год. Один крупный агрохолдинг может владеть 10–40 такими площадками.

Однако, учитывая меньшую территорию Беларуси, экологические требования и эпизоотическую ситуацию, строительство крупных свиноводческих комплексов на 300–500 тысяч голов в год признано нецелесообразным. Вместо одного крупного комплекса агрохолдинги могут строить до 10 или более комплексов меньшей мощности (до 100 тысяч голов), расположенных на разных площадках. Это снижает риски при эпизоотиях и уменьшает экологическую нагрузку, учитывая объемы навозных стоков и необходимость их утилизации [1].

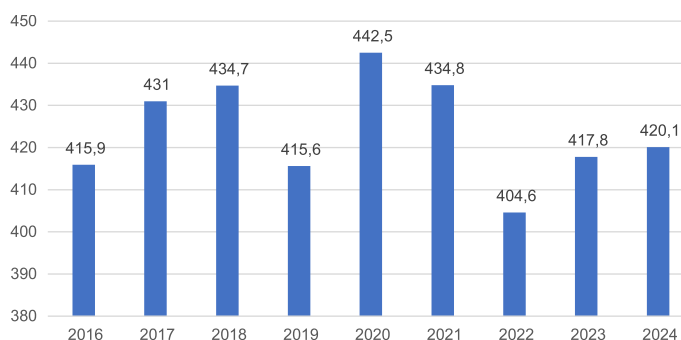


Рис. 1. Реализация свинины на убой в живом весе в сельскохозяйственных организациях, тыс. т

Fig. 1. Sales of live weight pork for slaughter in agricultural organizations, thousand tons

В качестве основных приоритетов и направлений развития отрасли свиноводства в целях повышения ее эффективности наиболее важны строительство новых предприятий, реконструкция и модернизация действующих объектов, развитие кормовой базы и селекционно-племенной работы.

Цель развития свиноводства — внедрение цифровых технологий в производственные процессы и создание крупных агрохолдингов.

На рис.1 показаны данные о реализации свинины на убой в живом весе сельскохозяйственными организациями с 2016 по 2023 годы, в тысячах тонн [8].

В 2024 году реализация свинины на убой в живом весе в сельскохозяйственных организациях выросла на 1,01 % по сравнению с 2016 годом. Это связано с сокращением поголовья и увеличением среднесуточных привесов. Однако этот показатель оказался на 5,79 % ниже запланированного значения по развитию свиноводства до 2035 года [1].

В себестоимости продукции свиноводства Беларуси основная часть затрат приходится на корма, которые составляют от 55 % до 72 % всех издержек. Современные технологии промышленного свиноводства предусматривают использование полноценных комбикормов, разработанных по специальной рецептуре для каждой возрастной группы животных.

В 2024 году затраты на корма на центнер привеса варьировались от 2,6 центнеров кормовых единиц в Брестской области до 4,2 центнеров в Гомельской области.

В Беларуси разработана стратегия развития ультрасовременного свиноводства на 2025–2034 годы. Согласно этой стратегии, планируется построить 12 новых свиноводческих комплексов, четыре из которых будут рассчитаны на 100 тыс. голов. Успешная реализация этой стратегии позволит сократить импорт свинины, повысить ее конкурентоспособность и довести общее производство до 500 тыс. т и более [1].

Индикаторы развития отрасли свиноводства на период до 2035 года приведены в табл. 1. [1].

Т а б л и ц а 1. Индикаторы развития отрасли свиноводства на период до 2035 года
Table 1. Indicators of development of the pig farming industry for the period up to 2035

Показатели	Единица измерения	2023 год	Прогноз									
			2025 год	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год	2031 год	2032 год	2033 год	2034 год
Объем производства (выращивания) свиней в живом весе в хозяйствах всех категорий	тыс. т	457,2	410,0	440,0	445,0	485,0	495,0	500,0	505,0	510,0	515,0	520,0
Реализация свиней в живом весе	тыс. т	451,1	370,0	420,0	425,0	478,0	488,0	492,0	497,0	502,0	507,0	512,0
Среднесуточный привес на выращивании и откорме	гр.	662	665	670	680	750	770	780	785	790	795	800
Расход кормов на 1 центнер привеса	ц. к. ед	3,67	3,65	3,63	3,6	3,50	3,30	3,25	3,20	3,15	3,10	3,00
Численность свиней	тыс. гол.	2493,0	2180,0	2320,0	2500,0	2520,0	2525,0	2530,0	2535,0	2540,0	2545,0	2550,0

Национальный Союз свиноводов (НСС) составил рейтинг 20 крупнейших производителей свинины в Российской Федерации по итогам 2024 года (табл. 2) [10].

Т а б л и ц а 2. Рейтинг ТОП-20 крупнейших производителей свинины в РФ по итогам 2024 г. [10]
Table 2. Rating of the TOP-20 largest pork producers in the Russian Federation based on the results of 2024 [10]

№ п/п	Наименование Российской компании	Производство свинины, тыс. т	Доля на Российском рынке, %
1.	АПХ «Мираторг»	868,8	14,8
2.	ГК «РусАгро»	593,3	10,1
3.	АО «СибАгро»	440,8	7,5
4.	ООО «Великолукский свиноводческий комплекс»	400,1	6,8
5.	Группа «Черкизово»	335,5	5,7

Окончание табл. 2

№ п/п	Наименование Российской компании	Производство свинины, тыс. т	Доля на Российском рынке, %
6.	ГК «Агроэко»	331,3	5,6
7.	ООО «Управляющая компания РБПИ» и СПФ	310,0	5,3
8.	ГК «Агропромкомплектация»	300,8	5,1
9.	ГК «Талина»	170,9	2,9
10.	ООО «Башкирская мясная компания»	125,2	2,1
11.	ООО «Коралл»	101,2	1,7
12.	«Агрокомплекс» им Н. И. Ткачева	96,9	1,6
13.	АВК «Эксима»	96,5	1,6
14.	ООО «Агрофирма Ариант»	92,3	1,6
15.	ООО «Белгранкорм»	91,2	1,6
16.	ГК «Останкино»	81,0	1,4
17.	ООО «Камский Бекон»	63,6	1,1
18.	ГК КоПИТАНИЯ	61,0	1,0
19.	ООО СПК «Звениговский»	58,3	1,0
20.	ЗАО «Агрофирма «Дороничи»	53,1	0,9
21.	Итого 20 крупнейших предприятий	4671,8	79,56
22.	Остальные производители	1200,5	20,44
Общий объем промышленного производства свинины в РФ, тыс. т, живой вес		5872,3	100

В 2024 году агропромышленный холдинг «Мираторг» произвел 868,8 тыс. тонн свинины в живом весе. Компания увеличила объемы на 8,1 %, а ее доля на российском рынке выросла до 14,8 %. Об этом сообщили в Национальном союзе свиноводов.

Группа компаний «Русагро» поднялась на второе место, обогнав конкурентов. В 2024 году она выпустила 593,3 тыс. тонн свинины, что почти вдвое больше, чем в предыдущем году. Доля «Русагро» на рынке увеличилась с 6 % до 10,1 %.

АО «Сибарго», несмотря на рост производства на 16,7 %, опустилось на третью позицию. Однако компания увеличила свою долю на рынке с 6,7 % до 7,5 %, а объем выпуска продукции достиг 440,8 тыс. т. [10]

Бизнес-модель «Мираторга» основана на вертикальной интеграции, обеспечивая полный контроль качества и себестоимости. Холдинг лидирует в России с 2010 года. Он использует современные технологии, собственную кормовую базу и генетические центры, а также масштабную сеть предприятий переработки для выпуска более 3000 наименований продукции [11].

Основные элементы бизнес-модели АПХ «Мираторг» [11]:

- ♦ вертикальная интеграция: АПХ «Мираторг» контролирует все этапы производства: выращивание зерновых, производство комбикормов, генетику, репродукцию, откорм, убой, глубокую переработку и логистику;

- ♦ масштаб и эффективность: инвестиции в проекты на выращивание млн голов свиней позволяют достигать высокой эффективности за счет масштабов;

- ♦ собственная кормовая база: производство комбикормов из собственных зерновых снижает зависимость от рыночных цен на корма и гарантирует качество конечной продукции;

- ♦ технологии и генетика: использование передовых генетических методов (работа селекционно-генетических центров) повышает продуктивность выращивания животных;

- ♦ дистрибуция: собственная розничная сеть, работа с ритейлерами и развитая логистика обеспечивают своевременную доставку продукции до потребителя.

Компания АПХ «Мираторг» также делает упор на высокие стандарты качества (в том числе сертификаты «Халяль») и развитие собственного бренда, что позволяет занимать доминирующее положение на российском рынке мясной продукции.

С 2016 по 2024 годы производство свинины в России выросло на 1949 тыс. т, или 45,02 %. Свиноводство стало лидером среди мясных отраслей по темпам роста. В 2020 году на убой отправили около 5,5 млн тонн свиней в живом весе. К 2024 году показатель увеличился на 14,7 %, достигнув 6,3 млн тонн. Это на 3,6 % больше, чем в 2023 году. По сравнению с 2005 годом производство свинины в России выросло втрое [12–15].

Т а б л и ц а 3. Численность свиней в хозяйствах всех категорий РФ
 Table 3. Number of pigs in farms of all categories in the Russian Federation

	Год									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Численность свиней, тыс. гол.	21925	23076	23727	25163	25850	26193	27606	28268	27825	28440
Общий объем промышленного производства свинины в РФ, тыс. т, живой вес	4329	4460	4798	5032	5473	5490	5779	6061	6278	6450
Экспорт свинины, тыс. т	—	—	—	100	217	203	164	22	300	390

С 2019 по 2025 годы экспорт свинины из России в натуральном выражении показал рост на уровне 290 % или за 7 лет динамику ежегодного прироста 41,47 % в год.

Заключение. В Беларуси планируется развитие ультрасовременного свиноводства. К 2034 году необходимо построить 12 новых комплексов, что увеличит производство свинины до 520 тыс. т и выше. Свиноводство обеспечит мясом местные мясоперерабатывающие предприятия. Из отечественной свинины будут производить мясные и колбасные изделия с высокой добавленной стоимостью и продуктов здорового питания с собственным брендом. Продукцию планируют продавать на внутреннем и внешнем рынках.

Российские эксперты считают, что к 2030 году нужно увеличить производство свинины на 1 мил т в живой массе. Это примерно на 16–17 % в год. Экспорт свинины должен вырасти с 390 тыс. т в 2025 году до 550 тыс. т в 2030-м.

Список использованных источников

1. Стратегия развития ультрасовременного свиноводства на 2025–2034 годы. Стратегия обеспечения животноводства концентрированными кормами на 2025–2030 годы (Приказ Минсельхозпрода от 30 октября 2024г. №257) URL: https://mshp.gov.by/ru/documents_animal-ru/view/strategija-razvitiya-ultrasovremennogo-svinovodstva-na-20252034-gody-strategija-obespechenija-10204 (дата обращения: 11.02.2026).
2. Обзор рынка мяса и мясной продукции Республики Беларусь URL: <https://bikratings.by/wp-content/uploads/2021/11/otchet-myaso.pdf> (дата обращения: 11.02.2026).
3. Вопросы развития свиноводства обсудили на совещании во Дворце Независимости [Электронный ресурс]: – URL: <https://belarus-news.by/news/voprosy-razvitiya-svinovodstva-obsudili-na-soveshchani-vo-dvorce-nezavisimosti>. (дата обращения: 11.02.2026).
4. Результаты и перспективы развития свиноводства в Беларуси URL: <https://www.slavgorod.by/2023/12/21/rezultaty-raboty-i-perspektivy-razvitiya-svinovodstva-v-belarusi> (дата обращения: 11.02.2026).
5. На Брянщине работает предприятие по уникальной бизнес-модели «от поля до прилавка» URL: <https://www.bryansk.kp.ru/daily/26921.5/3971865> (дата обращения: 11.02.2026).
6. Пресс-релиз «О численности скота и птицы, производстве продукции животноводства в хозяйствах всех категорий за 2024 год URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaystvo/godovye-dannye/o-chislennosti-skota-i-ptitsy-proizvodstve-produktsii-zhivotnovodstva-v-khozyaystvakh-vsekh-kategori> (дата обращения: 11.02.2026).
7. Регионы Республики Беларусь: социально-экономические показатели: статистический сборник. Т. 1 / редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 2025. – 709 с.
8. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. буклет / редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 2025. – 36 с.
9. Среднесуточные привесы скота в сельскохозяйственных организациях. – URL: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10205100033> (дата обращения: 11.02.2026).
10. Рейтинг ТОП-20 крупнейших производителей свинины в России по итогам 2024 года. – URL: <https://agromics.ru/novosti/svinokompleksy> (дата обращения: 11.02.2026).
11. Как создается премиальное мясо. – URL: https://miratorg.ru/upload/medialibrary/070/Forbes_august.pdf (дата обращения: 11.02.2026).
12. Свиноводство — главный драйвер мясной подотрасли. – URL: <https://zsr.ru/zsr-2025-sv-001#> (дата обращения: 11.02.2026).
13. Производство свинины в России в 2024 году (тысяч тонн), по предварительным данным Росстат. – URL: <https://agromics.ru/novosti/svinokompleksy/> (дата обращения: 11.02.2026).
14. Российский рынок мяса: итоги 2024 года. – URL: https://asomp.ru/news/rossiiskii_myasnoi_rynok_itogi_2024_goda?ysclid=m6p48lh9xw825639793 (дата обращения: 11.02.2026).
15. Представлен рейтинг крупнейших производителей свинины. – URL: <https://zsr.ru/news/predstavlen-reyting-krupneyshikh-proizvoditeley-svininy> (дата обращения: 11.02.2026). URL: <https://zsr.ru/news/predstavlen-reyting-krupneyshikh-proizvoditeley-svininy> (дата обращения: 11.02.2026).

16. Экспорт и импорт мяса в России. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 11.02.2026).
17. Беларусь вошла в топ-5 покупателей российской свинины. – URL: <https://myfin.by/article/rynki/belarusvosla-v-top-5-pokupatelej-rossijskoj-svininy> (дата обращения: 11.02.2026).
18. Беларусь стала главным покупателем российской свинины в 2024 году. – URL: <https://sputnik.by/20250109/belarus-stala-glavnym-pokupatelem-rossijskoj-svininy-v-2024-godu-1092549649.html> (дата обращения: 11.02.2026).
19. Главное таможенное управление КНР предоставило разрешение на экспорт в Китай трем российским свиноводческим предприятиям. – URL: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/news/tri-rossijskih-svinovodcheskih-predpriyatija-poluchili-razreshenie-na-jeksport-v-kitaj> (дата обращения: 11.02.2026).
20. Рентабельность в свиноводстве: как развиваться на насыщенном рынке до 2030 года. – URL: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/rentabel-nost-v-svinovodstve-kak-razvivat-sja-na-nasyschennom-rynke-do-2030-goda> (дата обращения: 11.02.2026).

Информация об авторах

Оганезов Игорь Азизович, кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», (пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: iaoganezov.eop@gmail.com

Ловкис Лилия Константиновна, главный специалист отдела методического обеспечения Государственного учреждения дополнительного образования взрослых «Центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь» (ул. Красная, 8, 220030, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: LovkisLilia@mail.ru

Королевич Наталья Генриховна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики организации предприятий АПК УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, г. Минск, 220023, Республика Беларусь).

E-mail: superkorolnat@yandex.ru

Буга Александр Владимирович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики Северо-Западного института управления филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (Средний проспект В. О., д. 57/43, 199178, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация).

E-mail: ale-buga@yandex.ru

Information about the authors

Oganezov Igor Azizovich, PhD (Technical), Associate Professor, Department of Economics and Organization of Agricultural Enterprises, Educational Institution, Educational Institution «Belarusian State Agrarian Technical University», (99, Nezavisimosti ave., 220023, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: iaogan-ezov.eop@gmail.com

Lovkis Liliya Konstantinovna, Chief Specialist, Department of Methodological Support, State Institution for Continuing Adult Education «Center for Training, Advanced Training, and Retraining of Personnel of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus» (8, Krasnozvezdnaya St., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: LovkisLilia@mail.ru

Korolevich Natalia Genrikhovna, Ph D (Economic), Associate Professor, Head of the Department of Economics of Agricultural Enterprises at the Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti Av., Minsk, 220023, Republic of Belarus).

E-mail: superkorolnat@yandex.ru

Buga Alexander Vladimirovich, Ph D (Economic), Associate Professor, Department of Economics, Northwestern Institute of Management, Federal State University budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation” (57/43, Sredny Prospekt V. O., 199178, St. Petersburg, Russian Federation)

E-mail: ale-buga@yandex.ru

А. В. Мелешеня, Д. А. Зайченко, С. И. Корзан

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ КАКАОВЕЛЛЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния технологических приемов обработки на эффективность процесса измельчения какао-веллы. Установлены следующие технологические приемы: предварительная гидротермическая и экструзионная обработки с последующим стадийным механическим измельчением с классификацией фракций. Гидротермическая обработка позволяет увеличить в 1,52 раза выход фракции размером 26–56 мкм, а экструзионная обработка – в 2,86 раза. Получены зависимости изменения среднего диаметра частиц порошка какао-веллы подвергнутого различным технологическим обработкам от продолжительности измельчения.

Ключевые слова: какао-велла, производство, исследование, процесс, гидротермическая обработка, экструзионная обработка, измельчение, фракционирование, зависимость.

A. V. Meleschenya, D. A. Zaichenko, S. I. Korzan

*RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus*

IMPACT OF COCOA SHELL PROCESSING TECHNIQUES ON ITS GRINDING EFFICIENCY

Abstract. This article presents the results of a study examining the impact of processing techniques on the efficiency of cocoa shell grinding. The following processing techniques were identified: preliminary hydrothermal and extrusion treatments followed by multistage mechanical grinding with fraction classification. Hydrothermal treatment allows to increase the yield of the fraction with a size of 26–56 µm by 1.52 times, and extrusion treatment – by 2.86 times. The dependences of the change in the average particle diameter of cocoa shell powder subjected to various processing techniques on the grinding duration were obtained.

Keywords: cocoa shell, production, research, process, hydrothermal treatment, extrusion processing, grinding, fractionation, dependence.

Введение. В пищевой промышленности Республики Беларусь, как и за рубежом, при производстве кондитерских изделий используются какао-бобы. В процессе их переработки образуется побочный продукт – какао-велла (рис. 1), которая на текущий момент в стране не перерабатывается. При этом она обладает богатым химическим составом, имеет пониженную энергетическую ценность, сохраняя насыщенный цвет и аромат, что делает ее перспективным сырьем для использования в качестве функционального ингредиента частично или полностью заменяющего какао-порошок. В результате анализа литературных данных, установлено, что по пищевой ценности какао-велла характеризуется пониженным содержанием жира (какао-масла) и повышенным содержанием витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон, на долю которых приходится более 60 %, в том числе клетчатка (25 %), пектиновые вещества (15 %), пентозаны (13 %). Органолептические свойства порошка какао-веллы схожи с какао-порошком, при этом себестоимость порошка из какао-веллы в 4,5 раза ниже себестоимости какао-порошка [1]. В качестве натуральной добавки порошок какао-веллы можно использовать для повышения биологической ценности пищевых продуктов со вкусом и ароматом какао, в частности отделочных полуфабрикатов (сироп, помада, желе, крем, посыпки, глазурь, мастика, марципан, карамель и др.), выпечных полуфабрикатов (бисквитные, песочные, слоеные, заварные, воздушные, воздушно-ореховые, миндальные, крошковые и вафельные), кондитерских изделий и молочной продукции [2, 3].



Рис. 1. Образование какаовеллы
Fig. 1. Formation of cocoa shells

Согласно данным лондонской биржи ICE Futures стоимость какао-бобов впервые в истории в декабре 2024 г. превысила 12 000 дол. США за тонну. На январь 2026 г. биржевая стоимость какао-бобов остановилась в районе 6000 дол. США [4]. Ежегодно в стране производится около 160 тыс. тонн кондитерских изделий. Основными производителями, перерабатывающими какао-бобы, являются СОАО «Коммунарка» и СП ОАО «Спартак». Годовой импорт какао-бобов в Республику Беларусь составляет около 7500 тонн. Вес какаовеллы составляет 10–15 % от веса какао-бобов, следовательно, в год в стране образуется около 1000 тонн какаовеллы. Отечественными предприятиями какаовелла утилизируется как твердые бытовые отходы или небольшое количество по низкой цене реализуется в качестве добавки в животные и рыбные корма, для мульчирования почвы, в виде источника тепла при сжигании [3]. С учетом вышеизложенного переработка какаовеллы на сегодня является актуальной задачей.

Ограничения использования какаовеллы при производстве пищевой продукции связаны с высокой микробиологической обсемененностью и трудностью получения из нее тонкодисперсного порошка. Микробиологическую обсемененность значительно можно снизить если отделяемую какаовеллу после обжарки какао-бобов не накапливать в складах, а сразу перерабатывать, возможно предусмотреть дополнительное обеззараживание. Трудности измельчения какаовеллы связаны с ее низкой плотностью, высокой твердостью и абразивностью. Степень измельчения какаовеллы напрямую влияет на вкусовые качества конечного продукта и при недостаточном ее измельчении в употребляемом изделии ощущается специфическая зернистость и песчанистость.

В настоящее время в Республике Беларусь действуют СТБ 1206-2000 [5] и ГОСТ 34073-2017 [6] на какаовеллу молотую, разработанные на основе требований, предъявляемых к какао-порошку (СТБ 1205-2012 [7] и ГОСТ 108-76 [8]). Ввиду различия структуры какаовеллы и ядра какао-бобов, предлагаемая степень измельчения какаовеллы не позволяет ее использовать при производстве пищевой продукции. Степень измельчения какаовеллы, согласно ГОСТ 34073-2017 составляет не более 280–315 мкм, а у какао-порошка, согласно СТБ 1205-2012: для промышленной переработки – 280–315 мкм, для реализации – 150–160 мкм [6, 7].

Согласно проведенному анализу исследований технологических приемов обработки различных материалов для эффективного измельчения какаовеллы можно применить предварительную гидро-термическую и экструзионную обработки с последующим стадийным механическим измельчением с классификацией фракций.

Цель работы заключается в определении влияния предварительной гидротермической и экструзионной обработок какаовеллы на эффективность ее измельчения, обеспечивающие выход тонкодисперсного порошка со степенью измельчения менее 50 мкм.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовалась какаовелла, образующаяся на производственной линии СОАО «Коммунарка».

Методика проведения экспериментальных исследований по использованию предварительной гидро-термической обработки (далее – ГТО) на эффективность измельчения какаовеллы заключалась в следующих действиях:

- 1) взвешивание необходимого количества какаовеллы;

2) замачивание установленного количества какаоеллы в холодной воде на 5 мин, 1 ч и 8 ч;
3) извлечение какаоеллы из воды, отволаживание (выдерживание после замачивания и просушивание россыпью в течение 16 ч для проникновения влаги внутрь);

4) сушка какаоеллы при температуре 110 °С до влажности 14 %;

5) стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице;

6) классификация полученного порошка какаоеллы на фракции.

Методика проведения процесса экструзионной обработки (далее – ЭО) на эффективность измельчения какаоеллы заключалась в следующих действиях:

1) подготовка какаоеллы (увлажнение холодной водой, гидромодуль какаоелла : вода = 3 : 1,25; выдерживание 30 мин для равномерного распределения влаги);

2) экструдирование какаоеллы;

3) сушка экструдата при температуре 110 °С до влажности 14 %;

4) стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице;

5) классификация полученного порошка какаоеллы на фракции.

ЭО какаоеллы по методу теплой и горячей экструзии осуществляли на опытном производстве РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с использованием двухшнекового экструдера DS 56-III. Метод теплой экструзии предполагает смешивание сухого сырья и воды. В экструдере смесь подвергается механическому и тепловому воздействию. Метод горячей экструзии предполагает протекание процессов на высокой скорости и при температуре около 200 °С.

Экструдирование проводили при следующих технологических режимах:

- рабочая температура экструдера: при теплой – преднагрев отсутствовал, естественный нагрев около 75 °С; при горячей – 150–180 °С;

- частота вращения шнеков – 80–100 мин⁻¹;

- диаметр отверстия фильеры – 4 мм, 5 мм и 10 мм.

На следующем этапе работ проводили стадийное механическое измельчение высушенной какаоеллы после ГТО и ЭО на пальцевой дробилке Ш12-НКВ/2 и шаровой мельнице Ш12-МШШ. Общий вид используемого оборудования приведен на рис. 2, а их технические характеристики – в таб. 1.

Разделение полученного порошка какаоеллы на фракции после измельчения осуществляли на калибровочных ситах (рис. 3, а) согласно схеме, приведенной на рис. 3, б.

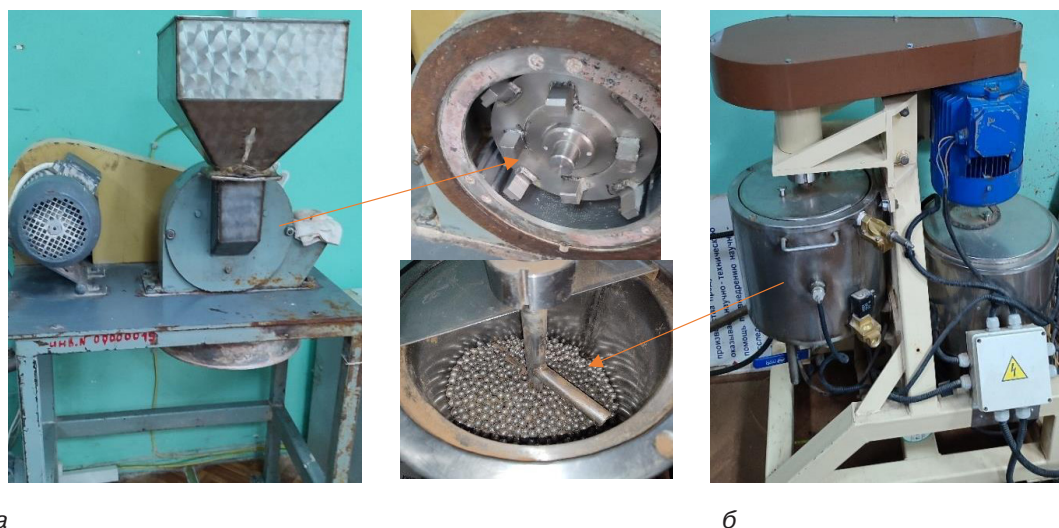


Рис. 2. Общий вид пальцевой дробилки (а) и шаровой мельницы (б)

Fig. 2. General view of a finger crusher (a) and a ball mill (б)

Т а б л и ц а 1. Техническая характеристика оборудования

Table 1. Technical characteristics of the equipment

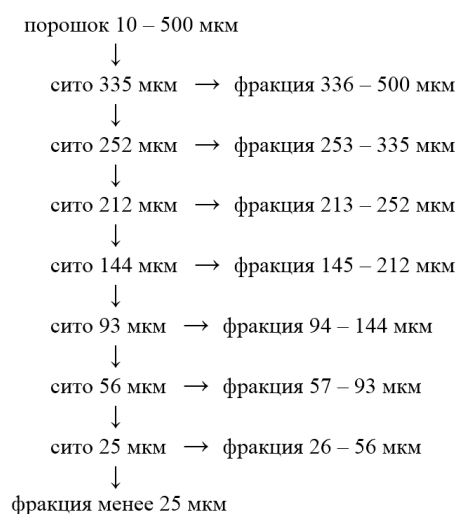
Наименование параметров	Пальцевая дробилка Ш12-НКВ/2	Шаровая мельница Ш12-МШШ
Производительность, кг/ч, не менее	50	—
Мощность двигателя, кВт	4,0	1,1

Окончание табл. 1

Наименование параметров	Пальцевая дробилка Ш12-НКВ/2	Шаровая мельница Ш12-МШШ
Марка электродвигателя	АИР100S2У3	АИР90LB8У3
Частота вращения вала электродвигателя, мин ⁻¹	3000	710
Частота вращения ротора/мешалки, мин ⁻¹	7000	10–185
Диаметр ячейки сита, мм	1,0	—
Передаточное отношение передачи	≈0,43	≈3,25
Количество ремней на шкиве, шт.	2	2
Расчетный объем емкости, кг	—	2,5
Мощность нагревателя воды, кВт	—	3,0
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм, не более	870×579×1393	900×600×1150
Масса, кг	178	160



а



б

Рис. 3. Калибровочные сита (а) и схема (б) фракционирования порошка какаошеллы
Fig. 3. Calibration sieves (a) and diagram (b) for fractionating cocoa shell powder

Результаты и их обсуждение. Проведенные экспериментальные исследования по ГТО какаошеллы, позволили установить, что с увеличением времени замачивания растут потери какаошеллы: при 5 мин – (7 ± 1) %, при 1 ч – (9 ± 1) %, при 8 ч – (14 ± 1) %. Замачивание продолжительностью 1 ч и 8 ч оказывает незначительное влияние на степень измельчения какаошеллы, при этом увеличение времени замачивания до 8 ч сопровождается выраженной потерей ароматических свойств, что недопустимо.

Проведенные исследования показали, что при использовании ГТО какаошелла приобретает темный оттенок относительно исходного (рис. 4).



а



б

а – без обработки; б – гидротермическая обработка

Рис. 4. Образцы какаошеллы

а – without treatment; б – hydrothermal treatment

Fig. 4. Cocoa shell samples

Порошок какаоеллы после ГТО хуже просеивается по сравнению с порошком какаоеллы без обработки, обладает повышенной маслянистостью. Приведенные выше данные позволяют предположить, что в результате ГТО из какаоеллы вымываются и удаляются вместе с водой часть растворимых веществ.

Проведенные экспериментальные исследования, направленные на получение экструдата методом горячей экструзии (150–180 °С) неизмельченной какаоеллы, позволили установить, что при таком режиме не представляется возможным проэкструдировать, так как какаоелла при достижении высокой температуры в рабочей зоне экструдера частично сгорает и уплотняется в виде «песка». При этом необходимо отметить, что при экструзии полностью теряются ароматические свойства конечного продукта.

При проведении экструзионной обработки по теплomu методу в какаоеллу добавляли холодную воду (гидромуль – какаоелла : вода = 3 : 1,25), перемешивали и выдерживали 30 мин для равномерного распределения влаги. Полученную массу подавали в экструдер без предварительного нагрева. В процессе работы экструдер самонагревался до 75 °С. Полученный экструдат досушивали в сушильном шкафу. Внешний вид полученного экструдата какаоеллы после сушки в сушильном шкафу при температуре 110 °С до влажности 14 % приведен на рис. 5.



а – матрица 5 мм; б – матрица 10 мм

Рис. 5. Внешний вид полученного экструдата по методу теплой экструзии (после сушки)

а – 5 mm matrix; б – 10 mm matrix

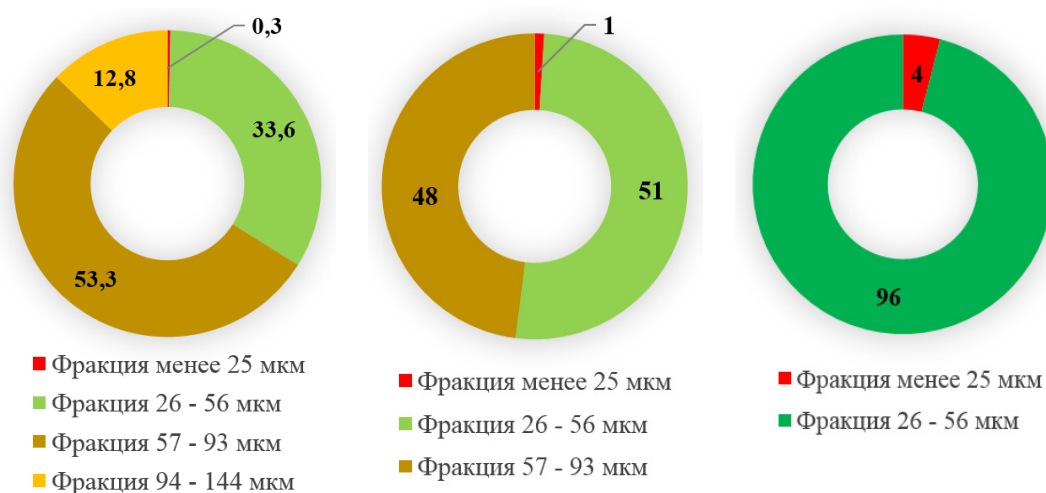
Fig. 5. Appearance of the extrudate obtained by the warm extrusion method (after drying)

После сушки какаоеллу подвергали стадийному механическому измельчению с классификацией фракций. На пальцевой дробилке Ш12-НКВ/2 получали грубо измельченную какаоеллу с размером фракции 150–1000 мкм. Полученную грубую фракцию далее измельчали на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин. В результате чего получили порошок какаоеллы с различной степенью измельчения 10–144 мкм. Далее осуществляли фракционирование полученного порошка на калибровочных ситах (рис. 3). Порошок какаоеллы взвешивали, а затем аккуратно легкими возвратно-поступательными движениями протирали мягкой кистью через изготовленные сита размером с 335 мкм до 25 мкм. Остатки на ситах взвешивали, полученные показатели пересчитывали в процентном соотношении к общей навеске. Полученные фракции порошка какаоеллы на вид не различимы, однако на ощупь значительно отличаются. В более крупных фракциях 212–335 мкм при растирании между пальцев ощущается зернистость, чего не наблюдается во фракции менее 50 мкм.

Полученный фракционный состав порошка какаоеллы, подвергнутой ГТО и ЭО приведен на рис. 6.

Анализируя данные, приведенные на рис. 6, можно сделать выводы, что при измельчении какаоеллы после гидротермической обработки с замачиванием 5 мин на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин увеличивается в 1,52 раза выход фракции размером 26–56 мкм. При измельчении экструдата какаоеллы на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин увеличивается в 2,86 раза выход фракции размером 26–56 мкм.

Дополнительно определили степень измельчения порошка какаоеллы, подвергнутой ГТО и ЭО, посредством анализа электронно-микроскопических изображений. Определение размера частиц порошка какаоеллы осуществляли на предварительно откалиброванном USB-микроскопе цифровом Espada U1600x. Полученный на микроскопе снимок, демонстрирующий размеры частичек порошка какаоеллы приведен на рис. 7.



а

б

в

а – стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице; *б* – ГТО и стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице; *в* – ЭО и стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице

Рис. 6. Фракционный состав порошка какаошells

а – staged grinding on a finger crusher and a ball mill; *б* – GTO and staged grinding on a finger crusher and a ball mill; *в* – EO and staged grinding on a finger crusher and a ball mill

Fig. 6. Fractional composition of cocoa shell powder

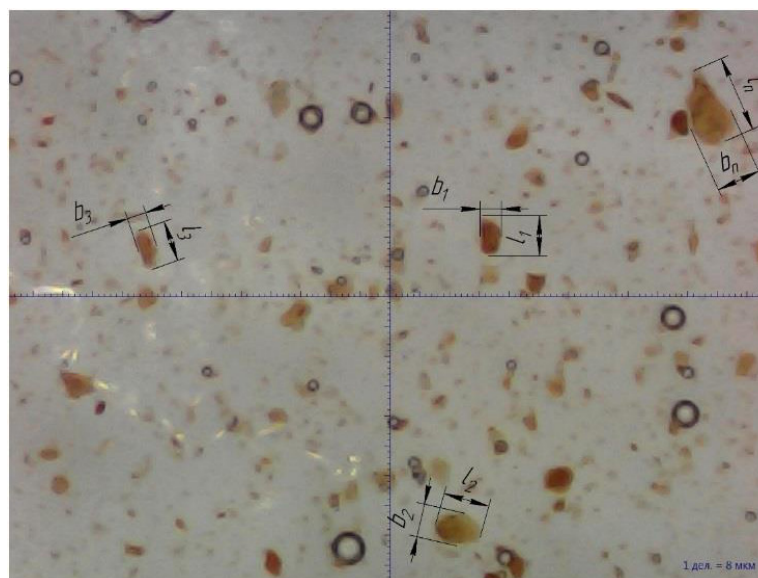


Рис. 7. Снимок изображения частиц порошка какаошells с указанием определяемых размеров
Fig. 7. Photograph of cocoa shell powder particles with the determined sizes indicated

Под размером частицы обычно понимается ее диаметр. С помощью диаметра можно охарактеризовать лишь частицы, имеющие сферическую форму. В случае, когда частица имеет неправильную форму, используется эквивалентный диаметр. В простейшем случае, когда можно измерить все три линейных размера: длину l , ширину b и высоту h , эквивалентный диаметр d_3 рассчитывается как среднее арифметическое [9]:

$$d_3 = \frac{l + b + h}{3}. \quad (1)$$

Поскольку измерение высоты частицы при микроскопическом анализе обычно сопровождается значительными трудностями, то чаще всего эквивалентный диаметр определяется без учета высоты частицы, следовательно, формула (1) примет вид

В качестве одной из характеристик полидисперсной системы часто применяется средний

$$d_s = \frac{l + b}{2}. \quad (2)$$

диаметр частиц системы или ее фракции. Именно средний диаметр используется для оценки удельной поверхности частиц, а также при расчетах параметров технологических процессов и оборудования.

Известны различные способы усреднения размеров частиц. Вид усреднения зависит от используемого метода дисперсионного анализа, вследствие чего найденные различными методами значения средних размеров частиц могут не совпадать [9, 10–12].

Для обработки полученных данных, использовали формулу для определения среднего (поверхностного) арифметического значения [10, 11]:

где d_{si} – эквивалентный диаметр i -ой частицы, мм; n – количество частиц. Количество измеренных

$$d_{cp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{si}}{n}}, \quad (3)$$

частиц на снимке изображения микроскопа (рис. 7), $n = 20$.

Путем измерения длины и ширины частичек порошка какаоеллы, согласно рис. 7, полученные значения подставляли в формулы (2) и (3), в результате чего получили данные по которым построены зависимости изменения среднего диаметра частиц порошка какаоеллы, подвергнутой ГТО и ЭО от продолжительности измельчения (рис. 8).

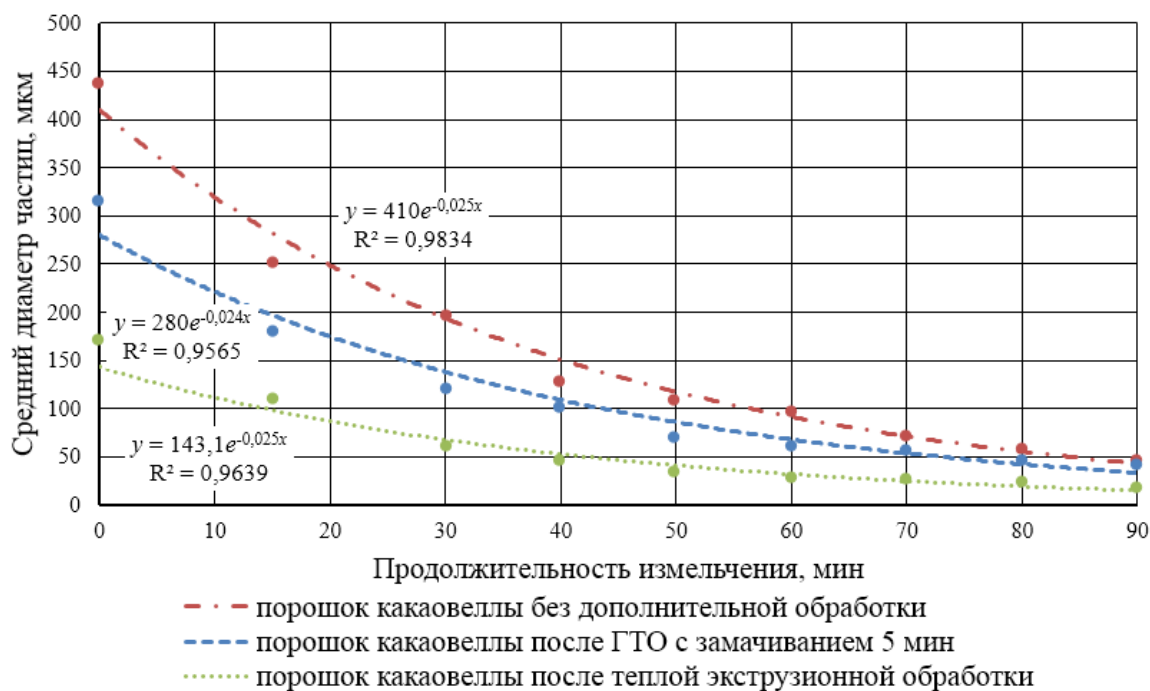


Рис. 8. Зависимости изменения среднего диаметра частиц порошка какаоеллы от продолжительности измельчения

Fig. 8. Dependence of the change in the average diameter of cocoa shell powder particles on the duration of grinding

Приведенные на рис. 8 зависимости наглядно демонстрируют, что ГТО с замачиванием 5 мин и ЭО положительно влияют на процесс измельчения какао-вещицы и позволяют эффективнее достичь требуемой степени измельчения. При этом необходимо отметить, что проведенные исследования позволяют установить требуемый фракционный размер частиц порошка какао-вещицы для использования в различных изделиях.

Заключение. В результате проведенных исследований, установлено:

1. Гидротермическая обработка, включающая в себя замачивание какао-вещицы в холодной воде на 5 мин, извлечение какао-вещицы из воды (процеживание), отволаживание (выдерживание после замачивания и просушивание россыпью в течение 16 ч для проникновения влаги внутрь какао-вещицы) и сушку при температуре 110 °С до влажности 14 %, влияет на процесс измельчения какао-вещицы. При измельчении какао-вещицы после гидротермической обработки с замачиванием 5 мин на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин получен следующий фракционный состав в процентном соотношении от общей навески: менее 25 мкм – 1 %; 26–56 мкм – 51 %, 57–93 мкм – 48 %; при измельчении какао-вещицы без обработки – менее 25 мкм – 0,3 %; 26–56 мкм – 33,6 %, 57–93 мкм – 53,3 %, 94–144 мкм – 12,8 %. Предлагаемый способ обработки позволяет увеличить в 1,52 раза выход фракции размером 26–56 мкм.

2. При применении гидротермической обработки вымываются и удаляются вместе с водой часть растворимых веществ из какао-вещицы. Порошок какао-вещицы приобретает маслянистую консистенцию, способствующая затруднительному просеиванию на ситах по сравнению с порошком какао-вещицы без обработки.

3. Применение гидротермической обработки с замачиванием продолжительностью 8 ч для эффективного измельчения какао-вещицы нецелесообразно, так как при данном процессе значительно теряется аромат какао-вещицы, что недопустимо.

4. Использование метода горячей экструзии при экструдировании какао-вещицы для получения экструдата не представляется возможным из-за ее сгорания в рабочей зоне экструдера и потери свойственного ей аромата.

5. Метод теплой экструзии влияет на процесс измельчения какао-вещицы. При измельчении полученного экструдата какао-вещицы на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин получен следующий фракционный состав в процентном соотношении от общей навески: менее 25 мкм – 4 %; 26–56 мкм – 96 %. Предлагаемый способ обработки позволяет увеличить в 2,86 раза выход фракции размером 26–56 мкм.

Предлагаемые способы обработки позволяют существенно снизить объем производственных отходов и использовать какао-вещицу в составе пищевых продуктов в качестве функционального ингредиента, частично или полностью заменяющего какао-порошок. Это способствует снижению себестоимости готовой продукции, расширит сырьевую базу и повысит ресурсную эффективность. Дополнительно предприятие получит добавленную стоимость за счет преобразования отходов производства в востребованный пищевой ингредиент.

Список использованных источников

1. Микробиологическая безопасность порошка из какао-вещицы для использования в кондитерских изделиях повышенной пищевой ценности / Г. О. Магомедов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2016. – № 3. – С. 100–107.
2. Скоклеенко, М. В. Применение вторичных продуктов переработки какао бобов для повышения конкурентоспособности кондитерских изделий / М. В. Скоклеенко, А. И. Куличенко, Т. В. Мамченко // Молодой ученый. – 2014. – № 6(65). – С. 366–368.
3. Технологические решения использования какао-вещицы при производстве пищевой продукции / А. В. Мелешеня, Д. А. Зайченко, С. И. Корзан, А. А. Садовский // Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по продовольствию ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск, 2024. – С. 160–169.
4. Фьючерс на какао США: цена и курс [Электронный ресурс] // Investing.com. – URL: <https://ru.investing.com/commodities/us-cocoa>. (дата доступа: 14.01.2026).
5. Полуфабрикаты шоколадного производства. Какао-вещица молотая. Технические условия = Паўфабрыкаты шакаладнай вытворчасці. Какававэла молатая. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 1206-2000. – Введ. 01.09.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 9 с.
6. Какао-вещица молотая. Технические условия = Какававэла молатая. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 34073-2017. – Введ. 01.07.2018. – Минск: Госстандарт, 2018. – 13 с.

7. Какао-жмых и какао-порошок. Общие технические условия = Какава-жмых і какава-парашок. Агульныя тэхнічныя ўмовы : СТБ 1205-2012. – Взамен СТБ 1205-2000 ; введ. 01.09.2013. – Минск: Госстандарт, 2013. – 19 с.
8. Какао-порошок. Технические условия = какава-парашок. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 108-76. – Введ 01.01.1977. – Минск: Госстандарт, 2011. – 9 с.
9. Гранулометрический анализ. Представление результатов. Часть 2. Расчет средних размеров/ диаметров частиц и моментов по распределению частиц по размерам = Грануламетрычны аналіз. Уяўленне вынікаў. Частка 2. Разлік сярэдніх памераў/дыяметраў часцінак і момантаў па размеркаванні часцінак па памерах : ISO 9276-2:2014. – Взамен ISO 9276-2:2001 ; введ. 15.05.2014. – Минск : Госстандарт : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. – 36 с.
10. Гаврилова, Н. Н. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов: учеб. пособие / Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О. В. Яровая. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 52 с.
11. Расчеты аппаратов кипящего слоя: справочник / А. П. Баскаков [и др.] ; под ред. И. П. Мухленова [и др.]. – Л. : Химия, 1986. – 352 с.
12. Домкин, К. И. Физические основы измерения размера частиц / К. И. Домкин, В. А. Трусков, А. М. Гусев // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2011. – Т. 2. – С. 256 – 259.

Информация об авторах

Мелешеня Алексей Викторович, кандидат экономических наук, доцент, генеральный директор РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Зайченко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по научной и инновационной работе РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Корзан Сергей Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

Information about the authors

Meleschenya Aleksey Viktorovich, PhD (Economic), Associate Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD (Technical), Associate Professor, Deputy General Director for Scientific and Innovation Work of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Korzan Sergey Ivanovich, PhD (Technical), Senior Researcher of the Department of New Technologies and Technology of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

УДК 664.733.1

Поступила в редакцию 09.04.2026

Received 09.04.2026

Л. В. Шустова, Е. Н. Урбанчик*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилев, Республика Беларусь***АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕРАБОТКИ
ПРОРОЩЕННОЙ ЗЕЛЕННОЙ ГРЕЧКИ В СОРТОВУЮ МУКУ**

Аннотация. В статье представлено аналитическое обоснование перспектив переработки пророщенной зеленой гречки в сортовую муку. Проведен анализ мирового и отечественного производства гречихи, показавший расширение сырьевой базы в Республике Беларусь. Систематизированы биохимические и структурно-механические изменения, происходящие в зерне при проращивании. Рассмотрены существующие методы гидротермической обработки гречихи и обоснована нецелесообразность их прямого применения к пророщенной зеленой гречке из-за риска инактивации ферментов и снижения пищевой ценности. На основе анализа технологических схем сортового помола пророщенной пшеницы и гречневой крупы предложен подход к адаптации процесса измельчения для пророщенной зеленой гречки. Установлено, что систематические исследования в области сортового помола пророщенной зеленой гречки отсутствуют, что подтверждает актуальность и научную новизну представленной работы.

Ключевые слова: зерно; зеленая гречка; проращивание; сортовой помол; выход муки; структурно-механические свойства; гидротермическая обработка; холодное кондиционирование; гречневая мука.

L. V. Shustova, E. N. Urbanchik*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Mogilev, Republic of Belarus***ANALYTICAL SUBSTANTIATION OF THE PROSPECTS OF PROCESSING
SPROUTED GREEN BUCKWHEAT INTO GRADE FLOUR**

Abstract. This article presents an analytical substantiation of the prospects for processing sprouted green buckwheat into high-quality flour. An analysis of global and domestic buckwheat production revealed an expansion of the raw material base in the Republic of Belarus. The biochemical and structural-mechanical changes occurring in the grain during germination are systematized. Existing methods of hydrothermal processing of buckwheat are examined, and the inadvisability of their direct application to sprouted green buckwheat due to the risk of enzyme inactivation and a decrease in nutritional value is substantiated. Based on an analysis of process flow charts for the varietal milling of sprouted wheat and buckwheat, an approach to adapting the milling process for sprouted green buckwheat is proposed. It is established that systematic research in the field of varietal milling of sprouted green buckwheat is lacking, confirming the relevance and scientific novelty of this work.

Keywords: grain; green buckwheat; germination; varietal milling; flour yield; structural and mechanical properties; hydrothermal treatment; cold conditioning; buckwheat flour.

Введение. Гречиха обыкновенная (*Fagopyrum esculentum*) занимает особое место среди зерновых культур благодаря уникальному комплексу биологически активных веществ и отсутствию глютена, что делает ее ценным сырьем для производства продуктов здорового питания [1, 2]. Высокая пищевая ценность гречихи обусловлена сбалансированным аминокислотным составом белков, значительным содержанием пищевых волокон, макро- и микроэлементов, а также флавоноидов, среди которых доминирует рутин, обладающий антиоксидантными и капилляроукрепляющими свойствами [3, 4].

Степень реализации биологического потенциала гречихи напрямую зависит от способа ее технологической переработки. Традиционное производство гречневой крупы (ядрицы)

включает обязательный этап гидротермической обработки (ГТО) – пропаривание зерна под давлением, которое облегчает шелушение и сокращает время варки, но приводит к денатурации белков, инактивации ферментов и существенным потерям термолабильных витаминов и флавоноидов [5, 6]. Полученная таким образом крупа теряет способность к проращиванию.

Альтернативой выступает крупа гречневая ядрица непропаренная (зеленая гречка), получаемая путем механического шелушения без предварительной термообработки. Такое щадящее воздействие позволяет сохранить жизнеспособность зародыша, нативный цвет эндосперма и весь комплекс нативных биологически активных соединений [3, 7]. Зеленая гречка служит идеальным сырьем для проращивания – биотехнологического приема, инициирующего активацию собственных ферментных систем зерна.

Проращивание, как показано в многочисленных исследованиях ученых [8, 9, 10], сопровождается глубокими биохимическими и структурными изменениями [11, 12].

Наиболее перспективным направлением использования пророщенного зерна представляется его переработка в муку. При этом различают два основных подхода: получение цельносмолотой муки (из всего зерна без разделения на фракции) и сортовой муки (с разделением продуктов помола на фракции, различающиеся по гранулометрическому составу и химическому составу). Сортной помол позволяет получить муку с заданными технологическими свойствами, однако в доступной научно-технической литературе систематические исследования, объединяющие проращивание зеленой гречки с последующим сортным помолом, практически отсутствуют.

Цель представленной работы – систематизация современных научных и технологических подходов к получению сортовой муки из пророщенной зеленой гречки.

Задачи исследования:

- 1) провести анализ состояния и перспектив производства гречихи, как сырьевой базы для получения муки из пророщенного зерна;
- 2) изучить модификацию технологических, биохимических и структурно-механических свойств зеленой гречки в процессе проращивания;
- 3) обосновать параметры гидротермической обработки пророщенного зерна как этапа подготовки к измельчению, обеспечивающего сохранение пищевой ценности;
- 4) провести анализ существующих технологических схем сортного помола и определить возможности их адаптации с учетом специфических свойств пророщенной зеленой гречки.

Материалы и методы исследований. Методологическая основа работы базируется на системном подходе к анализу научно-технической литературы, патентных источников и нормативно-технической документации, регламентирующей процессы гидротермической обработки и помола зерновых культур. Информационной базой послужили рецензируемые научные статьи в отечественных и зарубежных изданиях за период 2001–2026 гг., данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) за 2014–2024 гг., материалы патентных исследований, технические кодексы установившейся практики, монографические труды и диссертационные исследования. На основе проведенного анализа разработана структурная схема переработки пророщенной зеленой гречки в сортную муку, интегрирующая этапы подготовки сырья, щадящей гидротермической обработки, драного и размольного процессов с формированием сортов муки.

Результаты исследований и их обсуждение. Выращивание гречихи является актуальной и стратегически значимой направленностью агропромышленного комплекса многих стран, что обусловлено высокой пищевой ценностью этой культуры, ее диетическими свойствами и ролью в севообороте. Анализ географической структуры мирового производства показывает, что культура имеет четко выраженную зональную специализацию. В период с 2014 по 2024 гг. около 61,4 % мирового объема гречихи выращивается в Европе, 30,1 % – в Азии, 7,5 % – в Америке, и лишь 1 %

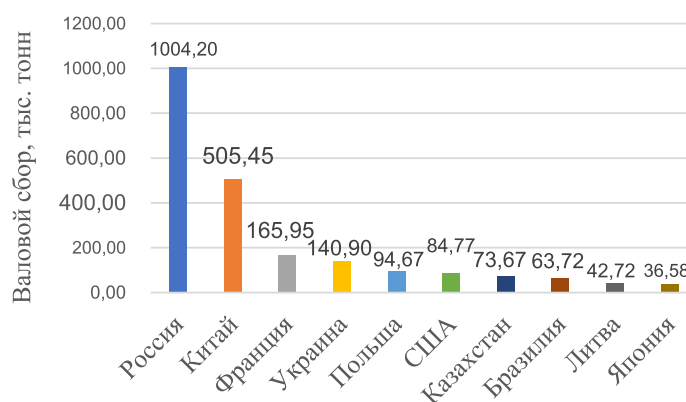


Рис. 1. Крупнейшие страны-производители гречихи за период с 2014 по 2024 гг.

Fig. 1. Largest buckwheat producing countries for the period 2014–2024

приходится на Африку [13]. Такая концентрация обусловлена исторически сложившимися традициями потребления, а также климатическими особенностями. Гречиха является культурой умеренного пояса, чувствительной к засухам и высоким температурам, что делает ее наиболее продуктивной в регионах с наиболее высокой влажностью и относительно прохладным вегетационным периодом [14].

Лидером по производству гречихи является Россия. За период с 2014 по 2024 гг. средний годовой объем производства в стране составил 1004,20 тыс. тонн, что значительно превышает показатели других стран-производителей. Для сравнения, в Китае этот показатель составил 505,45 тыс. тонн, во Франции — 165,95 тыс. тонн, а в Украине — 140,9 тыс. тонн. Высокие объемы валового сбора в России обеспечиваются как значительными посевными площадями, так и работой по адаптации сортов к различным почвенно-климатическим условиям страны.

Производство гречихи в Республике Беларусь в период с 2014 по 2024 гг. характеризовалось разнонаправленными тенденциями, связанными с изменением структуры посевных площадей, климатическими условиями и экономическими факторами.

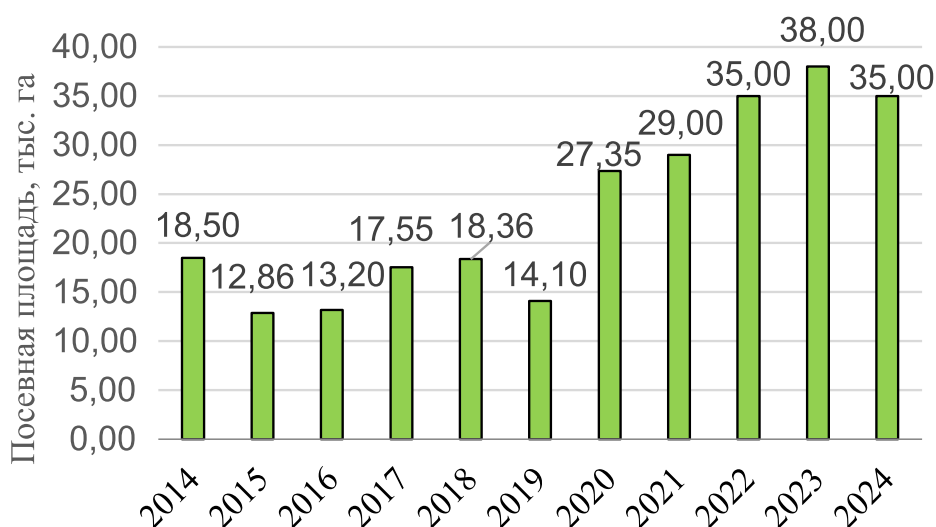


Рис. 2. Посевная площадь гречихи в Республике Беларусь в период с 2014 по 2024 гг., тыс. га
Fig. 2. Buckwheat sown area in the Republic of Belarus from 2014 to 2024, thousand hectares

В 2014 году посевная площадь составляла 18,5 тыс. га, а к 2024 году она увеличилась до 35,0 тыс. га. При этом максимальное значение было достигнуто в 2023 году — 38,0 тыс. га. Темп роста посевных площадей за период составил 189,2 %. Этот рост носил нелинейный характер: после спада в 2015–2016 гг. (до 12,86–13,2 тыс. га) с 2017 года началось устойчивое расширение, особенно резко проявившееся в 2020–2023 гг.

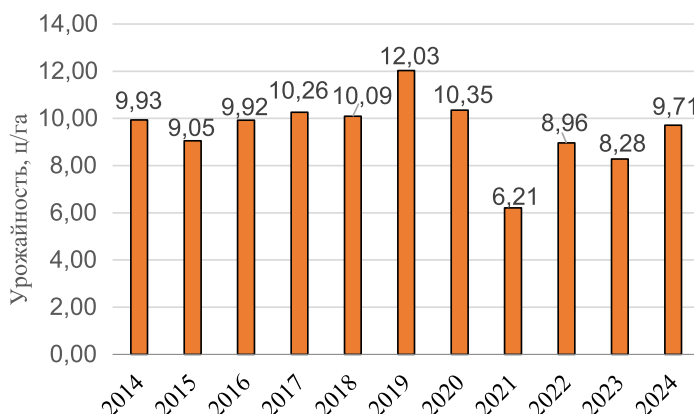


Рис. 3. Урожайность гречихи в Республике Беларусь в период с 2014 по 2024 гг., ц/га
Fig. 3. Buckwheat yield in the Republic of Belarus from 2014 to 2024, c/ha

Урожайность гречихи в Беларуси демонстрирует значительные колебания, что указывает на сильную зависимость культуры от погодных условий вегетационного периода. Наивысший показатель урожайности зафиксирован в 2019 году – 12,03 ц/га. Однако в последующие годы произошло резкое снижение: в 2021 году урожайность упала до минимальных 6,21 ц/га, что более чем в полтора раза ниже среднего многолетнего уровня. К 2024 году показатель восстановился до 9,71 ц/га, однако темп роста урожайности к уровню 2014 года составил 97,8 %, что свидетельствует о ее фактической стагнации. Средняя урожайность составила 9,53 ц/га, что можно рассматривать как среднереспубликанский норматив, требующий повышения за счет внедрения более адаптированных сортов и совершенствования агротехники.

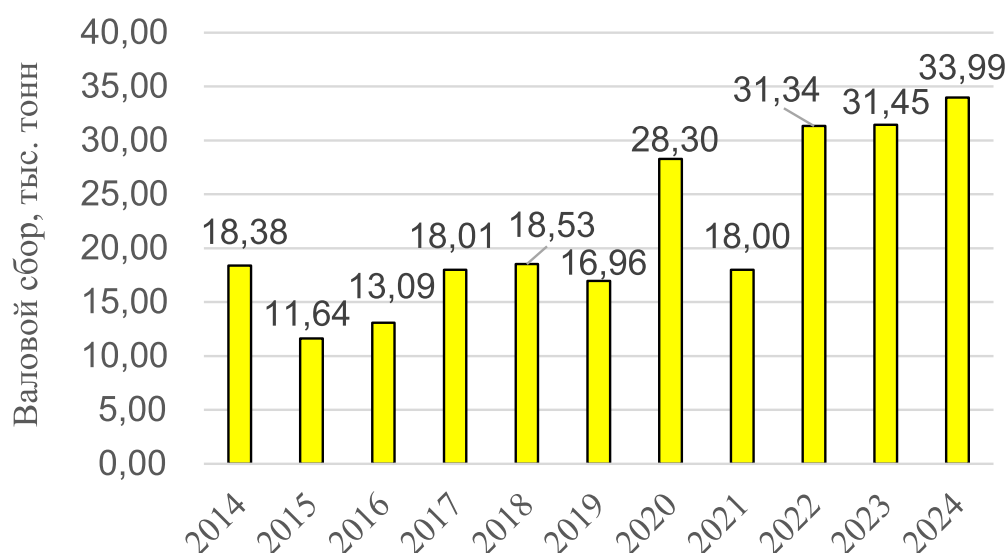


Рис. 4. Валовой сбор гречихи в Республике Беларусь в период с 2014 по 2024 гг., тыс. тонн
Fig. 4. Gross buckwheat harvest in the Republic of Belarus from 2014 to 2024, thousand tons

Валовой сбор гречихи в Беларуси, несмотря на колебания урожайности, продемонстрировал устойчивый рост. В 2014 году было собрано 18,38 тыс. тонн, а в 2024 году – 33,99 тыс. тонн. Темп роста валового сбора составил 185 %, что практически соответствует темпам роста посевных площадей. Особенно заметен скачок объемов производства в 2020–2024 гг., когда сбор превысил 28 тыс. тонн, а в 2022–2024 гг. стабильно держался выше 31 тыс. тонн. Примечательно, что рост валового сбора происходил даже в годы с низкой урожайностью (например, 2021 год – 18,0 тыс. тонн при урожайности 6,21 ц/га), что достигалось исключительно за счет расширения посевов.

Таким образом, анализ производства гречихи, особенно в Республике Беларусь, свидетельствует о расширении сырьевой базы, что создает предпосылки для углубленной переработки, включая получение муки из пророщенного зерна. Однако для реализации этого направления необходимо понимание того, как проращивание изменяет технологические свойства зерна по сравнению с нативным состоянием.

Технологические свойства зерна играют ключевую роль в мукомольной промышленности и базируются на особенностях анатомического строения, микроструктуры, физико-химических, структурно-механических и гидротермических характеристик, а также химического состава зерновки. К числу важнейших показателей, определяющих мукомольные свойства, относятся зольность, натура, плотность, выравненность, масса 1000 зерен, прочность и твердость [15]. Установление закономерностей влияния этих факторов на технологические свойства зерна является первостепенной задачей при разработке новых видов сырья и технологий переработки.

Проращивание зерна, в частности зеленой гречки инициирует активизацию ферментативных систем зерна. Под действием ферментов происходит гидролиз запасных веществ: крахмал частично расщепляется до декстринов и сахаров, белки – до пептидов и аминокислот, липиды – до свободных жирных кислот [11]. На основе обзорной статьи М. Л. Зеньковой и А. В. Акулича [33] ниже представлена таблица, систематизирующая все основные изменения, происходящие в зерне злаковых культур при проращивании.

Т а б л и ц а 1. Изменения в зерне злаковых культур при проращивании
 Table 1. Changes in cereal grains during germination

Компонент / Показатель	Механизм	Условия проращивания	Количественные изменения
Ферменты			
Пептидазы (протеазы)	Синтез	24 ч – 7 дней; 15–28 °С	Увеличение
Амилазы	Синтез в алейроновом слое	2–5 дней; 20–35 °С	Увеличение
Липазы и липоксигеназы	Синтез в зародыше	2–6 дней; 16–32 °С	Повышение в 1,2–2,3 раза
Фитаза	Синтез в алейроновом слое	2–7 дней; 15–35 °С	Повышение в 3–10 раз
Эндо-β-D-глюканаза	Синтез	4 дня; 15–18 °С	Повышение в 5–8 раз
Белки			
Общее содержание белка	Увеличение	3–7 дней; 15–28 °С	Изменение в пределах ± 10 %
Свободные аминокислоты	Протеолиз запасных белков	3–5 дней; 13–28 °С	Увеличение в 5–10 раз
Незаменимые аминокислоты	Протеолиз	3–5 дней; 13–28 °С	увеличение
Растворимость белка	Частичный гидролиз	3–5 дней; 17–30 °С	Повышение в 1,2–2,0 раза
Усвояемость белка	Денатурация и гидролиз	4 дня; 30 °С	С 34 % до 55 %
Углеводы			
Крахмал	Гидролиз амилазами	3–5 дней; 25–35 °С	Снижение на 3–8 %
Усвояемость крахмала	Повреждение гранул крахмала	3 дня; 25–35 °С	Увеличение от 17 % до 36 %
Простые сахара	Продукты гидролиза крахмала	2–5 дней; 20–35 °С	Значительное увеличение
Липиды			
Общее содержание липидов	Гидролиз липазой	2–6 дней; 16–32 °С	Снижение на 8–55 %
Свободные жирные кислоты	Продукт гидролиза триглицеридов	2–6 дней; 16–32 °С	Увеличение
Пищевые волокна			
Растворимые пищевые волокна	Гидролиз нерастворимых фракций	5–7 дней; 15–30 °С	Увеличение в 3–4 раза
Нерастворимые пищевые волокна	Ферментативный гидролиз	5–7 дней; 15–30 °С	Снижение
β-глюканы	Расщепление эндо-β-D-глюканазой	4 дня; 15–48 °С	Снижение на 10–40%
Арабиноксиланы	Низкая активность эндоксиланаз	до 5–6 дней	Практически не меняется
Антинуutriенты и минеральные вещества			
Фитаты (фитиновая кислота)	Активация фитазы	2–7 дней; 15–35 °С	Гидролиз на 12–68 %
Биодоступность Fe и Zn	Высвобождение из фитатных комплексов	2–7 дней; 15–35 °С	Повышение до 20–30 %
Потери минералов при замачивании	Диффузия в воду	при 30 °С	Потери до 30 %
Витамины			
Витамин С	Биосинтез	2–4 дня; 18–28 °С	до 26,13 мг/100 г
Тиамин (В ₁)	Биосинтез	4 дня; 28 °С	Увеличение в 2,6 раза

Окончание табл. 1

Компонент / Показатель	Механизм	Условия проращивания	Количественные изменения
Рибофлавин (В ₂)	Биосинтез	4–6 дней; 15–28 °С	До 0,73 мг/100 г
Фолаты (В ₉)	Биосинтез	4–6 дней; 15–25 °С	Увеличение в 4–6 раз
Пиридоксин (В ₆) Витамин Е	Биосинтез Синтез в зародыше	4 дня; 28 °С 4 дня; 15–28 °С	До 0,67 мг/100 г 4,1–4,4 мг/100 г
Биологически активные соединения			
Фенольные соединения	Синтез вторичных метаболитов	2–6 дней; 15–28 °С	Увеличение в 1,2–3,6 раза
Антиоксидантная активность	Накопление полифенолов и витамина Е	2–5 дней; 15–28 °С	Повышение в 1,2–2,9 раза
γ-аминомасляная кислота (GABA)	Декарбоксилирование глутаминовой кислоты	2–5 дней; 20–30 °С	С <2 до 7–25 мг/100 г
Структурно-механические свойства			
Структура эндосперма	Гидролиз крахмала и белков	2–7 дней; 15–35 °С	Ослабление связей между частями зерна
Водопоглощательная способность	Накопление гидрофильных соединений	2–7 дней; 15–35 °С	Повышение

Установлено, что при проращивании зеленой гречки содержание общего белка снижается, однако аминокислотный состав возрастает на 3,85 %, особенно лизин увеличивается на 30,5 %, который в исходном зерне гречихи содержится в количествах, превышающих таковые в злаках, но становится еще более доступным после протеолиза [16]. В углеводном комплексе содержание крахмала закономерно снижается на 3–8 % проращивания за счет гидролиза до сахаров. Содержание сахарозы возрастает в 3,3 раза, мальтозы – в 32,4 раза, глюкозы – в 25 раз. Главным фактором является увеличение доли легкоусвояемых углеводов и, как следствие, изменение гликемического индекса готового продукта [17, 18]. Эти изменения приводят к снижению прочности эндосперма и изменению его микроструктуры, что напрямую влияет на размоловоспособность зерна.

Одним из заметных эффектов проращивания является изменение структурно-механических свойств зерна. Авторами А. Mis и S. Grundas было проведено исследование влияния процесса проращивания на твердость зерна пшеницы с использованием лабораторного теста и прибора SKCS 4100 для измерения индекса твердости (НТ) отдельных зерен. В ходе работы авторы установили, что в процессе проращивания происходит постепенное снижение твердости зерна, причем степень этого снижения напрямую зависит от уровня увлажнения. Чем выше влажность зерна (в диапазоне от 18,6 до 40,2 %), тем более выраженным становится падение показателя твердости. В среднем при проращивании твердость пшеницы снижается в 1,5 раза [19]. Таким образом, процесс дробления и измельчения становится проще, однако необходима коррекция межзавальцовых зазоров. Одновременно увеличивается водопоглощательная способность зерна вследствие разрыхления тканей и роста содержания гидрофильных соединений. Это оказывает влияние на гидротермическую обработку и режимы кондиционирования перед помолом.

Зольность пророщенной зеленой гречки может незначительно возрасти за счет перераспределения минеральных веществ и относительного уменьшения сухой массы органических компонентов. В ходе исследований Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустовой и А. И. Касьяновой установлено, что в процессе проращивания зеленой гречки происходит снижение ее натуры с 768 г/л до 484,6 г/л, а массы 1000 зерен – с 23,7 г до 20,7 г [20]. Масса 1000 зерен, как правило, уменьшается вследствие расходования резервных веществ на рост зародыша, а натура зерна снижается из-за увеличения объема и рыхлости структуры.

Существенные изменения происходят и в химическом составе. Повышается содержание биологически активных веществ, включая витамины группы В, антиоксиданты и фенольные соединения. Увеличивается доступность белков и минералов, снижается уровень антипитательных факторов. Для гречихи наиболее значим процесс изменения полифенольных соединений: содержание рутина – основного флавоноида гречихи – может увеличиваться в зависимости от сорта и условий проращивания, достигая максимума к 3–5 суткам [9].

Параллельно изменяется и качественный профиль флавоноидов, помимо увеличения рутина, витексина и хлорогеновой кислоты, такие соединения, как кверцетин, галангин и эллаговая кислота, синтезируются после 72 часов проращивания [21].

Содержание фитиновой кислоты в гречихе при проращивании в течение 48 часов снижается на 17–40 %. Это снижение обусловлено активацией эндогенного фермента фитазы, гидролизующего фитиновую кислоту. Уменьшение уровня фитиновой кислоты способствует повышению биодоступности железа, цинка и магния, которыми богата гречиха, превращая пророщенную зеленую гречку в ценный компонент функционального и здорового питания [22].

С точки зрения мукомольной промышленности, проращивание зеленой гречки представляет собой двойственный фактор. С одной стороны, улучшается измельчаемость зерна и функциональные свойства конечного продукта, с другой – ухудшаются некоторые показатели, такие как натура, выравненность и стабильность хранения. В связи с этим в следующем этапе проанализированы существующие методы гидротермической обработки гречихи с точки зрения их применимости к пророщенному сырью.

Переработка зерна в муку представляет собой сложный технологический процесс, включающий операции подготовки сырья, гидротермической обработки (ГТО) и собственно измельчения. В отличие от пшеницы, для гречихи не существует единого стандартизированного процесса производства муки, а выбор технологических решений существенно варьируется в зависимости от требований к качеству конечного продукта. В данном разделе систематизированы существующие подходы к ГТО и помолу гречихи с целью последующего анализа возможности их адаптации для переработки пророщенной зеленой гречки.

Эффективность измельчения гречневой крупы и качество готовой муки в значительной степени определяются режимами гидротермической обработки, направленной на разрыхление структуры эндосперма и ослабление связей между анатомическими частями зерна. Анализ литературы позволяет выделить несколько принципиально различных подходов к ГТО. Ниже представлены режимы гидротермической обработки гречихи для каждого из рассмотренных методов, систематизированные в виде таблицы.

Т а б л и ц а 2. Методы гидротермической обработки гречихи
T a b l e 2. Methods of hydrothermal treatment of buckwheat

Метод	Режим	Результат	Применимость к пророщенному зерну
Классическое пропаривание гречихи [6]	Пропаривание 0,25–0,30 МПа в течение 5 мин, конечная влажность 13,5 %	Легкое отделение плодовой оболочки от ядра	Неприменим (инактивация ферментов)
ГТО гречневой крупы [24]	Вакуумное увлажнение 0,07–0,08 МПа до влажности 22–24 %, отволаживание 3–4 часа, сушка до конечной влажности 11–12 %	Разрыхление эндосперма, низкая зольность, высокий выход, снижение энергозатрат	Требует щадящей сушки
Двухэтапное увлажнение гречихи [25]	Первое увлажнение до $22 \pm 0,2$ %, отволаживание 4 часа, второе увлажнение до $30 \pm 0,5$ %, повторное отволаживание, сушка при температуре 165–170 °С до влажности 13,5–14,0 %	Глубокое разрыхление эндосперма	Неприменим (инактивация ферментов)
Увлажнение с последующим обжариванием гречихи [26]	увлажнение до 24–30 %, отволаживание 4–8 часов, обжаривание при 160–190 °С в течение 2–3 мин	разрыхление эндосперма, ослабление связи с оболочками, высокая размоловоспособность	Неприменим (инактивация ферментов)
Инфракрасное излучение гречневой крупы [27]	увлажнение до 15–16 % ИК-излучением 30–32 кВт/м ² в течение 35–40 сек.	Выход тонкоизмельченной муки до 90 %	Снижение плотности лучистого потока

Классическая технология получения гречневой крупы включает пропаривание целого зерна паром под давлением (0,25–0,30 МПа) в течение 5 минут с последующей сушкой [6]. Этот метод обеспечивает высокий выход муки (до 60–65 %), однако сопровождается существенными недостатками. Термическое воздействие приводит к денатурации белков, частичному разрушению термолабильных витаминов и флавоноидов, а также вызывает нежелательное потемнение ядра от светло-зеленого до розовато-коричневого цвета [23]. Ввиду того, что пропаривание приводит к полной инактивации ферментных систем, использование такого зерна для проращивания становится невозможным.

Альтернативный подход, предложенный Анисимовой Л. В. и соавторами [24], заключается в проведении ГТО непосредственно ядрицы (гречихи после шелушения), а не целого зерна. Процесс включает вакуумное увлажнение ядрицы при остаточном давлении 0,07–0,08 МПа до влажности 22–24 %, последующее отволаживание в течение 3–4 часов и сушку до кондиционной влажности 11–12 %. Технологический эффект заключается в разрыхлении эндосперма, что облегчает его отделение от оболочек при измельчении, снижает зольность муки и повышает ее выход. Дополнительным преимуществом является снижение энергозатрат, поскольку обработке подвергается лишь 65–70 % от исходной массы зерна.

Этими же авторами экспериментально обоснован метод [25] двухэтапного увлажнения целого зерна гречихи в шнековой вакуумной установке: первое увлажнение до 22 ($\pm 0,2$) % с 4-часовым отволаживанием, затем второе увлажнение до 30 ($\pm 0,5$) % с повторным отволаживанием и финальная сушка при температуре агента сушки 165–170 °С до влажности 13,5–14,0 %. Такой подход позволяет стабильно достигать высокой степени увлажнения, необходимого для глубокого разрыхления эндосперма.

Известен также способ, разработанный Цыбиковой Г. Ц. и соавторами [26], включающий увлажнение зерна гречихи до 24–30 %, длительное отволаживание (4–8 часов) и последующую интенсивную термообработку (обжаривание) при 160–190 °С в течение 2–3 минут. За счет внутреннего парообразования происходит разрыхление эндосперма и ослабление его связи с оболочками, что облегчает измельчение и улучшает отделение оболочечных частиц.

Принципиально иной подход предложен Кирдяшкиным В. В., Кандроковым Р. Х. и соавторами [27], которые рекомендуют обрабатывать готовую гречневую крупу (ядрицу) инфракрасным излучением. Процесс включает увлажнение крупы до влажности 15–16 % с последующей обработкой ИК-излучением плотностью лучистого потока 30–32 кВт/м² в течение 35–40 секунд. В результате крупа нагревается до 125–130 °С, а ее насыпная плотность (натура) снижается в 3,5 раза (с 1,93 до 0,55 кг/м³), что свидетельствует об интенсивном разрыхлении структуры эндосперма за счет внутреннего парообразования. Технологический эффект данного метода заключается в резком снижении энергозатрат на последующее измельчение и возможности получения до 90 % тонкоизмельченной муки (проход через сито 118 мкм) за три пропуска через штифтовой дезинтегратор. Благодаря минимальному времени термического воздействия в готовой муке максимально сохраняются витамины и другие ценные вещества.

Представленные методы ГТО разработаны для нативного (непророщенного) зерна и крупы. Их основная цель – разрыхление эндосперма и ослабление связей между анатомическими частями зерна для облегчения измельчения и повышения выхода муки. В случае пророщенной зеленой гречки ключевые структурные изменения эндосперма уже произошли в ходе ферментативной активации. Как было показано в предыдущем разделе, под действием гидролитических ферментов происходит частичная деструкция крахмала и белков, снижение прочности зерна и увеличение его рыхлости. Необходимость в интенсивной гидротермической обработке, направленной на разрыхление эндосперма нецелесообразно. Также применение высокотемпературных режимов (пропаривание, обжаривание, длительная сушка) для пророщенного зерна может привести к дополнительной денатурации нативных белков, инактивации ферментов, разрушению термолабильных витаминов и флавоноидов (включая рутин), накопление которых является одним из главных преимуществ проращивания.

Систематические исследования, объединяющие проращивание и последующий сортовой помол зеленой гречки, в доступной научно-технической литературе отсутствуют. На данном этапе проанализирован опыт переработки пророщенного зерна других культур (преимущественно пшеницы) и крупы гречневой, как наиболее близкий аналог.

Опыт переработки пророщенной пшеницы, описанный Е. Н. Урбанчик, А. К. Жумаевой и А. О. Бекбусиновой [28], имеет принципиальное значение для данного исследования. Помол осуществлялся на лабораторной мельнице LabMill (Chopin Technologies, Франция) с использованием технологической схемы, включающей две драные системы, одну шлифовальную и две размольные системы при длине валцов 100 мм и диаметре 80 мм. Поверхность валцов рифленая для драных систем и микрошероховатая для размольных систем. Скорость быстровращающегося вальца варьировалась в диапазоне 400–600 об/мин, медленновращающегося – 200–300 об/мин. Межвальцовый зазор для 1-й драной системы составил 0,7 мм, для 2-й драной системы – 0,1 мм, для шлифовочной и обеих размольных систем – 0,03 мм.

Авторами установлено, что общий выход муки из пророщенного зерна пшеницы при сортовом помоле составил 68,7 %, что на 2,1 % выше, чем из нативного зерна. Важнейшим результатом является доказанная возможность разделения продуктов помола на три сорта муки (высший, первый, второй) с соответствующими показателями белизны и зольности. Это подтверждает технологическую осуществимость и экономическую целесообразность сортового помола для пророщенного зерна.

Однако прямое перенесение этих результатов на пророщенную зеленую гречку невозможно ввиду различной морфологии зерна, разного характера распределения питательных веществ по анатомическим частям, специфики ферментных систем.

Техническим кодексом установившейся практики 293–2010 (02150) «Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах» [29] предусмотрены два основных типа помолов гречневой крупы: односортный помол (в муку «Старожитную») и многосортный помол (с выделением муки высшего, первого и второго сортов). Анализ этих схем представляет интерес как базовый уровень для сравнения при разработке технологии переработки пророщенного зерна.

При односортном 90 % помоле технологическая схема включает 4–5 драных систем, на которых осуществляется последовательное измельчение крупы с отбором муки. Режимы измельчения на I драной системе должны обеспечивать извлечение (технологический показатель, определяемый как процентное (или массовое) соотношение количества муки, полученной в результате помола и просеянной через установленные сита, к количеству зерна, израсходованного на этот помол) 35–40 % муки, на II драной системе – 55–60 % от массы продукта, поступившего на систему. допускается отбор муки гречневой высшего сорта при снижении общего выхода муки «Старожитной» на 0,18 % за каждый процент отбора муки высшего сорта и соответствующем повышении выхода кормовой муки.

Для получения сортовой муки технологическая схема усложняется и включает три этапа. Драной процесс (3–4 системы), размольный процесс (2 системы), формирование и контроль готовой продукции. Распределение вальцово-роликовой линии составляет 78–80 % на драные системы и 20–25 % на размольные системы. Величина прохода через сито № 08 из металлической сетки или № 9,3ПЧ-270 из синтетических нитей характеризует режимы измельчения. Общее извлечение на I драной системе составляет 35–40 %, на II – 50–60 %. На остальных драных системах режимы устанавливают на максимальное извлечение муки. Ориентировочный выход муки составляет: высший сорт – 40 %, первый сорт – 35 %, второй сорт – 10 %, общий выход муки – 85 %.

В сравнении с помолами пшеницы и ржи, размольный процесс гречихи имеет ряд принципиальных отличий. В пшеничных сортовых помолах обязательным элементом являются вымольные системы (для отделения эндосперма от оболочек) и шлифовочные системы (для обработки крупки), которые в гречневых помолах отсутствуют, поскольку крупа уже освобождена от оболочек.

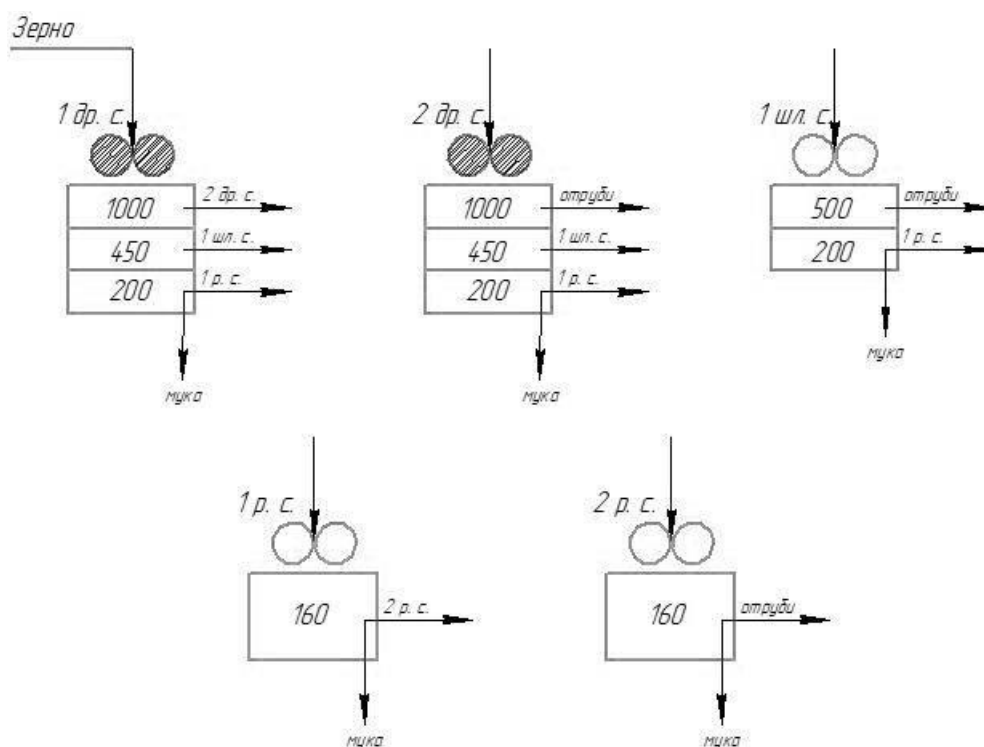


Рис. 5. Технологическая схема помола лабораторной мельницы LabMill Chopin

Fig. 5. The grinding process flow chart of the LabMill Chopin laboratory mill

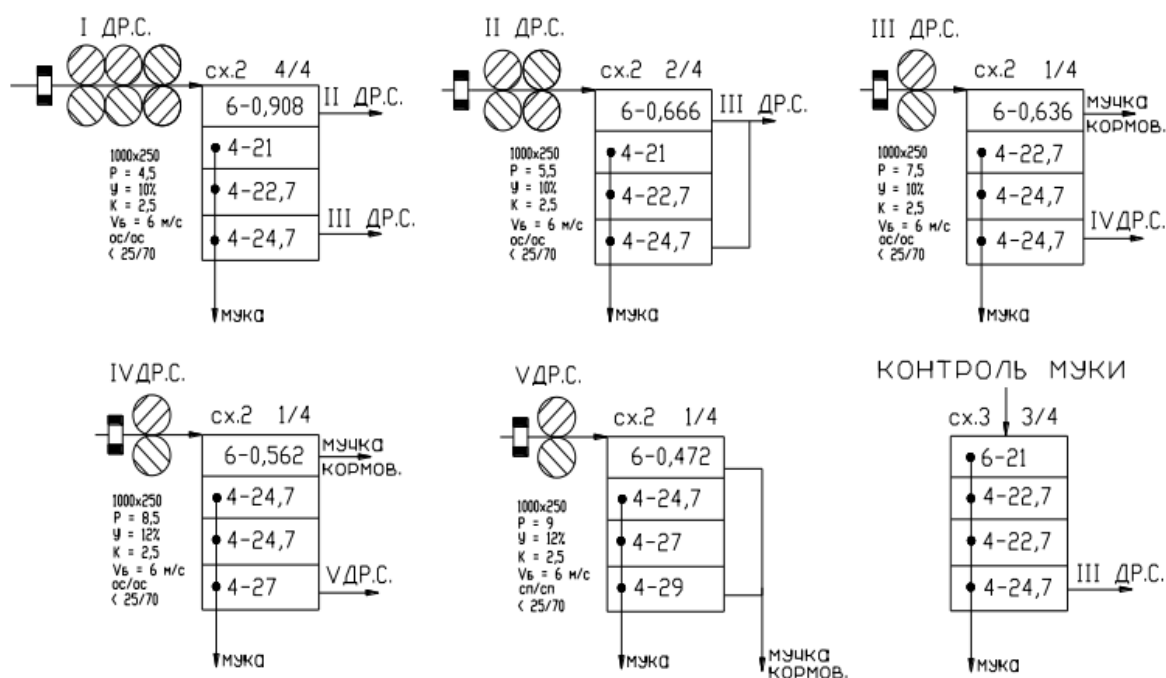


Рис. 6. Рекомендуемая схема помола гречневой крупы в муку гречневую «Старожитную»
 Fig. 6. Recommended method for grinding buckwheat groats into “Starozhitnaya” buckwheat flour

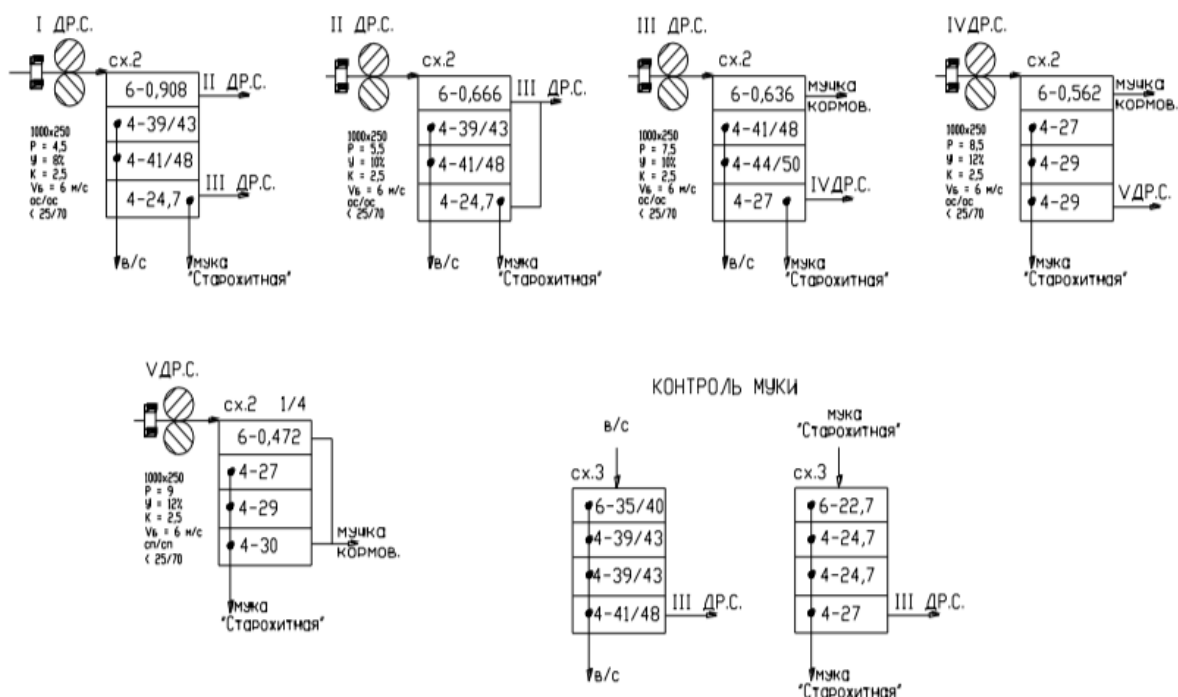


Рис. 7. Рекомендуемая схема помола гречневой крупы в муку гречневую «Старожитную» с отбором муки высшего сорта
 Fig. 7. Recommended milling scheme for buckwheat groats into “Starozhitnaya” buckwheat flour with the selection of premium flour

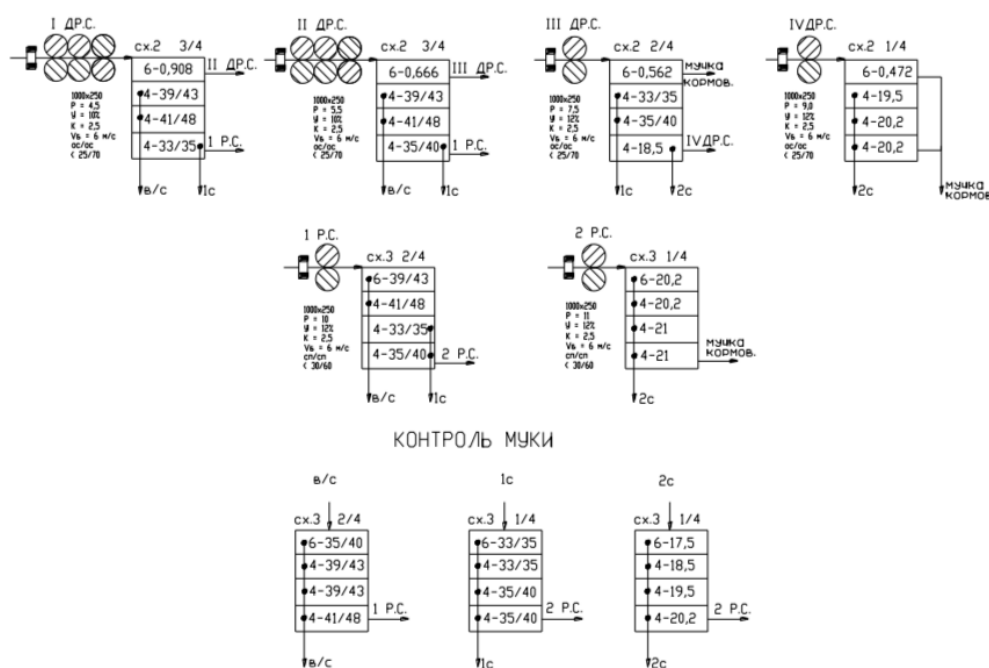


Рис. 8. Рекомендуемая схема помола гречневой крупы в гречневую сортовую муку
Fig. 8. Recommended method for grinding buckwheat groats into buckwheat flour

В работе Р. Х. Кандрокова и соавторов [30] разработана технология получения гречневой муки, основанная на механико-кинематическом разделении зерна на анатомические части. В ходе помола осуществлялся отбор муки с различных технологических систем: с I по IV драные системы, а также с первой по четвертую размольные системы. Общий выход готовой муки из исходного ядра гречихи составил 72,9 %, а средняя зольность — 0,69 %. Анализ зольности по системам показал, что наиболее чистая мука 0,13–0,16 % получается на I и III драных системах, тогда как на размольных системах зольность возрастает до 3,09–6,68 % из-за попадания оболочечных частиц. На основе этих данных авторы предлагают формировать сорта муки путем объединения потоков с различных систем по их химическому составу.

А. А. Чевокиным [31] предложена комплексная технология переработки гречихи, позволяющая вырабатывать муку непосредственно из целых семян, минуя этапы предварительного калибрования и шелушения. Установлено, что предварительная обработка гречихи паром при давлении 0,05 МПа в течение 5 минут способствует увеличению выхода муки на 1,1–1,5 %. Общий выход готовой муки из исходного зерна составляет не менее 70 % при содержании крахмала в лузге (отходе) на уровне 5,8–6,5 %, что свидетельствует об эффективности измельчения.

Особого внимания заслуживает технология получения высокодисперсной гречневой муки для детского питания, предложенная Кирдяшкиным В. В., Кандроковым Р. Х. и соавторами [32]. Ключевыми этапами являются ИК-обработка крупы и последующее измельчение в дезинтеграторе. Исследования показали, что совместное применение ИК-обработки и дезинтегратора дает синергетический эффект. Выход тонкодисперсной фракции (частицы менее 156 мкм) при помоле на дезинтеграторе на 23,4 % выше, чем на вальцовом станке, а дополнительное применение ИК-обработки увеличивает выход этой фракции еще на 4 %.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует, что вопросы сортового помола пророщенной зеленой гречки в доступной научно-технической литературе не освещены. В качестве наиболее близких аналогов рассмотрены: опыт сортового помола пророщенной пшеницы и гречневой крупы. Разработка научно-обоснованных параметров сортового помола пророщенной зеленой гречки представляет собой перспективное направление, позволяющее расширить ассортимент специализированных продуктов питания с высокими функциональными и пищевыми характеристиками.

Разработанная структурная схема переработки пророщенной зеленой гречки в сортовую муку (рис. 9) интегрирует ключевые технологические этапы с учетом специфических свойств пророщенного зерна. Подробный процесс подготовки и проращивания зеленой гречки,

включая обоснование оптимальных параметров замачивания, продолжительности и температурных режимов прорастания, обеспечивающих максимальное накопление биологически активных веществ и формирование необходимых структурно-механических свойств зерна, детально описан в монографии Е. Н. Урбанчик и Л. В. Шустовой [9]. Так же схема предусматривает щадящие режимы гидротермической обработки, направленные не на разрыхление эндосперма (что уже достигнуто в процессе проращивания), а на стабилизацию свойств зерна и подготовку его к эффективному измельчению. Последовательное включение операций драного, размольного процессов и системы формирования сортов муки позволяет обеспечить разделение продуктов помола по гранулометрическому и химическому составу.

Закключение. В результате выполнения аналитического обоснования установлено, что зеленая гречка является перспективным сырьем для получения муки повышенной пищевой ценности благодаря сохранению нативного комплекса биологически активных веществ. Проращивание зерна инициирует активацию ферментных систем, что приводит к гидролизу крахмала и белков, снижению прочности эндосперма, увеличению содержания свободных аминокислот, витаминов группы В, рутина и γ -аминомасляной кислоты, а также повышению биодоступности минеральных веществ.

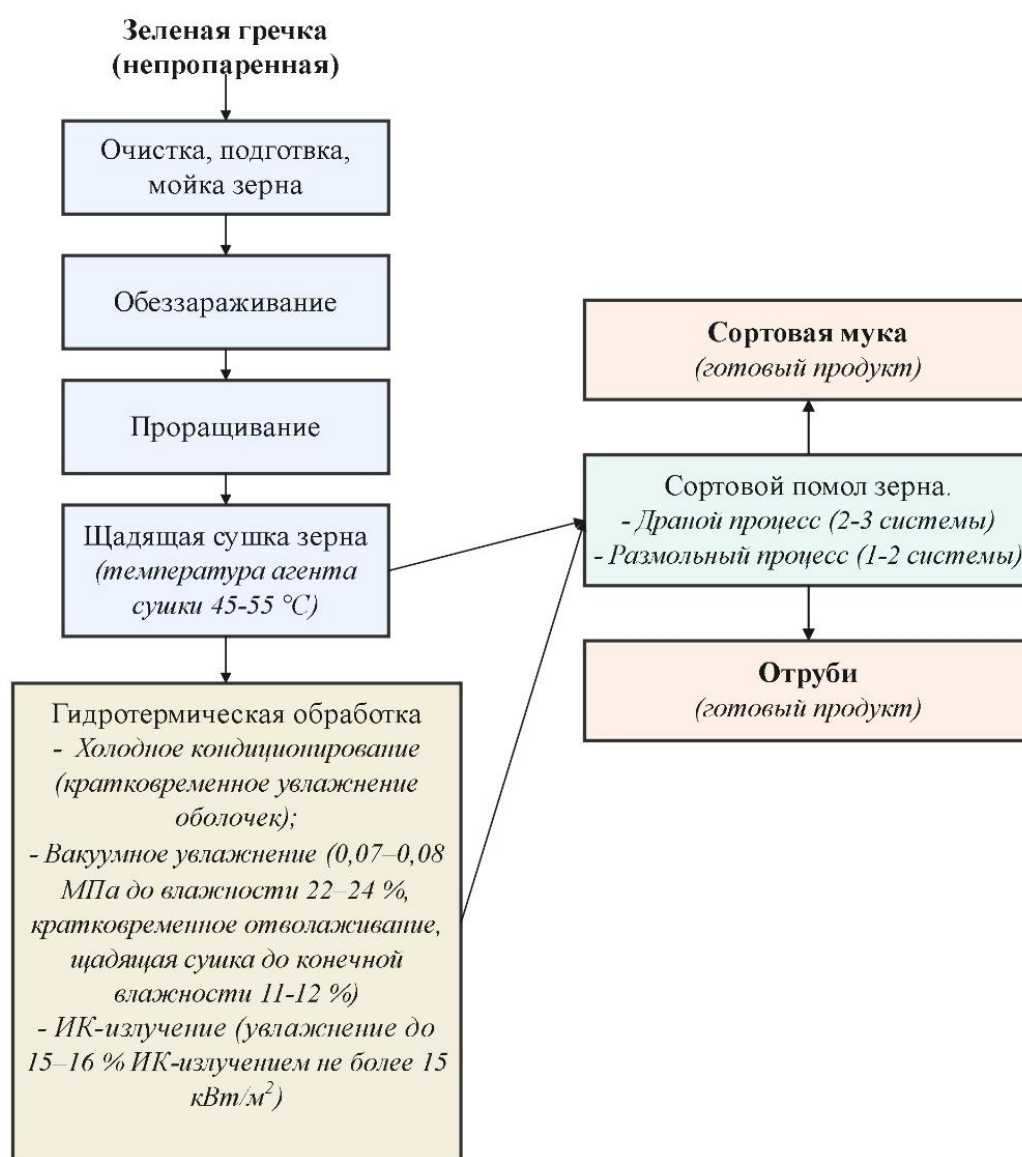


Рис. 9. Структурная схема переработки пророщенной зеленой гречки в сортовую муку

Fig. 9. Structural diagram of the processing of sprouted green buckwheat into graded flour

Показано, что традиционные методы гидротермической обработки гречихи не могут быть напрямую применены к пророщенному зерну, так как приводят к денатурации белков, инактивации ферментов и разрушению термолабильных соединений. Обоснована необходимость разработки щадящих режимов ГТО, адаптированных к структурно-механическим свойствам пророщенной гречки.

Анализ существующих технологических схем помола пшеницы и гречневой крупы показал, что сортовой помол пророщенной зеленой гречки в доступной литературе не освещен. Опыт переработки пророщенной пшеницы подтверждает технологическую осуществимость сортового помола для пророщенной зеленой гречки, однако требует адаптации с учетом ее анатомического строения и ферментативной активности.

Разработанная структурная схема переработки пророщенной зеленой гречки в сортовую муку объединяет этапы подготовки сырья, щадящей гидротермической обработки, драного и размольного процессов с формированием сортов муки. Предложенный подход создает научно-техническую основу для расширения ассортимента продуктов питания повышенной пищевой ценности.

Благодарности. Исследования, описанные в данной статье, проводились в рамках реализации научного исследования при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований на 2025–2027 гг. по теме «Исследование процессов гидротермической обработки пророщенной зеленой гречки и их влияния на эффективность измельчения зерна при сортовом помоле». Договор № T25M-054 от 02.05.2025 г.

Список использованных источников

1. Zhang, Q. Advances in the development of functional foods from buckwheat / Q. Zhang [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2001. – Vol. 41, No. 6. – P. 451–464.
2. Koç, S. T. Buckwheat: Nutritional Value, Health Effects and Applications in Foods / S. T. Koç, F. Coşkun // *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. – 2025. – Vol. 13, No. 6. – P. 1663–1674.
3. Все о гречневой муке. – URL: <https://www.hlebio.ru/articles/vsye-o-grechnevoy-muke/> (дата обращения: 05.12.2025).
4. Лобашова, А. А. Зеленая гречка как обогащающая добавка при производстве продуктов питания / А. А. Лобашова, А. С. Захарова // *Наука и молодежь : материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (19–23 апреля 2021 года, г. Барнаул)*. – Барнаул : АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2021. – Т. 1. – Ч. 2. – С. 206–209.
5. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях : утв. Министерством хлебопродуктов СССР 25.09.1989 № 8-14/674 : введ. в действие с 01.09.1990. – М., 1989. – Ч. 1. – 83 с.
6. Чеботарев, О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов : учеб. пособие / О. Н. Чеботарев, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко. – Москва ; Ростов-на-Дону : МарТ, 2004. – 688 с.
7. Гужевская, Е. М. Изучение возможности использования зеленой гречки в персонализированном питании современного человека / Е. М. Гужевская, Т. А. Ершова // *Первая научно-практическая школа-конференция Института наук о жизни и биомедицины ДВФУ (8–10 июня 2022 г., Владивосток) : материалы конференции / Дальневосточный федеральный университет*. – Владивосток : Дальневост. федерал. ун-та, 2022. – С. 36.
8. Zhang, G. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat / G. Zhang [et al.] // *Journal of Food Science*. – 2015. – Vol. 80, No. 5. – P. 1111–1119.
9. Урбанчик, Е. Н. Повышение эффективности проращивания зеленой гречки : монография / Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова. – Могилев : БГУТ, 2023. – 104 с.
10. Hidalgo, A. Bread from wheat flour / A. Hidalgo, A. Brandolini // *Reference Module in Food Science*. – 2014. – P. 303–308.
11. Gupta, R. K. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains / R. K. Gupta, S. S. Gangoliya, N. K. Singh // *Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 52, No. 2. – P. 676–684.
12. Žilić, S. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? / S. Žilić, V. Hadži-Tašković Šukalović, M. Milasinović Šeremešić [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2014. – Vol. 49, No. 4. – P. 1040–1047.
13. FAO. Данные по гречихе в мире и Республике Беларусь за 2014–2024 гг. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/visualize> (дата обращения: 24.03.2026).

14. Стебаков, В. А. Результаты оценки урожайности и адаптивных свойств разных морфобиотипов сортов гречихи / В. А. Стебаков, В. И. Мазалов, В. Г. Небытов, В. С. Шманёв // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2026. – № 1 (57). – С. 79–87. doi: 10.24412/2309-348X-2026-1-79-87.
15. Соколова, Т. Н. Техническая биохимия : учебное пособие / Т. Н. Соколова, В. Р. Карташов ; Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород : НГТУ, 2012. – 303 с.
16. Zhou, Y. Nutrient Changes and Nutritional Evaluation of Tartary Buckwheat during Germination / Y. Zhou, L. Cui, H. Wang [et al.] // Food Science. – 2014. – Vol. 35, No. 13. – P. 208–212.
17. Косминский, Г. И. Влияние температурных режимов солодоращения на изменение углеводного состава гречихи при проращивании / Г. И. Косминский, Р. М. Кабиров, Н. Г. Царева, Т. А. Исакова // Вестник МГУП. – 2012. – № 1. – С. 66–69.
18. Зенькова, М. Л. Перспективы использования пророщенного зерна гречихи в производстве безалкогольных напитков / М. Л. Зенькова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 25–33.
19. Mis, A. Wheat grain hardness modified by the laboratory sprouting test / A. Mis, S. Grundas // International Agrophysics. – 2002. – Vol. 16. – P. 283–288.
20. Урбанчик, Е. Н. Влияние процесса герминации на физико-химические показатели и химический состав зеленой гречки / Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова, А. И. Касьянова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : материалы XII Международной научно-практической конференции. – Воронеж : ВГУИТ, [год издания]. – С. 208–212.
21. Altikardeş, E. Enhancement of bioactive compound content and antioxidant activity in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) by germination / E. Altikardeş, M. Güzel // Food Chemistry. – 2024. – Vol. 435. – P. 137–145.
22. Thakur, P. Effect of soaking and germination on nutritional and anti-nutritional factors of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) / P. Thakur, K. Kumar, N. Ahmed // Journal of Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 58, No. 6. – P. 2345–2353.
23. Skrivan, P. Buckwheat Flour (*Fagopyrum esculentum* Moench)—A Contemporary View on the Problems of Its Production for Human Nutrition / P. Skrivan, D. Chrpvá, B. Klitschová [et al.] // Foods. – 2023. – Vol. 12, No. 16. – P. 3055.
24. Анисимова, Л. В. Способ выработки гречневой муки : пат. 2289273 Рос. Федерация / Л. В. Анисимова, О. И. Хомутов, С. В. Якушев, М. А. Корнеев. – Оpubл. 20.12.2006.
25. Анисимова, Л. В. Гидротермическая обработка гречихи с двухэтапным увлажнением зерна в шнековой вакуумной установке / Л. В. Анисимова, С. В. Якушев, А. Е. Земеров // Ползуновский вестник. – 2022. – Т. 1, № 4. – С. 33–38.
26. Цыбикова, Г. Ц. Способ получения гречневой муки : пат. 2268615 Рос. Федерация / Г. Ц. Цыбикова, О. Г. Аюшеева, Л. В. Матуева. – Оpubл. 27.01.2006.
27. Кирдяшкин, В. В. Способ получения гречневой муки с применением инфракрасной обработки : пат. 2766232 Рос. Федерация / В. В. Кирдяшкин, Р. Х. Кандроков, Д. С. Бахтина, А. А. Андреева. – Оpubл. 10.02.2022.
28. Урбанчик, Е. Н. Изучение сортового помола пророщенной пшеницы на лабораторной мельнице LabMill / Е. Н. Урбанчик, А. К. Жумаева, А. О. Бекбусинова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – № 4. – С. 61–69.
29. Технический кодекс установившейся практики 293-2010 (02150). Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. – Введ. 01.04.2011. – Минск : Минсельхозпрод РБ, 2010. – 206 с.
30. Кандроков, Р. Х. Разработка технологии механико-кинематического разделения на анатомические части зерна гречихи и кукурузы с целью извлечения белковых, углеводных и липидных фракций / Р. Х. Кандроков, А. Р. Кокшарова, А. О. Седавкина // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 2 (179). – С. 98–106.
31. Чевочкин, А. А. Комплексная технология переработки гречихи с утилизацией лузги : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Чевочкин Алексей Александрович. – Москва, 2008. – 27 с.
32. Кирдяшкин, В. В. Особенности производства муки для детского и диетического питания / В. В. Кирдяшкин, А. А. Андреева, И. Н. Елькин // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2014. – № 11–12. – С. 36.
33. Зенькова, М. Л. Влияние процесса проращивания зерен злаковых культур на их пищевую ценность / М. Л. Зенькова, А. В. Акулич // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 25–33.

Информация об авторах

Шустова Лиана Вячеславовна, аспирант, специалист отдела цифрового образования института повышения квалификации и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий. (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: shustovaliana@yandex.by

Урбанчик Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент, директор института повышения квалификации и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: e.urbanchik@yandex.by

Information about authors

Shustova Liana Vyacheslavovna, graduate student, Specialist of the Digital Education Department, Institute for Advanced Training and Retraining, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt str., 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: shustovaliana@yandex.by

Urbanchik Elena Nikolaevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Director of the Institute for Advanced Training and Retraining, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt str., 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: e.urbanchik@yandex.by

Д. С. Лозовская, А. Н. Михалюк

Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Республика Беларусь

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СНЕКОВ ИЗ ТВОРОГА

Аннотация. Повышение конкурентоспособности белорусской молочной продукции, а также закрепление как на отечественном, так и на зарубежных рынках невозможно без совершенствования ассортиментной политики предприятий. Идти «в ногу со временем» актуальная задача для каждого субъекта в переработке молока. В настоящее время во всем мире идет активное развитие категории быстрого питания или перекусов. Вместе с тем, особенно востребованными являются натуральные продукты данной категории с «чистой этикеткой». В этом отношении весьма актуальным является производство снеков из творога, который сам по себе является источником ценных пищевых компонентов.

В статье представлены результаты исследований по разработке технологии производства снеков из обезжиренного творога с добавлением в качестве пищевкусового наполнителя томатного порошка, изучению органолептических, физико-химических и микробиологических характеристик полученного продукта, определению требований к его качеству. Данные исследования проведены в Республике Беларусь впервые.

Ключевые слова: творог, снеки, качественные показатели, сушка, технология, кислотность, полуфабрикат, молоко.

D. S. Lozovskaya, A. N. Mikhalyuk

Grodno state agrarian University, Grodno, Republic of Belarus

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF COTTAGE CHEESE SNACKS

Abstract. Improving the competitiveness of Belarusian dairy products and securing a foothold in both domestic and international markets is impossible without improving companies' product mix. Keeping up with the times is a pressing task for every dairy processing company. Currently, the fast food and snack category is rapidly developing worldwide. At the same time, natural, clean-label products in this category are particularly in demand. In this regard, the production of snacks from cottage cheese, which itself is a source of valuable nutritional components, is highly relevant.

This article presents the results of research into the development of a technology for producing snacks from low-fat cottage cheese with tomato powder added as a flavor enhancer, the study of the organoleptic, physicochemical, and microbiological characteristics of the resulting product, and the determination of quality requirements. This research was conducted for the first time in the Republic of Belarus.

Keywords: cottage cheese, snacks, quality indicators, drying, technology, acidity, semi-finished product, milk.

Введение. В 2025 году Республика Беларусь впервые с момента существования независимого государства достигла самого высокого уровня экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, который оценивается в 10 миллиардов долларов. При этом основу экспортного портфеля республики, согласно статистическим данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия, по-прежнему составляет молочная продукция — на нее приходится 40 % всех поставок. В связи с этим, можно уверенно считать, что молочная отрасль страны сегодня является флагманом национальной экономики. Поэтому наращивание производственных мощностей по переработке молока, внедрение новых технологий, способствующих росту производительности труда, расширение ассортимента

действующих предприятий, обеспечивающее им конкурентные преимущества на внешних рынках, являются первостепенными задачами в развитии агропромышленного комплекса страны [1].

Одним из наиболее востребованных направлений для пищевой, и в частности для молочной, промышленности является производство так называемой «продукции для перекуса» или «снеков». Это связано с тем, что для молодого поколения «альфа» и части предшествующего им поколения «зет» под влиянием ускоряющегося ритма жизни, глубокой цифровизации и многозадачности, постоянного перемещения в пространстве перекус на ходу заменяет самостоятельный прием пищи, позволяет в моменте зарядиться энергией, не тратя много времени на сам процесс еды и ее выбор. Все идет к тому, что люди помоложе заменяют один из полноценных приемов пищи перекусом, считая его сытной и быстрой альтернативой [2].

Вместе с тем, данная категория потребителей в настоящее время под влиянием развивающихся нутрициологических течений, основанных на теориях рационального и сбалансированного питания, придает большое значение тому, чем именно перекусывать. В связи с этим, заметно меняется картина потребления снеков, т. е. наблюдается яркий тренд на «снекофикацию» – переход к более частым перекусам с акцентом на удобство, пользу для здоровья, экологичный и этичный подход, особенно среди молодежи [2].

Одним из вариантов основы для производства полезных снеков сегодня может стать творог – это кисломолочный продукт, произведенный с использованием заквасочных микроорганизмов (лактококков или смеси лактококков и термофильных молочнокислых стрептококков) и методов кислотной или кислотно-сычужной коагуляции молочного белка с последующим удалением сыворотки путем самопрессования, и (или) прессования, и (или) сепарирования (центрифугирования), и (или) ультрафильтрации с добавлением или без добавления составных частей молока (до или после сквашивания) в целях нормализации молочных продуктов [3]. Продукт содержит в себе большое количество кальция, белка и молочнокислых бактерий. Он богат витаминами группы В и кальцием. Такой состав обуславливает его положительное воздействие на организм – он укрепляет иммунитет, насыщает кишечник полезными бактериями, помогает при мигрени, снижает тревожность, укрепляет костные и хрящевые ткани, а также поддерживает здоровье сердца и сосудов [4]. В отношении продуктов с пониженной калорийностью особое место занимает обезжиренный творог. Он практически не содержит жира, поэтому в нем мало холестерина, что важно для лиц с повышенным уровнем холестерина в крови. Также обезжиренный творог содержит белка больше, чем творог со средней жирностью и жирный [5]. Исходя из вышесказанного, использование творога как основы для производства новых видов пищевых продуктов является актуальным направлением в разработке новых наименований с улучшенными пищевыми свойствами.

Необходимо отметить, что в настоящее время на белорусском молочном рынке сегмент молочной снековой продукции представлен только сырными снеками «Новогрудские дары» филиала ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат». Вместе с тем, данная продукция характеризуется повышенным содержанием жира (массовая доля жира в сухом веществе составляет 45 %), что обуславливает их высокую калорийность – 460 ккал [6]. Поэтому производство снеков из творога, пониженной калорийности с отличительным вкусом является актуальным направлением для молокоперерабатывающих предприятий Беларуси.

В связи с этим, целью исследований явилась разработка рецептур и технологии производства снеков из творога.

Научная задача – разработка рецептур опытных образцов снеков из творога, определение последовательности и параметров технологических операций производства снеков из творога, апробация разработанной технологии, определение качественных характеристик полученных продуктов и разработка на их основе требований к качеству готовой продукции.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований явилась технология производства снеков из творога, полученного методом кислотно-сычужной коагуляции белков молока, молоко-сырье, молоко обезжиренное – сырье, творог обезжиренный полуфабрикат, а также образцы снеков на основе творога обезжиренного с различной концентрацией пищевкусового наполнителя – томатного порошка. В качестве контрольного образца выступали образцы снеков творожных без пищевкусовой добавки.

В ходе проведения исследований использовались стандартные для молочной промышленности методы исследований сырья, полуфабрикатов, готовой продукции:

- ♦ отбор проб, подготовка к анализу – по ГОСТ 26809-86;
- ♦ определение степени чистоты молока-сырья – по ГОСТ 8218-89;
- ♦ органолептическая оценка вкуса и запаха – сенсорным методом, оценка цвета, консистенции и внешнего вида – визуально;

- ♦ массовая доля сухих веществ, сухих обезжиренных веществ, влаги, % — по ГОСТ 3626-76, п. 3;
- ♦ массовая доля жира, % — по ГОСТ 5867-90, п. 2;
- ♦ массовая доля общего белка, % — согласно СТБ ISO 8968-1-2008;
- ♦ титруемая кислотность (еТ) — по ГОСТ 3624-92;
- ♦ плотность, г/см³ — по ГОСТ 3625-84;
- ♦ наличие бактерий группы кишечной палочки — по ГОСТ 32901-2014.

Результаты исследований и их обсуждение. В соответствии с поставленной целью был произведен расчет рецептур контрольного и опытных образцов снеков творожных. В опытные образцы в качестве пищевкусового наполнителя вводился томатный порошок в количестве 2,5 %, 5,0 % и 7,5 % от массы смеси. Рассчитанные рецептуры приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. Рецепт на 1000 кг снеков творожных (без учета потерь)

T a b l e 1. Recipe for 1000 kg of cottage cheese snacks (excluding losses)

Наименование компонента	Масса, кг			
	контрольный образец	опытный образец № 1 (O1)	опытный образец № 2 (O2)	опытный образец № 3 (O3)
Творог обезжиренный	800,0	775,0	750,0	725,0
Базилик сушеный	25,0	25,0	25,0	25,0
Соль поваренная пищевая	25,0	25,0	25,0	25,0
Меланж	100,0	100,0	100,0	100,0
Пюре морковное	50,0	50,0	50,0	50,0
Томатный порошок		25,0	50,0	75,0
ИТОГО	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Все виды основного молочного сырья — цельное молоко, а также полученное из него сепарированием обезжиренное молоко для производства творога-полуфабриката были исследованы по нормируемым согласно СТБ 1598-2006 (с дополнениями и изменениями № 4 от 01.08.2020 г.) «Молоко коровье сырое. Технические условия» и СТБ 2263-2016 «Молоко обезжиренное — сырье. Технические условия» показателям [7,8]. Результаты анализов подтвердили их полное соответствие указанным нормативным документам, что обусловило возможность их применения для выработки творога-полуфабриката нежирного. В свою очередь творог нежирный так же подвергли исследованиям на соответствие его требованиям СТБ 315-2017 «Творог. Общие технические условия» [9]. Полученные результаты позволили сделать заключение, что все его качественные показатели находятся в пределах установленных норм.

Технологическая схема производства снеков из творога приведена на рисунке 1.

Главными процессами, определяющими качество творога, являются коагуляция казеина и обработка (обезвоживание) образующегося сгустка. Для выработки продукта стандартной влажности и консистенции необходимо получить плотный (прочный) белковый сгусток с необратимо разрушающимися связями, способствующими его синерезису. При выработке творога для лучшего отделения сыворотки и уменьшения потерь белка с ней наиболее целесообразно пастеризовать молоко при температуре 78–80 °С с выдержкой в течение 20–25 с.

Температура сквашивания (27±3) °С способствует получению творога стандартной кислотности и влажности. При более высоких температурах увеличиваются размеры белковых частиц сгустка и степень выделения сыворотки при самопрессовании, в результате чего может получиться излишне обсушенный продукт с крошливой консистенцией. При кислотно-сычужном способе производства в нормализованную смесь вносят сухую закваску прямого внесения, раствор хлорида кальция, а также молокосвертывающий фермент. Творог, полученный в ходе кислотно-сычужного способа, обладает меньшей кислотностью по сравнению с творогом, полученным кислотным способом, поэтому он обладает менее кислым вкусом, а значит продукты из него не будут иметь излишне кислый вкус [10].

В состав творожной смеси входит меланж куриных яиц. Он увеличивает сроки хранения творога за счет взаимодействия молочной кислоты с карбонатом кальция и образования лактатов, которые являются дополнительными буферами, так как молочная кислота является сильнее угольной, то она вытесняет последнюю, постепенно происходит нейтрализация белка, вследствие чего уменьшается кислотность творога и влияет на сохраняемость [11]. Морковное пюре выступает в качестве натурального красителя, придавая снекам цвет, приближенный к картофельным, что делает конечный продукт более привлекательным для покупателя. Томатный порошок увеличивает насыщенность цвета и придает снекам томатный вкус.

Творожную массу раскатывают в пласт толщиной 1–2 мм, чтобы при высушивании получить снеки определенной толщины.

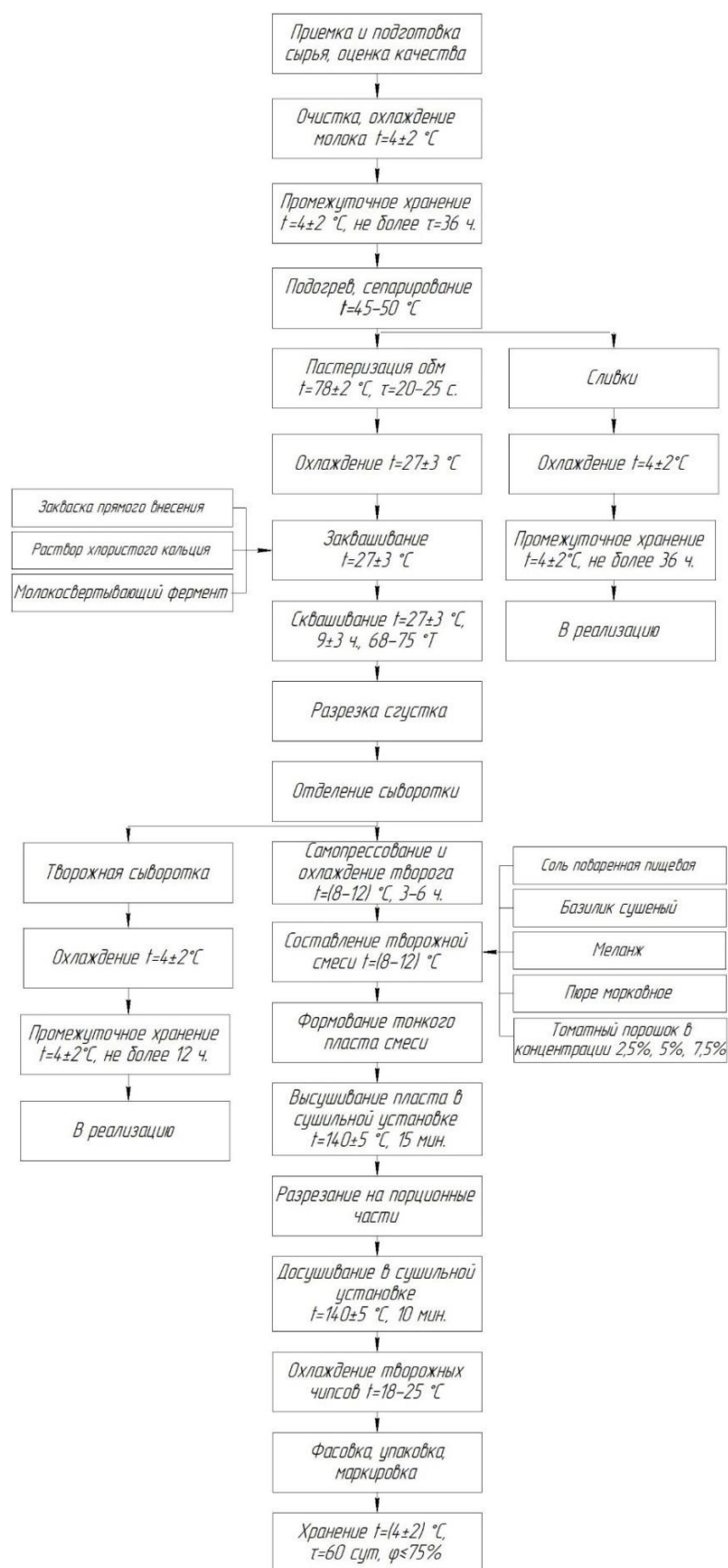


Рис. 1. Технологическая схема производства снеков из творога
Fig. 1. Flow chart for the production of cottage cheese snacks

Сушка позволяет удалить влагу из творожной смеси до такой степени, что в конечном продукте она не превышает 10,0 %. Благодаря такому малому значению влаги подавляется рост и развитие патогенной микрофлоры, т. к. остается очень мало свободной воды для жизнедеятельности микроорганизмов [12]. Это позволяет продукту иметь высокие сроки годности.

Охлаждение творожных снеков не менее важный этап производства. Благодаря ему чипсы и приобретают свою хрустящую консистенцию.

По разработанной технологии производства была осуществлена выработка контрольного и опытных образцов снеков из творога (рис. 2).



Рис. 2. Контрольный и опытные образцы снеков из творога
Fig. 2. Control and experimental samples of cottage cheese snacks

Так как разрабатываемые творожные снеки – это принципиально новый вид молочной продукции, то к нему не определены требования в ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [3]. С целью обоснования требований к качеству готового продукта, а также выбора образца с наилучшими органолептическими характеристиками был проведен комплекс исследований, включающий анализ по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Данные по органолептической оценке исследуемых образцов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Органолептические показатели снеков из творога
T a b l e 2. Organoleptic characteristics of cottage cheese snacks

Наименование показателя	Характеристика
Контрольный образец	
Внешний вид и консистенция	Пластины прямоугольной формы, хрустящие
Вкус и запах	Выраженный вкус и запах творога и базилика
Цвет	Бледно-желтый, с характерными вкраплениями сушеного базилика
Опытный образец № 1 (концентрация томатного порошка 2,5 %)	
Внешний вид и консистенция	Пластины прямоугольной формы, хрустящие
Вкус и запах	Выраженный вкус и запах творога и базилика, слегка чувствуется томатный вкус
Цвет	Бледно-оранжевый, с характерными вкраплениями сушеного базилика
Опытный образец № 2 (концентрация томатного порошка 5,0 %)	
Внешний вид и консистенция	Пластины прямоугольной формы, хрустящие
Вкус и запах	Выраженный вкус и запах творога, базилика и томатов
Цвет	Оранжевый, с характерными вкраплениями сушеного базилика
Опытный образец № 3 (концентрация томатного порошка 7,5 %)	
Внешний вид и консистенция	Пластины прямоугольной формы, хрустящие
Вкус и запах	Выраженный вкус и запах томатов, слегка кислый, вкус творога и базилика почти не ощущается
Цвет	Ярко оранжевый, с характерными вкраплениями сушеного базилика

Таким образом, все образцы обладают внешним видом и консистенцией, соответствующими подобной продукции, вкус и цвет меняются в зависимости от количества вносимых сушеных томатов. С целью выбора оптимальной концентрации пищевкусовой добавки (томатного порошка) также была проведена органолептическая оценка образцов методом дегустационного анализа. Результаты экспертной оценки органолептических показателей исследуемых образцов приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Результаты экспертной оценки органолептических показателей образцов снеков из творога

Table 3. Results of expert assessment of organoleptic indicators of cottage cheese snack samples

№ образца	Количество баллов				Общее количество баллов (максимум 20)
	Вкус и запах (максимум 10)	Консистенция (максимум 4)	Внешний вид (максимум 4)	Цвет (максимум 2)	
К	9,00 ± 0,58	4,00 ± 0,25	4,00 ± 0,40	2,00 ± 0,25	17,60 ± 1,36
O1	9,00 ± 0,45	3,40 ± 0,25	3,80 ± 0,20	2,00 ± 0,13	18,20 ± 0,80
O2	9,60 ± 0,25	3,60 ± 0,25	4,0 ± 0,00	1,80 ± 0,20	19,00 ± 0,62
O3	7,80 ± 0,86	3,40 ± 0,25	3,40 ± 0,40	1,80 ± 0,20	16,40 ± 1,29

Данные таблицы 3 показывают, что наибольшее общее количество баллов $19,00 \pm 0,62$ было присуждено опытному образцу № 2. Это свидетельствует о том, что именно данный образец обладает наилучшими органолептическими свойствами среди всех других, т.е. концентрация томатного порошка, равная 5,0 %, придает снекам улучшенные вкус, цвет и запах. Суммарное количество баллов у образца № 1 составило $18,20 \pm 0,80$, вместе с тем, данный образец набрал наибольшее количество баллов по показателю «Цвет» $2,0 \pm 0,13$, что на 0,2 балла больше, чем у второго образца. Наименьшее количество баллов было присуждено образцу № 3 $16,40 \pm 1,29$ – экспертами были отмечены излишне темная окраска и ярко выраженный кислый вкус. Поэтому для последующих исследований был выбран опытный образец № 2.

Результаты анализов исследуемых образцов по физико-химическим показателям приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Физико-химические показатели снеков из творога

Table 4. Physical and chemical properties of cottage cheese snacks

Наименование показателя	Значение	
	контрольный образец	опытный образец №2
Массовая доля влаги, %	$8,82 \pm 0,02$	$8,44 \pm 0,03$
Массовая доля жира, %	$1,41 \pm 0,04$	$1,43 \pm 0,15$
Титруемая кислотность, °Т	$212 \pm 1,15$	$216 \pm 2,06$

Анализируя данные таблицы 4, можно отметить, что при внесении томатного порошка снижается массовая доля влаги в готовом продукте ($8,82 (\pm 0,02)$ % в контрольном образце против $8,44 (\pm 0,03)$ % в опытном образце № 2), что благоприятно влияет на продолжительность хранения, ведь снижается количество свободной воды для развития микроорганизмов. Также при добавлении порошка незначительно увеличивается титруемая кислотность творожных снеков ($(212 \pm 1,15)$ °Т в контрольном образце против $(216 \pm 2,06)$ °Т в образце № 2). Необходимо отметить увеличение массовой доли жира в образцах по сравнению с творогом полуфабрикатом. Это связано с процессом сушки, так как со снижением массы влаги увеличивается концентрация сухих веществ.

Согласно ТР ТС 033 в творожных изделиях нормируется отсутствие в $0,01 \text{ см}^3$ бактерий группы кишечных палочек, а также наличие микрофлоры, характерной для творожной закваски [3]. В связи с тем, что продукт был подвержен сушке при температуре (140 ± 5) °С, в готовом продукте исследовалось наличие БГКП, которые являются санитарно-показательными микроорганизмами. В результате микробиологических исследований установлено, что в исследуемых образцах отсутствовала указанная группа микроорганизмов. Это подтверждает, что по разработанной технологии производства можно вырабатывать безопасную для потребителя продукцию.

Так как разрабатываемые в данной работе снеки из творога являются принципиально новым видом молочной продукции, то полученные органолептические, физико-химические, микробиологические показатели опытного образца № 2 могут быть использованы для разра-

ботки ТНПА на данный вид продукта, а также внесения их в ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Требования к органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям снеков творожных приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. Органолептические, физико-химические, микробиологические показатели творожных чипсов

Table 5. Organoleptic, physical-chemical, and microbiological characteristics of cottage cheese chips

Наименование показателя	Норма
Органолептические показатели	
Внешний вид и консистенция	Пластины прямоугольной формы, хрустящие
Вкус и запах	Выраженный вкус и запах творога, базилика и томатов
Цвет	Оранжевый, с характерными вкраплениями сушеного базилика
Физико-химические показатели	
Массовая доля жира, %, не менее	1,0
Массовая доля влаги, %, не более	8,5
Титруемая кислотность, °Т, не более	216
Микробиологический показатель	
Бактерии группы кишечных палочек в 0,01 г (см ³)	Отсутствуют

Заключение. Отдельные потребители, вопреки здоровому питанию, предпочитают перекус полному приему пищи. Данные приемы пищи чаще всего представлены фастфудом, который обладает несбалансированным составом белков, жиров и углеводов. В связи с чем авторами предложен вкусный и полезный перекус. Пищевая и биологическая ценность творога делает его потенциальной основой для производства нового вида снеков с «чистой этикеткой», не имеющего аналогов на белорусском молочном рынке.

Разработанная технология производства снеков из творога обеспечивает получение продукции с пониженной массовой долей жира и уникальным вкусом. Полученные в ходе исследований данные по качественным характеристикам могут использоваться для разработки технических условий на новый вид молочной продукции.

Применение представленного технического решения может быть использовано предприятиями Республики Беларусь, находящимися в постоянном поиске новых видов готовой продукции, не имеющей аналогов как на отечественном, так и на зарубежном рынках. Это в свою очередь будет способствовать закреплению их позиций в республике, а также привлечению новых потенциальных потребителей.

Список использованных источников

1. Беларусь в 2025-м добилась рекордного показателя по экспорту продовольствия. – Sputnik.by, 2025. – URL: <https://sputnik.by/20260130/belarus-v-2025-m-dobilas-rekordnogo-pokazatelya-po-eksportu-prodovolstviya-1103919801.html> (дата обращения: 02.03.2026).
2. Как «снекинг» стал стилем жизни молодежи под влиянием быстрого ритма жизни и развития технологий. – Fishportal.ru, 2025. – URL: <https://fishportal.ru/arhiv-novostej/kak-sneking-stal-stilem-zhizni-molodezhi-pod-vliyaniem-bystrogo-ritma-zhizni-i-razvitiya-tehnologij/> (дата обращения: 02.03.2026).
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (с изменениями на 23 июня 2023 года) : ТР ТС 033 : срок действия с 9.10.2013 / Евразийская экономическая комиссия – М., 2013. – 94 с.
4. 10 удивительных фактов о твороге. Ambar-moscow.ru, 2025. – URL: https://ambar-moscow.ru/articles/10-udivitelnyh-faktov-o-tvoroge/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 02.03.2026).
5. Полезен ли обезжиренный творог. – Dietology.pro, 2021. – URL: <https://dietology.pro/blog/pitanie/polezen-li-obezzhirennyy-tvorog/> (дата обращения: 03.03.2026).
6. Чипсы сырные с м.д.ж. 45%. – Novdar.by, 2025. – URL: <https://novdar.by/product/%D1%87%D0%B8%D0%BF%D1%81%D1%8B-%D1%81%D1%8B%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%81-%D0%BC-%D0%B4-%D0%B6-45/> (дата обращения: 03.03.2026).
7. Молоко коровье сырое. Технические условия: СТБ 1598-2006 – Минск : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2006. – IV. – 14 с.
8. Молоко обезжиренное-сырье. Технические условия : СТБ 2263-2016 – Взамен СТБ 2263-2016 ; введ. 29.12.2016. – Минск : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 7 с.

9. Творог. Общие технические условия : СТБ 315-2017 – Взамен СТБ 315-2007 ; введ. 20.03.2017. – Минск : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 14 с.
10. Горбатова, К. К. Химия и физика молока и молочных продуктов/ К. К. Горбатова, П. И. Гунькова // СПб.: ГИОРД, 2012. – 336 с.: ил.
11. Sfera.fm, 2024. – URL: <https://sfera.fm/articles/ingredienty/melanzh-cto-eto-takoe-dlya-chego-ispolzuetsya-tekhnologiya-proizvodstva> (дата обращения: 03.03.2026).
12. Голубева, Л. В. Технология производства молочных консервов : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Л. В. Голубева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2026. — 392 с.

Информация об авторах

Лозовская Диана Сергеевна, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки животного сырья, учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет» (ул. Терешковой, 18, 230008, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: diana.lozovskaya.89@mail.ru

Михалюк Александр Николаевич, кандидат биологических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет» (ул. Терешковой, 18, 230008, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: alex-vet@mail.ru.

Information about the authors

Lozovskaya Diana Sergeevna, senior Lecturer, Department of Technology of Storage and Processing of Animal Raw Materials, Educational Institution “Grodno State Agrarian University” (18, Tereshkova St., 230008, Grodno, Republic of Belarus).

E-mail: diana.lozovskaya.89@mail.ru

Mikhalyuk Alexander Nikolaevich, PhD (Biological), Associate Professor, Dean of the Engineering and Technology Faculty of the educational institution “Grodno State Agrarian University” (18, Tereshkova St., 230008, Grodno, Republic of Belarus).

E-mail: alex-vet@mail.ru.

О. В. Чекун, И. М. Почицкая

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ БОБОВЫХ И КРУП

Аннотация. В статье рассматривается применение рапсового масла в качестве растительного источника полиненасыщенных жирных кислот при разработке растительных полуфабрикатов на основе зернобобовых культур. На основании проведенных исследований биотехнологического потенциала растительного сырья подготовлены композиции растительных продуктов. Определены показатели качества и проведена дегустационная оценка разработанных полуфабрикатов с использованием элементов профильного анализа, что позволило установить продукты с наилучшими потребительскими характеристиками.

Ключевые слова: растительное сырье, зернобобовые культуры, рапсовое масло, омега-3, полиненасыщенные жирные кислоты, растительное питание, показатели качества.

O. V. Chekun, I. M. Pochitskaya

*Republican Unitary Enterprise «The scientific and practical centre for foodstuffs
of the National Academy of Sciences of Belarus» Minsk, Belarus*

OPTIMIZATION OF FATTY ACID COMPOSITION OF VEGETABLE SEMI-FINISHED PRODUCTS BASED ON LEGUMES AND CEREALS

Abstract. The article discusses the use of rapeseed oil as a vegetable source of polyunsaturated fatty acids in the development of vegetable semi-finished products based on legumes. Based on the conducted studies of the biotechnological potential of plant raw materials, compositions of plant products have been prepared. The quality indicators were determined and a tasting assessment of the developed semi-finished products was carried out using elements of profile analysis, which made it possible to identify products with the best consumer characteristics.

Keywords: vegetable raw materials, legumes, rapeseed oil, omega-3, polyunsaturated fatty acids, vegetable nutrition, quality indicators.

Введение. Для поддержания здоровья и увеличения продолжительности жизни важную роль играет сбалансированное питание, особенно при отказе от употребления продуктов животного происхождения [1]. Для расширения ассортимента постных продуктов, проведенными ранее исследованиями были разработаны лабораторные композиции комбинированных растительных полуфабрикатов, а именно котлеты из гороха и пшена, пшениные котлеты, перловые котлеты, паштеты из фасоли и гороха [2, 3].

Поскольку рецептуры данных моделей полностью растительные, в конечном продукте преобладают омега-6 полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК). Целью данной работы являлась оптимизация жирнокислотного состава разработанных растительных полуфабрикатов из круп и бобовых путем добавления омега-3 ПНЖК.

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) – жирные кислоты с двумя и более двойными связями между углеродными атомами. Особое значение для организма человека имеют такие ПНЖК как линолевая, линоленовая, являющиеся структурными элементами клеточных мембран и обеспечивающие нормальное развитие и адаптацию организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды. ПНЖК являются предшественниками образующихся из них биорегуляторов – эйкозаноидов [4].

К числу незаменимых полиненасыщенных жирных кислот относятся арахидоновая кислота, линолевая (α -6 18:2 9, 12) и α -линоленовая (α -3 18:3 9, 12, 15) кислоты, представляющие

структурные элементы клеточных мембран и обеспечивающие нормальное развитие и адаптацию организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды [5]. Наиболее значимые для организма человека длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ДПНЖК) и их основные пищевые источники представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты и их основные пищевые представители

Table 1. Long-chain polyunsaturated fatty acids and their main representatives

Класс ДПНЖК	Основные представители
ω -6 семейство	Линолевая кислота
	Арахидоновая кислота
	Докозапентаеновая
ω -3 семейство	α -линоленовая кислота
	Эйкозапентаеновая кислота
	Докозагексаеновая кислота

Данные по влиянию потребления полиненасыщенных жирных кислот и баланса между их различными группами были представлены на Конгрессе Международного общества нутригенетики/нутригеномики. На основании проведенных исследований для предотвращения развития сердечно-сосудистых и других алиментарнозависимых заболеваний [6] было рекомендовано: общее потребление насыщенных жиров снизить до 8 % от суточной калорийности рациона; полностью исключить потребление трансизомеров жирных кислот, увеличить потребление полиненасыщенных жирных кислот до 12 % от суточной калорийности рациона; стремиться, чтобы баланс омега-3 к омега-6 жирным кислотам двигался к 1:1 [7].

Всемирная Организация Здравоохранения не дает рекомендаций по балансу омега-3 и омега-6 жирных кислот в питании, но при этом приводит данные по минимальному и адекватному уровню потребления как суммы полиненасыщенных жирных кислот, так и конкретных кислот для различных возрастных групп (таблица 2) [8].

Т а б л и ц а 2. Рекомендуемые ФАО/ВОЗ нормы потребления полиненасыщенных жирных кислот

Table 2. Recommended FAO/WHO consumption rates for polyunsaturated fatty acids

Жирная кислота	% от суточной калорийности для взрослого человека
Σ ПНЖ	6–11
Σ ω -3 жирных кислот	2,0–3,0
α -линоленовая	> 0,5
Σ ω -6 жирных кислот	2,5–9,0
Линолевая	2,5

Приведенные научные исследования доказывают необходимость не только повышения уровня потребления полиненасыщенных жирных кислот в целом, но и существенного увеличения доли потребления омега-3 жирных кислот для снижения количества алиментарно-зависимых заболеваний.

Поскольку целью данной работы является разработка постного (растительного) продукта, источником ПНЖК могут служить только растительные масла.

Необходимо отметить, что каждое растительное масло уникально по-своему жирно-кислотному составу, чем выше содержание в растительном масле ПНЖК, тем выше его пищевая ценность [9, 10, 11]. Жирно-кислотный состав масел, выпускаемых пищевой промышленностью, представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3. Жирнокислотный состав растительных масел [12]

Table 3. Fatty acid composition of vegetable oils [12]

Продукт	Насыщенные жирные кислоты, % в 100 г.	Полиненасыщенные жирные кислоты, % в 100 г.
Масло льняное	9,6 (8,5–10,7)	67,7 (38,9–97,0)
Масло подсолнечное	12,5 (8,7–16,3)	65,0 (55,0–75,0)
Масло рапсовое	10,0 (8,0–12,0)	33,0 (12,0–54,0)

Подсолнечное масло отличается низким содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК) и является лидером по содержанию линолевой (омега-6) кислоты (60 %), а содержание линоленовой (омега-3) в нем снижено.

Льняное масло — единственное из растительных масел, которое является альтернативой рыбьему жиру по содержанию ПНЖК. Диетологи считают, что именно льняное масло следует отнести к целебным маслам по содержанию омега-3 ПНЖК. Однако, его быстрое окисление и прогоркание, и вследствие этого короткие сроки годности, ограничивают широкое использование льняного масла в качестве пищевого продукта.

Рапсовое масло по сравнению с оливковым в большей степени повышает синтез и выведение желчных кислот и снижает уровень холестерина, вследствие наличия в составе омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. Оно также богато витаминами и минеральными веществами, необходимыми для нормальной работы всего организма [13]. Рапсовое масло считается стойким к окислению, не меняет свои органолептические характеристики в процессе хранения [14].

Таким образом, для дальнейших исследований было выбрано рапсовое масло.

Объекты и методы. Исследования проводились в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Объектами исследования являлись композиции лабораторных образцов замороженных растительных продуктов — котлеты из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецкими орехами, котлеты пшеничные с морковью, семенами подсолнечника, тыквенными семечками и зеленью, котлеты перловые с грибами и морковью, паштет из фасоли с грибами и паштет из чечевицы с грибами.

В готовых композициях лабораторных образцов была проведена дегустационная оценка для определения предпочтений потребителей [15], а также проведены исследования по показателям качества.

Результаты исследований и их обсуждение. Для оптимизации жирнокислотного состава растительных полуфабрикатов, обогащенных растительным белком, был проведен ряд экспериментов. Было выбрано 3 образца растительных котлет из круп и бобовых и 2 образца паштетов из бобовых, обогащенных растительным белком. В качестве влаги добавляли жидкость, оставшуюся после варки крупы (бульон). Крупы предварительно отваривали, согласно инструкции приготовления, семена подсолнечника, семена тыквы и ядра грецкого ореха предварительно измельчали. Сушеные грибы предварительно замачивали в холодной воде на 2–3 часа, согласно инструкции приготовления, приведенной на этикетке. Грибы, лук, морковь измельчали и пассеровали на рапсовом масле. В часть образцов было добавлено рапсовое масло, как источник полиненасыщенных жирных кислот. Состав и наименования разработанных полуфабрикатов на основе бобовых и круп приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4. Состав и наименование лабораторных образцов полуфабрикатов на основе бобовых и круп

Table 4. Composition and name of laboratory samples of semi-finished products based on legumes and cereals

№ п/п	Наименование продукта	Состав продукта
1-1	Котлеты из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом обогащенные растительным белком	Пшено 10,0 % Горох 67,0 % Семена подсолнечника 8,0 % Грецкий орех 7,0 % Белок соевый 5,0 % Вода 3,0 %
1-2	Котлеты из пшена и гороха, обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	Пшено 10,0 % Горох 67,0 % Семена подсолнечника 8,0 % Грецкий орех 7,0 % Белок соевый 5,0 % Вода 1,0 % Рапсовое масло 2,0 %

Окончание табл. 4

№ п/п	Наименование продукта	Состав продукта
2-1	Котлеты пшеничные с морковью, семенами подсолнечника, тыквенными семечками и зеленью обогащенные растительным белком	Пшено 59,0 % Семена подсолнечника 13,0 % Тыквенные семечки 13,0 % Морковь 3,0 % Укроп 1,0 % Белок соевый 5,0 % Вода 5,0 %
2-2	Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	Пшено 59,0 % Семена подсолнечника 13,0 % Тыквенные семечки 13,0 % Морковь 3,0 % Укроп 1,0 % Белок соевый 5,0 % Вода 3,0 % Рапсовое масло 2,0 %
3-1	Котлеты перловые с грибами и морковью обогащенные растительным белком	Перловая крупа 63,0 % Грибы свежие 23,0 % Морковь 2,0 % Лук 2,0 % Белок соевый 10,0 %
3-2	Котлеты перловые обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	Перловая крупа 61,0 % Грибы свежие 23,0 % Морковь 2,0 % Лук 2,0 % Белок соевый 10,0 % Рапсовое масло 2,0 %
4-1	Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком	Фасоль 70,0 % Грибы сушеные 15,0 % Морковь 3,0 % Лук 1,0 % Рапсовое масло (для жарки) Белок соевый 5,0 % Вода 5,0 %
4-2	Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	Фасоль 70,0 % Грибы сушеные 15,0 % Морковь 3,0 % Лук 1,0 % Белок соевый 5,0 % Рапсовое масло 2,0 % Вода 3,0 %
5-1	Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком	Чечевица 80,0 % Грибы свежие 5,0 % Морковь 3,0 % Лук 1,0 % Рапсовое масло (для жарки) Белок соевый 5,0 % Вода 5,0 %
5-2	Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	Чечевица 80,0 % Грибы свежие 5,0 % Морковь 3,0 % Лук 1,0 % Белок соевый 5,0 % Рапсовое масло 2,0 % Вода 3,0 %

Пищевая ценность образцов растительных полуфабрикатов, приведенных выше, представлены в таблице 5.

Т а б л и ц а 5. Пищевая ценность комбинированных полуфабрикатов из растительного сырья, обогащенных растительным белком (в 100 г продукта)

Table 5. Nutritional value of combined semi-finished products from vegetable raw materials enriched with vegetable protein (per 100 g of product)

Наименование продукта	Массовая доля влаги, %	Зола, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г
Котлеты из пшена и гороха обогащенные растительным белком	62,5	1,01	9,98	9,5	16,8
Котлеты из пшена и гороха, обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	61,9	0,94	10,26	9,7	17,2
Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком	65,8	1,05	8,23	4,5	20,4
Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	65,2	0,98	10,81	6,4	16,6
Котлеты перловые обогащенные растительным белком	57,1	1,50	13,02	13,8	14,6
Котлеты перловые обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	53,8	1,46	12,67	14,0	18,1
Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком	66,8	1,12	10,08	3,2	18,7
Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	62,6	1,09	9,66	5,3	21,4
Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком	69,6	1,33	10,09	1,5	17,5
Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	67,2	0,98	10,36	3,9	17,6

Содержание макро- и микроэлементов в полуфабрикатах на основе бобовых и круп представлены в таблице 6.

Т а б л и ц а 6. Содержание макро- и микроэлементов в полуфабрикатах на основе бобовых и круп, мг/100 г

Table 6. The content of macro- and microelements in semi-finished products based on legumes and cereals, mg/100 g

Наименование продукта	Калия	Кальция	Магния	Железа	Меди	Цинка	Натрия
Котлеты из пшена и гороха обогащенные растительным белком	1915	213	472	16,7	4,27	13,2	186
Котлеты из пшена и гороха, обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	1820	222	458	16,2	3,87	12,3	184
Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком	2005	131	285	17,1	2,54	6,51	194
Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	1730	124	273	17,2	1,59	6,26	193
Котлеты перловые обогащенные растительным белком	1830	128	288	30,0	4,39	20,6	188
Котлеты перловые обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	2460	130	258	24,5	4,03	19,3	184
Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком	3775	621	620	21,8	0,54	10,2	336
Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	3700	915	645	21,6	0,74	10,9	308
Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком	2550	331	348	23,5	1,36	11,3	341
Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	2515	231	334	21,8	1,03	10,6	328
Средняя суточная потребность (ССП)*	3500	1000	400	14	1,0	15	—

*Согласно ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Согласно данным таблицы 6, содержание калия находится в диапазоне от 1730 мг/100 г в пшеничных котлетах до 3775 мг/100 г в паштете из фасоли, что составляет 49,4–107,8 % ССП. Содержание кальция варьирует от 124 мг/100 г в пшеничных котлетах до 915 мг/100 г в паштете из фасоли или 12,4–91,5 % ССП. Магний содержится в диапазоне от 258 мг/100 г в котлетах из перловой крупы до 645 мг/100 г в паштете из фасоли, что соответствует 64,5–161,3 % ССП. Количество меди находится в диапазоне от 0,54 мг/100 г (паштет из фасоли) до 4,39 мг/100 г в перловых котлетах, что составляет 54–439 % ССП. Содержание железа находится в диапазоне от 30 мг/100 г в перловых котлетах до 16,2 мг/100 г в котлетах из гороха и пшена, что полностью удовлетворяет среднесуточную потребность по данному микроэлементу. Цинк содержится в диапазоне от 6,26 мг/100 г в пшеничных котлетах до 20,6 мг/100 г в перловых котлетах, что соответствует 41,7–137,3 % ССП.

Содержание полиненасыщенных жирных кислот приведено в таблице 7.

Т а б л и ц а 7. Содержание полиненасыщенных жирных кислот в полуфабрикатах из круп и бобовых (% от суммы кислот в жире, выделенном из продукта)

Table 7. The content of polyunsaturated fatty acids in semi-finished products from cereals and legumes (% of the total acids in the fat extracted from the product)

№	Наименование	ω-3		ω-6	
1	Котлеты из пшена и гороха обогащенные растительным белком	Линоленовая	3,1	Линолевая	40,9
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	н/о
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
2	Котлеты из пшена и гороха, обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	Линоленовая	3,5	Линолевая	32,8
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	0,1
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
3	Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком	Линоленовая	4,2	Линолевая	12,9
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	0,4
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
4	Котлеты пшеничные обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	Линоленовая	4,6	Линолевая	14,0
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	0,4
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	0,1
5	Котлеты перловые обогащенные растительным белком	Линоленовая	0,9	Линолевая	47,0
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	н/о
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
6	Котлеты перловые обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла	Линоленовая	1,5	Линолевая	45,3
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	0,1
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
7	Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком	Линоленовая	3,5	Линолевая	3,9
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	н/о
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	0,1
8	Паштет из фасоли с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	Линоленовая	3,1	Линолевая	5,9
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	0,1
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
9	Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком	Линоленовая	1,4	Линолевая	5,9
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	н/о
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о
10	Паштет из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла	Линоленовая	4,5	Линолевая	11,5
		Эйкозапентаеновая	н/о	γ-линоленовая	0,3
		Докозагексаеновая	н/о	Арахидоновая	н/о

Проанализированные продукты по содержанию ненасыщенных жирных кислот показали, что наибольшее их количество установлено в котлетах из гороха и пшена, обогащенных растительным белком, а также в котлетах на основе перловой крупы. Преобладают омега-6 жирные кислоты, однако, при добавлении рапсового масла практически во всех образцах увеличивается количество линоленовой кислоты (относится к ω-3 ЖК). Анализ показал, что данные виды продукции могут быть использованы потребителем для быстрого восполнения источников ненасыщенных жирных кислот в организме.

Дескрипторно-профильная оценка полученных полуфабрикатов проводилась по предложенным 12 дескрипторам: «диспергирование», «адгезионная способность», «горечь», «сочность консистенции», «плотность консистенции», «интенсивность крупяного вкуса», «сладковатый привкус», «богатство вкуса», «баланс вкуса», «интенсивность флейвора», «интенсивность послевкусия» и «общее впечатление».

Оценка паштетов из бобового сырья проводилась по 14 дескрипторам: «адгезионная способность», «сочность консистенции», «клейкость консистенции», «степень измельчения продукта», «консистенция паштета», «интенсивность вкуса бобов», «специфический травянистый привкус», «сладковатый привкус», «вкус пряностей», «горечь», «богатство вкуса», «интенсивность флейвора», «интенсивность послевкусия» и «общее впечатление».

Результаты оценки дескрипторов в полуфабрикатах на основе бобовых и круп приведены в таблице 8 и профилограмме на рисунке 1.

Т а б л и ц а 8. Результаты оценки дескрипторов в полуфабрикатах на основе бобовых и круп
Table 8. Results of evaluation of descriptors in semi-finished products based on legumes and cereals

Дескриптор	Образцы котлет*					
	1	2	3	4	5	6
Диспергирование	6,3	6,0	6,1	6,1	5,4	6,2
Адгезионная способность	3,1	3,3	3,9	3,7	4,7	4,9
Сочность консистенции (в процессе пережевывания)	5,2	5,6	5,6	5,6	4,9	5,2
Плотность консистенции (в процессе пережевывания)	3,3	3,3	4,3	4,3	5,1	5,4
Интенсивность вкуса крупы	5,5	5,3	5,3	4,5	4,5	4,6
Сладковатый привкус	4,2	4,2	3,9	3,5	2,7	2,8
Горечь	0,2	0,3	0,5	0,2	0,7	0,5
Богатство вкуса	2,6	2,4	4,6	4,1	3,5	3,4
Баланс вкуса	4,4	4,5	5,7	5,3	5,6	5,1
Интенсивность флейвора	5,4	5,6	6,2	5,7	5,7	5,6
Интенсивность послевкусия	4,5	4,9	5,7	5,3	5,4	5,1
Общее впечатление	6,0	6,0	6,8	6,8	6,2	6,2

* 1 – из пшена и гороха обогащенные растительным белком; 2 – из пшена и гороха, обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла; 3 – пшеничные обогащенные растительным белком; 4 – пшеничные обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла; 5 – перловые обогащенные растительным белком; 6 – перловые обогащенные растительным белком с добавлением рапсового масла.



Рис. 1. Профилограмма дегустационной оценки котлет из бобовых и круп.

Fig. 1. Profiologram of the tasting evaluation of bean and cereal cutlets.

Дегустаторы отмечали, что при добавлении рапсового масла текстура котлет из круп и бобовых становится более сочной, дескриптор «сочность консистенции» увеличивается на 0,4 балла в котлетах из пшена и гороха и на 0,3 балла в перловых котлетах. Однако средняя оценка дескриптора «общее впечатление» во всех образцах не изменилась.

Результаты оценки дескрипторов в паштетах из бобовых приведены в таблице 9 и профилограмме на рисунке 2.

Т а б л и ц а 9. Результаты дегустационной оценки паштетов из бобовых
T a b l e 9. Results of the tasting evaluation of bean pate

Дескриптор	Образцы паштета*			
	7	8	9	10
Адгезионная способность	3,1	3,3	3,1	3,2
Сочность консистенции (в процессе пережевывания)	4,8	5,4	7,3	7,4
Клейкость консистенции (в процессе пережевывания)	4,4	4,5	4,5	4,6
Степень измельчения продукта	5,6	6,3	4,7	4,5
Консистенция паштета	3,0	2,8	4,8	4,8
Интенсивность вкуса бобов	5,5	5,2	5,0	4,5
Специфический травянистый привкус	3,0	2,5	1,8	1,6
Сладковатый привкус	3,2	3,2	3,5	4,9
Вкус пряностей	3,0	2,7	6,0	5,2
Горечь	1,3	1,0	0,7	0,5
Богатство вкуса	5,2	5,1	6,8	7,6
Интенсивность флейвора	5,1	5,4	7,0	7,5
Интенсивность послевкусия	4,6	4,5	6,6	6,6
Общее впечатление	6,5	6,7	8,1	8,5

* 7 – из фасоли с грибами обогащенный растительным белком; 8 – из фасоли с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла; 9 – из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком; 10 – из чечевицы с грибами обогащенный растительным белком с добавлением рапсового масла



Рис. 2. Профилограмма дегустационной оценки паштетов из бобовых
Fig. 2. Profilogram of the tasting evaluation of bean pate

При оценке паштетов дегустаторы отметили, что при добавлении масла в состав продукта, паштеты становятся мягче, легче намазываются. Вкус продукта становится богаче и сбалансированнее. Дескриптор «общее впечатление» увеличивается на 0,2 балла в паштете из фасоли, и на 0,4 балла в паштете из чечевицы.

Заключение. Исследование растительных полуфабрикатов на основе круп и бобовых с преобладанием омега-6 жирных кислот, позволило провести оптимизацию их жирнокислотного состава путем добавления рапсового масла в количестве 2 %, в результате чего количество линоленовой кислоты (относится к ω -3 ЖК) повысилось на 10–40 %, что позволит использовать полученную продукцию для быстрого восполнения источников ненасыщенных жирных кислот в организме.

Результаты дегустационной оценки разработанных полуфабрикатов на основе круп и бобовых позволили установить, что внесение рапсового масла улучшает текстуру котлет из круп и бобовых, повышает их сочность, дескриптор «сочность консистенции» увеличивается на 0,4 балла в котлетах из пшена и гороха и на 0,3 балла в перловых котлетах. Внесение рапсового масла в паштеты делает их мягче, способствует лучшему намазыванию, вкус продукта становится богаче и гармоничнее, дескриптор «общее впечатление» увеличивается на 0,2–0,4 балла.

Полученные результаты исследования способствовали расширению ассортимента продуктов с использованием бобовых круп с заданными свойствами на основе предпочтений потребителей.

Список использованных источников

1. Москвичева, М. Питание как фактор риска развития неинфекционных заболеваний / М. Москвичева, О. Сопова // Врач. – 2017. – № 7. – С. 81–83.
2. Почичкая, И. М. Разработка продуктов на основе бобовых культур с использованием элементов профильного анализа / И. М. Почичкая, О. В. Чекун // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2025. – Т. 18, – № 1 (67). – С.89–96.
3. Почичкая, И. М. Использование элементов профильного анализа для разработки продуктов на основе круп / И. М. Почичкая, О. В. Чекун // матер.VI Межд. науч.-практ. конф. «Инновации в индустрии питания и сервисе», посвящ. 40-летию кафедры общественного питания и сервиса, г. Краснодар, 20 декабря 2024 г. / ФГБОУ ВО «КубГТУ»; редкол.: М. Ю. Тамова (отв. ред.) [и др.]. – Изд. КубГТУ, 2025. – С. 34–38.
4. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»: [утверждены главным государственным санитарным врачом РФ Г. Г. Онищенко 18 дек. 2008 г.] – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2008 г. – 41 с.
5. Макарова, С. Г. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты классов ω -3 и ω -6 как эссенциальный нутриент в разные периоды детства / С. Г. Макарова, Е. А. Вишнева // Педиатрическая фармакология. – 2013. – № 10 (4). – С. 80–88.
6. Eaton, S. B. A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease: World review of nutrition and dietetics / S. B. Eaton, A. P. Simopoulos, F. D. Meester // Evolution and cholesterol – 2009. – Vol. 100. – P. 46–54.
7. Зайцева, Л. В. Полиненасыщенные жирные кислоты в питании: современный взгляд / Л. В. Зайцева, Нечаев А. П. // Пищевая промышленность. – 2014. – № 4. – С. 14–19.
8. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation (10-14 November 2008, Geneva). FAO food and nutrition paper, 91 / Food and Agriculture Organization of the United Nation. – Rome, 2010. – 189 p.
9. Рекомендации по питанию людей с избыточной массой тела на основе масложировых продуктов профилактического действия с использованием рапсового масла: методические рекомендации / Е. М. Моргунова, Т. А. Нечесова, Н. И. Белякова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – 42 с.
10. Кудряков, Д. Н. Сравнение жирно-кислотного состава различных видов пищевых масел / Д. Н. Кудряков, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2023. – Т. 10 – № 4 – С. 11–16.
11. Гамаюрова, В. С. Мифы и реальность в пищевой промышленности. II. Сравнение пищевой и биологической ценности растительных масел / В. С. Гамаюрова, Л. Э. Ржечицкая // Вестник Казанского технологического университета, 2011. – № 18. – С. 146–155.
12. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: [справочник] / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян — М. : ДеЛи принт, 2007. – 275 с.
13. Остриков, А. Н. Показатели качества рапсового масла холодного отжима / А. Н. Остриков, А. В. Горбатова, М. В. Копылов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – № 9. – С. 52–55.
14. Хамракулова, М. Х. Изучение местного рапсового масла для пищевой цели / М. Х. Хамракулова, Ф. Иброхимова, К. Эминжон // Universum: технические науки. – 2021. – №3-3 (84). – С. 79–82.
15. Беркетова, Л. В. Применение сенсорного анализа в работе предприятия по производству продуктов питания / Л. В. Беркетова, В. И. Перов // Вестник ВГУИТ, 2018. – №1 (75). – С. 146–150.

Информация об авторах

Чекун Ольга Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории токсикологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: olkalagodich@gmail.com

Почицкая Ирина Михайловна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник — заведующий научно-исследовательским сектором Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pochitskaja@ yandex.ru

Information about the authors

Chekun Olga Vladimirovna, junior research scientist of the toxicological research laboratory Republican Control and Testing Complex for Quality and Safety of Food Products RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (Kozlova St., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olkalagodich@gmail.com

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher — Head of Research Sector of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (Kozlova St., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

О. В. Павлова

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Республика Беларусь*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗА В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТОЗАНА

Аннотация. Приведены функциональные свойства хитозана и потенциал его применения в различных областях промышленности. Отмечена необходимость определения оптимальных условий получения хитозана с заданными свойствами в условиях кислотно-щелочного гидролиза.

Объектом исследования является хитинсодержащее сырье (биомасса мицелиальных грибов), целью исследования является определение оптимальных условий кислотно-щелочного гидролиза в получении хитозана.

В основной части с целью оптимизации стадий получения хитозана в условиях кислотно-щелочного гидролиза представлены результаты исследований по подбору оптимальных режимов стадии депротеинизации, деминерализации и деацетилирования хитинсодержащего сырья (биомассы мицелиальных грибов).

Результаты проведенных многофакторных экспериментов позволили установить параметры обработки, способствующие максимальному элиминированию белка и минеральной составляющей в хитинсодержащем сырье, оптимальным условиям деацетилирования для получения хитозана.

Ключевые слова: биомасса мицелиальных грибов, хитозан, трехфакторный эксперимент, регрессионный анализ.

O. V. Pavlova

Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus

IMPROVEMENT OF ACID-BASE HYDROLYSIS METHODS IN THE PROCESS OF OBTAINING CHITOSAN

Abstract. The introduction describes the functional properties of chitosan and its potential applications in various industries. It emphasizes the need to find optimal conditions for producing chitosan with the desired properties through acid-base hydrolysis.

The study focuses on chitin-containing raw materials (filamentous fungi biomass), and the objective is to determine the optimal conditions for acid-base hydrolysis in chitosan production.

The main section presents the results of studies on selecting optimal conditions for the deproteinization, demineralization, and deacetylation stages of chitin-containing raw materials (filamentous fungi biomass) in order to optimize the stages of chitosan production through acid-base hydrolysis.

The results of the conducted multifactorial experiments made it possible to establish processing parameters that promote maximum elimination of protein and mineral components in chitin-containing raw materials, and optimal deacetylation conditions for obtaining chitosan.

Keywords: biomass of filamentous fungi, chitosan, three-factor experiment, regression analysis.

Введение. Синтетические полимеры постепенно заменяются биоразлагаемыми материалами, особенно теми, которые получены из возобновляемых природных ресурсов [1]. Природные биополимеры обладают рядом преимуществ, таких как доступность, биосовместимость и биоразлагаемость, что обеспечивает экологическую безопасность и возможность получения различных химически или ферментативно модифицированных производных для конкретных целей. Полисахариды, как класс природных макромолекул, обладают высокой биоактивностью, которые получают из сельскохозяйственного сырья, отходов панцирей ракообразных, сахарного производства и др. [2].

Хитозан – это природный нетоксичный биополимер, получаемый путем деацетилирования хитина. Хитоолигосахариды – это продукты распада хитозана или хитина, полученные путем кислотного-щелочного или ферментативного гидролиза. Хитозан и его производные продемонстрировали различные функциональные свойства, которые позволили использовать их во многих областях, включая пищевую промышленность [3], косметику [4], биомедицину [5], сельское хозяйство [6], охрану окружающей среды [7] и управление сточными водами [7]. Кроме того, биоразлагаемая, нетоксичная и неаллергенная природа хитозана особенно способствует его потенциальному использованию в качестве биоактивного материала [8] (рис. 1).

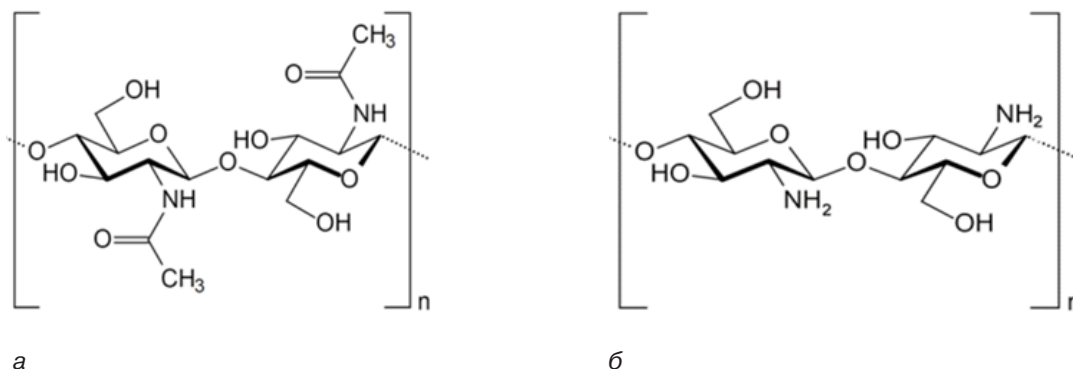


Рис. 1. Структурные формулы хитина (а) и хитозана (б)
Fig. 1. Structural formulas of chitin (a) and chitosan (b)

Хитин/хитозан получают совместно в ходе одного технологического цикла или по отдельности. Выбор метода выделения хитозана определяется составом компонентов сырья, который может быть использован непосредственно или служить биоматериалом для получения хитозана. Кислотно-щелочной гидролиз (депротеинизация, деминерализация, деацетилирование) составляет основу большинства современных промышленных технологий получения хитина/хитозана. Условия кислотного-щелочного гидролиза зависят как от источника хитинсодержащего сырья, так и от требований к конечному продукту, которые, в свою очередь, определяются областью применения.

Объект исследования – хитинсодержащее сырье (биомасса мицелиальных грибов).

Цель работы – определение оптимальных условий кислотного-щелочного гидролиза в получении хитозана.

Материалы и методика исследования. Хитозан выделялся из биомассы мицелиальных грибов (отхода биотехнологического производства лимонной кислоты) в результате последовательного трехступенчатого кислотного-щелочного гидролиза. На первой ступени хитинсодержащее сырье обрабатывали раствором гидроксида натрия – 2–3 %, при температуре $(50 \pm 10)^\circ\text{C}$, экспозиции (210 ± 30) минут, второй этап состоял в воздействии на полученный полупродукт после первой стадии раствором соляной кислоты с концентрацией 3–6 %; при температуре $(45 \pm 15)^\circ\text{C}$ и экспозиции обработки 60 мин. Третья стадия деацетилирования для получения хитозана со СД 64–67 % в условиях кислотного-щелочного гидролиза заключалась в обработке хитинсодержащего сырья раствором щелочи с концентрацией 50 %, при температуре – $70\text{--}110^\circ\text{C}$, экспозиции – 180 мин.

Результаты исследований и их обсуждение. Согласно результатам проведенных ранее исследований [9] и с целью возможного сокращения температурного режима обработки п/ф и как следствие, сокращения материальной составляющей в технологии получения хитозана проведен эксперимент по совершенствованию стадии депротеинизации. Составлена матрица ПФЭ, согласно которой приготовлено 3³ варианта режимов стадии депротеинизации. Условия функционирования выбранных факторов указаны в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. Уровни варьирования компонентов среды
Table 1. Units of variation of components of the environments

Фактор	Условное обозначение фактора	Уровень			Интервал варьирования (λ)
		Нижний (-)	Средний (0)	Верхний (+)	
NaOH, %	X2	1	3	5	2
Температура, $^\circ\text{C}$	X1	20	40	60	20
Экспозиция, мин	X3	120	240	360	120

Контролируемый показатель, содержание белка (сырого протеина) в биомассе определяли по общему азоту. Матрица планирования трехфакторного эксперимента по оценке влияния режимов стадии депротеинизации на контролируемый показатель (количество белка в биомассе) и его результаты представлены в таблице 2.

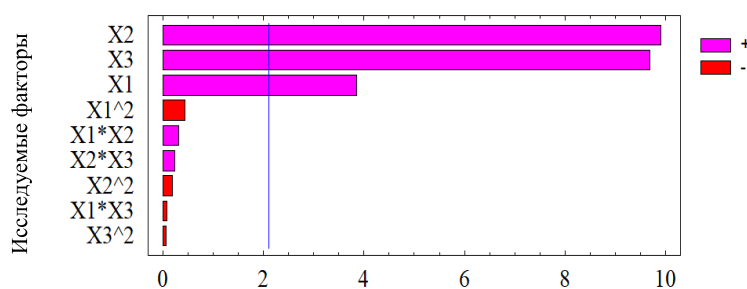
Результаты регрессионного анализа показали, что $R^2 = 0,9242$, стандартная ошибка расчетной оценки 0,0377, средняя абсолютная ошибка 0,4478. Проверка статистической значимости каждого фактора осуществлялась путем сравнения среднего квадрата с оценкой экспериментальной ошибки. Три исследуемых фактора имеют Р-значения менее 0,05, что указывает на их значимость. Для сравнения эффектов влияния экспериментальных факторов на функцию отклика, а также оценки значимости полученных коэффициентов уравнений регрессии на рисунке 2 представлена карта Парето. Оценки эффектов на диаграмме расположены по абсолютной величине значений (от наибольших к наименьшим), показано также направление действия фактора.

Т а б л и ц а 2. Матрица планирования трехфакторного эксперимента и его результаты
($n=3$, $P=0,4478$, $R^2=0,9242$)

Table 2. Matrix planning three-factor experiment and its results

Номер образца	Исследуемые факторы			Содержание белка, мг/г
	X1,t	X2,°C	X3,τ	
1	0	0	-1	0,21
2	-1	0	-1	0,34
3	1	1	-1	0,46
4	0	1	0	0,22
5	-1	-1	-1	0,48
6	1	0	0	0,12
7	1	-1	0	0,35
8	1	-1	1	0,45
9	-1	-1	1	0,46
10	0	0	0	0,17
11	-1	1	-1	0,45
12	0	-1	1	0,45
13	1	1	0	0,34
14	-1	1	0	0,34
15	1	1	1	0,46
16	0	-1	0	0,22
17	0	1	-1	0,45
18	0	-1	-1	0,44
19	1	0	-1	0,35
20	1	0	1	0,34
21	-1	-1	0	0,35
22	-1	0	1	0,34
23	0	1	1	0,45
24	-1	1	1	0,46
25	1	-1	-1	0,46
26	-1	0	0	0,18
27	0	0	1	0,22

Рис. 2. Стандартизированная карта Парето для содержания белка в биомассе
Fig. 2. Standardized Pareto map for protein content in biomass



Результаты проведенного трехфакторного анализа показали, что на содержание белка в биомассе после депротеинизации достоверно влияют все три показателя (экспозиция, температура, концентрация гидроксида натрия). Так как целью эксперимента было снижение содержания белка (сырого протеина) в биомассе, то оптимальными условиями для достижения данных показателей являются концентрация гидроксида натрия – 2–3 %, температура $(50 \pm 10) ^\circ\text{C}$, экспозиция (210 ± 30) минут. Содержание белка в биомассе после стадии депротеинизации по сравнению с сырой биомассой снижается на 99,92–99,95 %. По результатам проведенных экспериментов получено уравнение регрессии, которое адекватно описывает взаимосвязь содержания белка в биомассе получаемого полупродукта хитозана от режимов стадии депротеинизации, и является эмпирической математической моделью стадии депротеинизации:

$$Y = 0,375 - 0,0002 \times X_1 - 0,0038 \times X_2 - 0,0009 \times X_3, \quad (1)$$

где Y – адсорбционная активность, мг/г; X_1 – температура, $^\circ\text{C}$; X_2 – концентрация, %; X_3 – экспозиция, мин.

При анализе уравнения регрессии установили, что увеличение температуры на $1 ^\circ\text{C}$ приводит к уменьшению содержания белка в биомассе в среднем на 0,0002 мг/г; увеличение концентрации гидроксида натрия на 1 % приводит к уменьшению контролируемого показателя в среднем на 0,0038 мг/г; увеличение экспозиции на 1 минуту приводит к уменьшению содержания белка в биомассе в среднем на 0,0009 мг/г.

Поверхности отклика позволяют выбрать диапазоны варьирования факторов, которые обуславливают получение минимального содержания белка в биомассе. Поверхность отклика, отражающая зависимость содержания белка от времени и температуры обработки и концентрации гидроксида натрия представлены на рисунках 3–5.

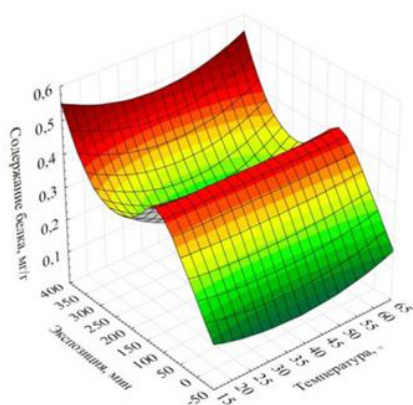


Рис. 3. Поверхность отклика, отражающая зависимость содержания белка от температуры обработки и экспозиции
Fig. 3. Response surface, reflecting the dependence of protein content on processing temperature and exposure

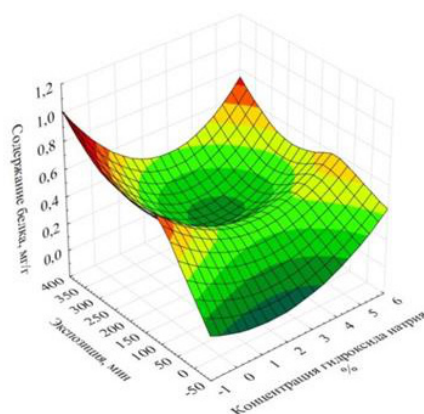


Рис. 4. Поверхность отклика, отражающая зависимость содержания белка от концентрации и экспозиции
Fig. 4. Response surface, reflecting the dependence of protein content on concentration and exposure

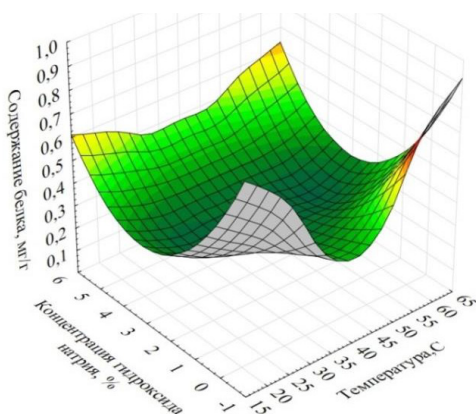


Рис. 5. Поверхность отклика, отражающая зависимость содержания белка от концентрации и температуры обработки
Fig. 5. Response surface, reflecting the dependence of protein content on concentration and processing temperature

Показано, что увеличение температуры, концентрации гидроксида натрия и экспозиции приводит к уменьшению содержания белка в биомассе, влияние всех факторов является достоверным.

Экспериментально установлено, что термохимическая обработка исходного сырья способствует снижению большинства металлов в полученных образцах, причем в разной степени [10]. Оптимизация стадии деминерализации в ходе многофакторного эксперимента и регрессионного анализа (таблица 3–4) способствовала определению режимов, обуславливающих эффективное удаление минеральных веществ, которые закрывают доступ реагентов к хитину на последующих стадиях обработки.

Т а б л и ц а 3. Уровни варьирования компонентов среды
T a b l e 1 3. Units of variation of components of the environments

Фактор	Условное обозначение фактора	Уровень			Интервал варьирования (λ)
		Нижний (-)	Средний (0)	Верхний (+)	
Температура, °C	X1	20	40	60	20
Концентрация соляной кислоты, %	X2	2	4	6	2
Экспозиция, мин	X3	20	40	60	20

Т а б л и ц а 4. Матрица планирования трехфакторного эксперимента и его результаты
T a b l e 4. Matrix planning three-factor experiment and its results

Номер образца	Исследуемые факторы			Массовая доля сырой золы, %
	X1, t	X2, °C	X3, τ	
1	1	-1	1	5,9
2	-1	0	0	7,6
3	0	1	-1	6,8
4	-1	1	1	5,7
5	1	1	1	1,7
6	0	-1	-1	8,8
7	0	0	-1	7,7
8	0	1	1	4,3
9	1	1	0	4,2
10	-1	1	-1	7,5
11	1	0	1	4,5
12	1	-1	0	6,6
13	0	-1	1	6,5
14	-1	-1	-1	9,5
15	0	1	0	5,9
16	-1	-1	0	8,9
17	0	-1	0	7,6
18	0	0	1	5,8
19	-1	1	0	6,7
20	1	0	-1	6,8
21	-1	-1	1	7,7
22	-1	0	1	6,9
23	1	1	-1	5,3
24	1	0	0	5,7
25	0	0	0	6,9
26	-1	0	-1	8,7
27	1	-1	-1	7,8

Результаты проведенного трехфакторного анализа показали, что на массовую долю сырой золы в полупродукте хитозана после деминерализации достоверно влияют все три показателя (экспозиция, температура, концентрация соляной кислоты). Содержание сырой золы в полупродукте хитозана после стадии деминерализации по сравнению с сырой биомассой

снижается на 87,31 %. Регрессионный анализ показал, что увеличение температуры на 1 °С приводит к уменьшению содержания золы в биомассе в среднем на 0,058 %; увеличение концентрации соляной кислоты на 1 % приводит к уменьшению контролируемого показателя в среднем на 0,59 %; увеличение экспозиции на 1 мин приводит к уменьшению содержания золы в полупродукте в среднем на 0,055 %. Установлены оптимальные режимы деминерализации хитинсодержащего сырья: процентная концентрация HCl 3–6 %; температура (45 ± 15) °С; экспозиции обработки 60 минут

Изучение литературных источников, а также проведенные исследования в данном направлении на предварительном этапе, дают основание полагать, что на степень деацетилирования хитозана влияют все три фактора, однако при нагревании образцов выше 130 °С и длительной экспозиции развивается термоокислительная деструкция, приводящая к потере низкомолекулярных фракций хитозана обладающих наибольшей адсорбционной активностью. Следовательно, температурный режим не должен превышать отметку в 130 °С. Также установлено, что при концентрации гидроксида натрия больше 35 % происходило деацетилирование не только аморфных, но и кристаллических участков полимера, за счет диффузии гидроксида натрия ближе к поверхности или внутрь макромолекулы, что говорит о целесообразности увеличения концентрации NaOH в ходе эксперимента. Проведено исследование по оптимизации стадии деацетилирования, составлена матрица ПФЭ, согласно которой приготовлено 3³ варианта режимов стадии деацетилирования. Условия функционирования выбранных факторов указаны в таблице 5.

Т а б л и ц а 5. Уровни варьирования компонентов среды
Table 5. Units of variation of components of the environments

Фактор	Условное обозначение фактора	Уровень			Интервал варьирования (λ)
		Нижний (-)	Средний (0)	Верхний (+)	
Температура, °С	X1	70	90	110	20
Концентрация NaOH, %	X2	30	40	50	10
Экспозиция, мин	X3	60	120	180	60

Контролируемый показатель – степень деацетилирования хитозана. Определение степени деацетилирования хитозана проводили при помощи потенциметрического титрования хлористого водорода, связанного с аминогруппами молекул хитозана. Матрица планирования трехфакторного эксперимента по оценке влияния режимов стадии деацетилирования на контролируемый показатель (степень деацетилирования хитозана) и его результаты представлены в таблице 6.

Т а б л и ц а 6. Матрица планирования трехфакторного эксперимента и его результаты
Table 6. Matrix planning three-factor experiment and its results

Номер образца	Исследуемые факторы			СД, %
	X1,t	X2,°С	X3,τ	
1	0	0	1	62
2	-1	1	-1	61
3	-1	0	1	62
4	-1	-1	0	57
5	1	0	-1	57
6	1	0	0	59
7	1	1	0	62
8	0	-1	0	58
9	-1	0	0	58
10	0	1	-1	61
11	-1	-1	1	58
12	1	1	1	64
13	-1	0	-1	58
14	0	0	-1	57
15	1	-1	0	55

Окончание табл. 6

Номер образца	Исследуемые факторы			СД, %
	X1,t	X2,°C	X3,τ	
16	-1	1	1	67
17	1	-1	1	56
18	-1	1	0	62
19	1	0	1	56
20	1	-1	-1	54
21	1	1	-1	61
22	0	1	0	62
23	-1	-1	-1	58
24	0	-1	-1	57
25	0	0	0	59
26	0	-1	1	58

Результаты проведенного трехфакторного анализа показали, что на степень деацетилирования хитозана достоверно влияют все три показателя (экспозиция, температура, концентрация щелочи). Оптимальные условия для получения хитозана с СД 64–67 % – концентрация щелочи 50 %, температура 70–110 °С при экспозиции 180 минут. Установлено, что увеличение температуры на 1 °С приводит к уменьшению степени деацетилирования в среднем на 0,039 %; увеличение концентрации гидроксида натрия на 1 % приводит к увеличению контролируемого показателя в среднем на 0,302 %; увеличение экспозиции на 1 минуту приводит к увеличению степени деацетилирования в среднем на 0,026 %. Поверхности отклика, отражающие зависимость степени деацетилирования от времени и температуры обработки и концентрации щелочи представлены на рисунках 6–8.

После стадии деацетилирования образцы промывали дистиллированной водой до pH = 7 и отжимали вручную через капроновый фильтр.

Таким образом, предложена усовершенствованная технология получения хитозана из отходов производства лимонной кислоты (биомассы мицелиальных грибов), состоящая из операций гомогенизации, депротеинизации, деминерализации, деацетилирования, промывки водой и отжима (рисунок 9).

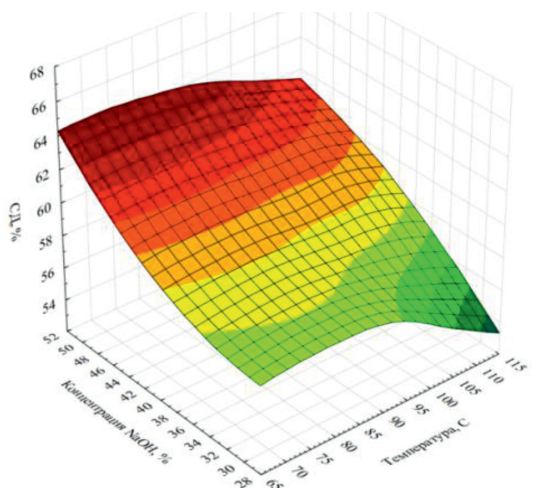


Рис. 6. Поверхность отклика, отражающая зависимость степени деацетилирования от концентрации щелочи и температуры

Fig. 6. Response surface, reflecting the dependence of the degree of deacetylation on the concentration of alkali and temperature

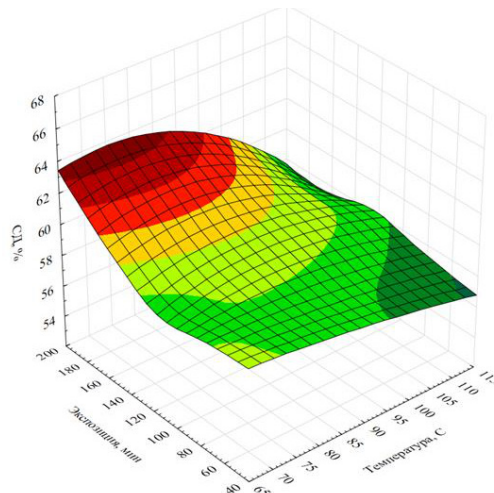


Рис. 7. Поверхность отклика, отражающая зависимость степени деацетилирования от температуры и экспозиции

Fig. 7. Response surface, reflecting the dependence of the degree of deacetylation on temperature and exposure

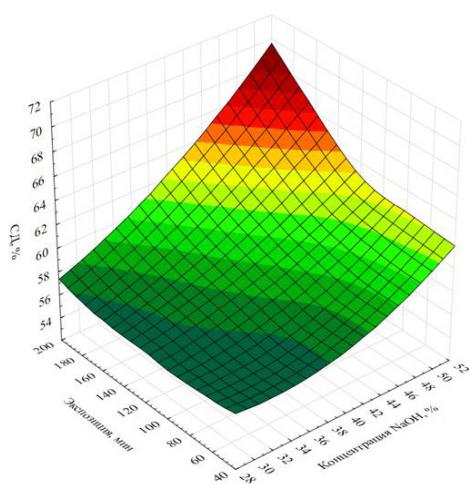


Рис. 8. Поверхность отклика, отражающая зависимость степени деацетилирования от экспозиции и концентрации щелочи
Fig. 8. Response surface, reflecting the dependence of the degree of deacetylation on exposure and alkali concentration

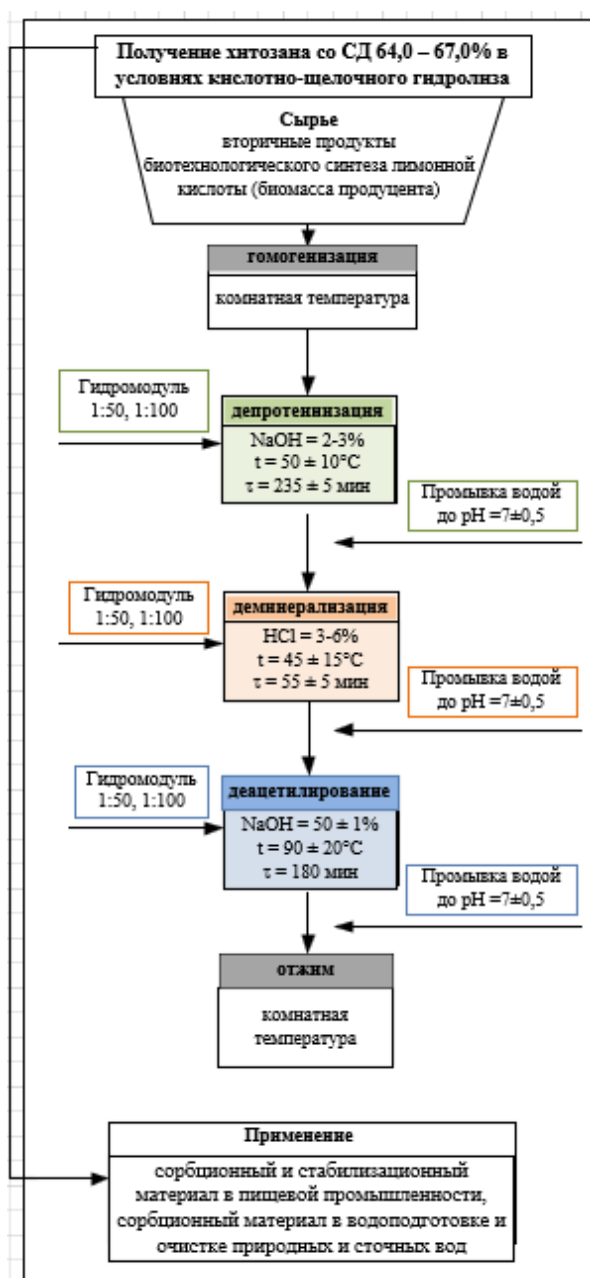


Рис. 9. Технология выделения хитозана из хитинсодержащего сырья (биомассы продуцента лимонной кислоты)
Fig. 9. Technology for the extraction of chitosan from chitin-containing raw materials (citric acid producer biomass)

Заключение. По результатам проведенных исследований установлены параметры обработки, способствующие максимальному элиминированию белка в хитинсодержащем сырье: процентная концентрация гидроксида натрия 2–3 %, температура (50 ± 10) °C, экспозиция (210 ± 30) мин., максимальному элиминированию минеральной составляющей: процентная концентрация HCl 3–6 %; температура (45 ± 15) °C; экспозиции обработки 50–60 мин.; установлены оптимальные условия деацетилирования для получения хитозана со СД 64–67 % в условиях кислотно-щелочного гидролиза: концентрация щелочи 50 %, температура – 70–110 °C, экспозиция – 180 мин.

Список использованных источников

1. Tharanathan, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future / R. N. Tharanathan // Trends in Food Science and Technology. – 2003. – Vol. 14, № 3. – P. 71–78.
2. Ramesh, H. P. Carbohydrates: the renewable raw materials of high biotechnological value / H. P. Ramesh, R. N. Tharanathan // Critical Reviews in Biotechnology. – 2003. – Vol. 23, № 2. – P. 149–173.
3. Shahidi, F. Food applications of chitin and chitosans / F. Shahidi., J. K. V. Arachchi, Y. J. Jeon // Trends in Food Science and Technology. – 1999. – Vol. 10, № 2. – P. 37–51.
4. Ravi Kumar, M. N. V. A review of chitin and chitosan applications/ M. N. V. Ravi Kumar // Reactive and Functional Polymers. – 2000. – Vol. 46, № 1. – P. 1–27.
5. Felt, O. Chitosan: a unique polysaccharide for drug delivery/ O. Felt, P. Buri, R. Gurny // Drug Development and Industrial Pharmacy. – 1998. – Vol. 24, № 11. – P. 979–993.
6. Yamada, N. Induction of phytoalexin formation in suspension-cultured rice cells by N-acetylchitooligosaccharides/ N. Yamada, K. Shibuya // Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. – 1993. – Vol. 57, № 3. – P. 405–409.
7. Peniche-Covas, L. W. Adsorption of mercuric ions by chitosan / L. Peniche-Covas, W. Alvarez, W. Arguelles-Monal // Journal of Applied Polymer Science. – 1992. – Vol. 46, № 7. – P. 1147–1150.
8. Kurita, K. Chemistry and application of chitin and chitosan / K. Kurita // Polymer Degradation and Stability. – 1998. – Vol. 59. – № 1–3. – P. 117–120.
9. Pavlova, O. Optimization of Deproteinization Modes of Chitine-containing Raw Materials in the Process of Producing Chitosane from Micellar Mushrooms of Aspergillus Species / O. Pavlova, V. Tratsiakova, M. Stachelska // Academia Journal of Biotechnology. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 042–046.
10. Павлова, О. В. Оптимизация режимов деминерализации хитинсодержащего сырья в технологии получения хитозана из мицелиальных грибов рода Aspergillus / О. В. Павлова, С. С. Ануфрик, С. Н. Ануцин // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Сер. 6. Тэхніка. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 75–82.

Информация об авторах

Павлова Оксана Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии, физиологии и гигиены питания Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, (ул. Доватора, д. 3/1, каб. 118, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: pavlova@grsu.by.

Information about the authors

Pavlova Oksana Valeryevna, PhD (Technical), , associate professor, Head of the department of technology, physiology and hygiene of food of the Yanka Kupala State University of Grodno (3/1, Dovator st., apt. 118, 230029, Grodno, Republic of Belarus).

E-mail: pavlova@grsu.by

УДК 634.737:581. 5: 581. 522.4(476)

Поступила в редакцию 30.03.2026

Received 30.03.2026

¹Ж. А. Рупасова, ¹С. Н. Авраменко, ¹А. С. Саян, ²Т. А. Мадзиевская,
²Т. М. Шункевич, ²С. В. Далидович, ²П. М. Бычковский, ³Ю. М. Пинчукова

¹Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

²Учебно-научно-производственное унитарное предприятие «УНИТЕХПРОМ БГУ»,
г. Минск, Республика Беларусь

³Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Республика Беларусь

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СОУСОВ, МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С АНТИСТРЕССОРНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования биохимического состава разработанных в УП «БЕЛУНИТЕХПРОМ БГУ» функциональных пищевых продуктов, представленных тремя образцами сухой приправы для приготовления соусов – ОПС – №№ 5, 8 и 10, а также двух пищевых добавок седативного действия для хлебопекарного производства – сухой композитной смеси ОСК «Кекс» и пищевой добавки «Улучшитель комплексный хлебопекарный» ОКПД «УКХ» по 19 показателям – содержанию свободных органических и фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ (танинов), растворимых сахаров, биофлавоноидов (Р-витаминов), иридоидов, общего белка и аминокислот – пролина, триптофана, фенилаланина и глицина, макро- и микроэлементов – кальция, магния, марганца, меди, цинка и селена, а также по величине сахарокислотного индекса и уровню антиоксидантной активности.

Установлено, что среди образцов сухой приправы для приготовления соусов наиболее высоким уровнем нутриентной ценности по совокупности 19 биохимических показателей характеризовался образец ОПС № 8, превышавший эталонный объект ОПС № 5 по данному признаку в 1,15 раза, а образец ОПС №10 – в 1,9 раза. Из функциональных продуктов седативного действия для хлебопекарного производства лидирующее положение по качественным характеристикам принадлежало сухой композитной смеси ОСК «Кекс», превосходившей по данному признаку образец сухой зеленой массы пустырника, принятый за эталон сравнения, в 3,45 раза, а пищевую добавку «Улучшитель комплексный хлебопекарный» ОКПД «УКХ» в 7,2 раза.

Ключевые слова: функциональные пищевые продукты, нутриентная ценность, органические кислоты, углеводы, фенольные соединения, аминокислоты, макро- и микроэлементы, антиоксидантная активность.

¹J. A. Rupasova, ¹S. N. Avramenko, ¹A. S. Sayan, ²T. A. Madzievskaya,
²T.M. Shinkevich, ²S. V. Dalidovich, ²P. M. Bychkovsky, ³Yu. M. Pinchukova

¹State Scientific Institution “Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences
of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus;

² Educational, Scientific, and Production Unitary Enterprise “UNITECHPROM BSU”,
Minsk, Republic of Belarus

³Belarusian State University of Economic, Minsk, Republic of Belarus

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS FOR THE PREPARATION OF SAUCES, FLOUR CONFECTIONERY AND BAKERY PRODUCTS WITH ANTISTRESS ORIENTATION

Abstract. The article presents the results of a comparative study of the biochemical composition of functional food products developed at BELUNITECHPROM BSU, represented by three samples of dry seasoning for sauce preparation – OPS – No. 5, 8 and 10, as well as two food additives with a sedative effect for bakery production – the dry composite mixture OSK “Keks” and the food additive “Complex bakery improver” “OKPD “UKH” for 19 indicators – the content of free or-

ganic and phenolic carboxylic acids, tannins, soluble sugars, bioflavonoids (P-vitamins), iridoids, total protein and amino acids – proline, tryptophan, phenylalanine and glycine, macro- and microelements – calcium, magnesium, manganese, copper, zinc and selenium, as well as the value of the sugar-acid index and the level of antioxidant activity.

It was established that among the dry seasoning samples for sauce preparation, sample OPS No. 8 had the highest nutrient value across a set of 19 biochemical parameters, exceeding the reference sample OPS No. 5 by 1.15 times, while sample OPS No. 10 had the highest nutrient value by 1.9 times. Among the functional products with a sedative effect for bakery production, the leading position in terms of quality characteristics belonged to the dry composite mixture OSK “Keks”, exceeding the dry green mass of motherwort, adopted as the reference standard, by 3.45 times, and the food additive “Complex Bakery Improver” OKPD “UKH” by 7.2 times.

Keywords: functional foods, nutritional value, organic acids, carbohydrates, phenolic compounds, amino acids, macro- and microelements, antioxidant activity.

Введение. В настоящее время в Беларуси особую популярность обретают пищевые продукты, обогащенные биологически активными соединениями разной химической природы, способствующие нормализации многих жизненных процессов в организме человека [1, 2]. Особую актуальность обрели исследования, направленные на создание медицинских препаратов и функциональных пищевых продуктов для нормализации работы нервной системы человеческого организма. В связи с этим в УП «УНИТЕХПРОМ БГУ» для производства хлебобулочных изделий разработаны рецептуры биологически активных добавок подтвержденного седативного действия, что может явиться вкладом в решение этой проблемы. Наряду с этим учеными данного исследовательского центра разработан ряд экологически безопасных сухих приправ для приготовления пищевых соусов, обладающих положительным влиянием на метаболизм человека. С целью выявления образцов обозначенных функциональных продуктов с наиболее высоким уровнем нутриентной ценности, в лаборатории биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси осуществлено сравнительное исследование их качественного состава по широкому спектру биохимических характеристик, соответствующему функциональному назначению данных продуктов.

Исследования выполнены по 19 показателям, в том числе содержанию свободных органических и фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ (танинов), растворимых сахаров, биофлавоноидов (Р-витаминов), иридоидов, белковых веществ и ряда аминокислот – пролина, триптофана, фенилаланина и глицина, макро- и микроэлементов, в том числе кальция, магния, марганца, меди, цинка и селена, а также по показателю сахарокислотного индекса и уровню антиоксидантной активности. Выбор перечисленных биологически активных соединений при биохимических исследованиях обусловлен их важной физиологической ролью в метаболизме человека, в том числе их участием в нормализации работы центральной нервной системы (ЦНС), что особенно важно для оценки качества хлебных продуктов, представленных второй группой образцов.

В связи с этим приоритетное внимание в данных исследованиях было уделено определению содержания иридоидов – монотерпенов вторичной природы, производных изопрена, и являющихся промежуточными продуктами в биосинтезе алкалоидов. Известно, что они оказывают выраженное седативное, анксиолитическое (противотревожное) и нейропротекторное влияние, действуя подобно малым транквилизаторам, снижая возбудимость и помогая при нарушениях ЦНС, чем улучшают адаптацию организма к стрессу [3]. В мировой практике фармакогнозии на основе использования природных сырьевых источников данных соединений уже давно осуществляется разработка новых препаратов для лечения неврологических заболеваний разной этиологии [4, 5].

Наряду с этим значительное место в работе с функциональными пищевыми продуктами уделено определению содержания ряда аминокислот, являющихся основными строительными блоками нейромедиаторов и обеспечивающих передачу сигналов между нервными клетками [6, 7]. Важную роль в нормализации функций ЦНС играют триптофан и фенилаланин, относящиеся к незаменимым аминокислотам, причем первый необходим для синтеза серотонина и мелатонина, а второй является предшественником гормонов щитовидной железы и нейромедиаторов. Значительную роль в обеспечении энергетической основы нервных клеток и поддержания их метаболического баланса, обеспечивающего устойчивость нервной системы в целом, играют также аминокислоты пролин и глицин, дефицит или дисбаланс которых приводят к нарушениям когнитивных функций, настроения и другим неврологическим проблемам [8–12].

Общеизвестно также разностороннее положительное действие на метаболизм человека, в том числе на функционирование ЦНС, биофлавоноидов, обладающих высокой Р-витаминной активностью [13, 14], в связи с чем обогащение продуктов питания данными соединениями находит все большее применение в пищевой промышленности [15].

Значительное позитивное влияние на здоровье нервной системы оказывают также макроэлементы. В частности, магний участвует в регуляции нервной возбудимости, передаче нервных импульсов и синаптической передаче. Он способствует снижению избыточной активности нервных клеток, чем предотвращает такие состояния, как судороги и гиперреактивность, а также обеспечивает расслабление нервных тканей. Дефицит данного элемента вызывает повышенную тревожность, мигрень и нарушения сна, тогда как его оптимальный уровень ингибирует накопление стрессовых гормонов, улучшает настроение и обеспечивает нейропротекторную защиту [14, 16, 17]. Кальций обеспечивает передачу нервных импульсов и работу нейронов. Он необходим для высвобождения нейротрансмиттеров – веществ, передающих сигналы между нервными клетками через синапсы. Наряду с этим кальций участвует в регуляции мышечных сокращений сердца, а дефицит элемента негативно влияет на активность нервных клеток, что приводит к различным неврологическим патологиям в виде судорог, онемения или мышечной слабости [16].

Наряду с макроэлементами особо важную роль в нормализации функций нервной системы играют микроэлементы [18, 19]. В частности, марганец участвует в синтезе нейромедиаторов и метаболизме аминокислот, а также способствует защите нервных тканей от окислительного стресса. Цинк необходим для функционирования синапсов, передачи нервных импульсов и регуляции активности нейромедиаторов, а также способствует восстановлению нервных клеток и их защитных функций. Медь участвует в синтезе нейромедиаторов, в том числе, дофамина и в антиокислительных процессах, предотвращая повреждение нервных тканей, а селен обладает еще более значительным антиоксидантным действием, защищая нейроны от окислительного повреждения и участвуя в регуляции ряда иммунных и метаболических процессов, связанных с работой нервной системы. В целом же обозначенный комплекс микроэлементов поддерживает структурную целостность нейронов, обеспечивает передачу нервных импульсов и защищает нервную систему от повреждений, вызванных стрессом и окислительными процессами. Их недостаток или избыток приводят к нарушениям когнитивных функций человека и развитию неврологических заболеваний [20, 21].

Поскольку все обозначенные выше компоненты биохимического состава представленных образцов обладают высокой физиологической активностью, то представлялось целесообразным определение общего уровня антиоксидантной активности выделенных из них этанольных экстрактов, являющегося своеобразным интегральным показателем антирадикальных свойств исследуемых продуктов.

Целью настоящей работы являлась комплексная сравнительная оценка биохимического состава нескольких видов функциональных продуктов направленного действия для использования при производстве пищевых соков и хлебобулочных изделий. Данные исследования выполнены при активном участии сотрудников УП «УНИТЕХПРОМ БГУ», за что авторы выражают им искреннюю благодарность.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись две группы функциональных пищевых продуктов, различающиеся набором слагающих их компонентов. Первая представлена тремя образцами сухой приправы для приготовления соусов – ОПС – №№ 5, 8 и 10, первый из которых принят за эталон сравнения и в его состав входят зеленая масса пажитника, имбирь, красный перец, чеснок, куркума, пшеничная мука, лимонная кислота, сахар и соль. В составе второго образца ОПС № 8 присутствуют майоран и аппетитная смесь № 7, состоящая из кориандра, сушеных моркови, чеснока и зелени базилика, а также пшеничная мука, лимонная кислота, сахар и соль. В наиболее обедненный по компонентному составу образец ОПС № 10 входят лишь сушеные лук и чеснок, соль и пшеничная мука.

Вторая группа пищевых добавок предназначена для использования в хлебопекарном производстве для создания продуктов, обогащенных физиологически активными соединениями, улучшающими работу центральной нервной системы, и представлена образцом сухой композиционной смеси ОСК «Кекс» и образцом пищевой добавки «Улучшитель комплексный хлебопекарный» ОКПД «УКХ». В состав первого образца входят пшеничная мука, молоко сухое, дрожжи, цедра апельсина, улучшитель вкуса, соль, сахар и витамин РР. В состав второго образца входят пшеничная мука, гуаровая камедь, фунгамил, аскорбиновая кислота, сушеный лук и окись магния. При этом за эталон сравнения принят образец сухой зеленой массы пустырника обыкновенного.

При выполнении биохимических исследований использовали общепринятые и частично модифицированные методы получения аналитической информации, в том числе, для определения содержания:

- ♦ свободных (титруемых) органических кислот – общей кислотности – объемным методом [22];
- ♦ фенолкарбоновых кислот – спектрофотометрическим методом [23];

- ♦ растворимых сахаров — ускоренным фенол-сернокислотным полумикрометодом [24];
- ♦ дубильных веществ (танинов) — титриметрическим методом Левентала [25];
- ♦ биофлавоноидов (Р-витаминов) — спектрофотометрически, с применением реактива Фолина-Чакальтеу в щелочной буферной среде. Общее содержание биофлавоноидов выражали в пересчете на галловую кислоту, определенную с помощью калибровочного графика [26];
- ♦ иридоидов — спектрофотометрическим методом, принятым в Госфармакопее Республики Беларусь для фармакопейных видов рода *Leonurus* при определении суммарного содержания данных соединений при длине волны 512 нм в пересчете на гарпагид ацетат [27];
- ♦ общего белка — по содержанию азота, определенного фотометрическим индофенольным методом, согласно ГОСТ 13496.4–2019, с использованием переводного коэффициента 6,25 [28];
- ♦ аминокислот — методом высокоэффективной тонкослойной двумерной хроматографии на пластинах марки «*Sorbfil*» ПТСХ-АФ-В-УФ, с использованием стандартных водных 1 % растворов аминокислот. Параметры хроматографии: температура 21 °С; восходящий ток в системе: гептан — дихлорэтан — уксусная кислота (1:2:2); перпендикулярное направление — в системе: бутанол — уксусная кислота — вода (4:1:1) с последующей обработкой пластин 0,5%-ным раствором нингидрина в ацетоне и высушиванием в сушильном шкафу при 70 °С [29];
- ♦ макро- и микроэлементов, в том числе:
- ♦ кальция и магния — комплексометрическим методом [30];
- ♦ меди и цинка — спектрофотометрическим методом с использованием дитизонового реактива [31];
- ♦ марганца — персульфатным методом [32];
- ♦ селена — [20, 21];
- ♦ уровня антиоксидантной активности — спектрофотометрическим методом с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила [24];

Все аналитические определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Данные о количественном содержании определявшихся соединений в исследуемых образцах обеих групп пищевых продуктов, приведенные в табл. 1–4, свидетельствовали о весьма высоком содержании в них биологически активных соединений разной химической природы. При этом в рядах исследуемых объектов выявлены весьма широкие диапазоны варьирования 19 биохимических характеристик, свидетельствовавшие о наличии существенных различий между ними, представление о которых можно составить на основании табл. 5.

На основании данной информации определены образцы с максимальными и минимальными значениями биохимических показателей (табл. 6). Как видим, среди вариантов сухой приправы для приготовления соусов наибольшим количеством их максимальных величин (9) характеризовался эталонный образец ОПС № 5, отмеченный самым высоким содержанием танинов, титруемых кислот, иридоидов, пролина и фенилаланина, кальция и магния, селена и цинка, но при этом обладавший минимальным содержанием триптофана при наименьшем показателе сахарокислотного индекса. Несколько уступавшим этому образцу по количеству максимальных значений анализируемых признаков (7) оказался образец ОПС № 8, занимавший в данном ряду лидирующее положение по содержанию фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, биофлавоноидов, триптофана, глицина и марганца при наиболее высоком уровне АОА, но вместе с тем отмеченный минимальным содержанием белка, пролина, фенилаланина, а также меди, селена и цинка.). Наиболее же обедненным по биохимическому составу следовало признать образец № 10, что, на наш взгляд, обусловлено весьма ограниченным количеством слагающих его компонентов. При этом наибольшие значения исследуемых показателей получены только для 4 характеристик — сахарокислотного индекса, общего количества белка, триптофана и меди при максимальном отставании от сравниваемых с ним образцов практически по всем остальным признакам.

Во второй группе функциональных продуктов для использования в хлебопекарном производстве наибольшее количество максимальных значений исследуемых показателей (10) выявлено у сухой композитной смеси ОСК «Кекс», отличавшейся наиболее высоким содержанием растворимых сахаров, белка, триптофана, фенилаланина и глицина, а также марганца, селена и цинка при наибольшем показателе сахарокислотного индекса и максимальном уровне АОА (см. табл. 6). При этом наименьшим содержанием характеризовались танины, фенолкарбоновые кислоты, биофлавоноиды, а также соединения магния и меди.

Т а б л и ц а 1. Содержание органических кислот и дубильных веществ в сухой массе образцов функциональных пищевых продуктов
T a b l e 1. Content of organic acids and tannins in dry mass of functional food samples

Образец	Дубильные вещества, %		Органические кислоты			
			типаемые, %		фенолкарбоновые, мг/100 г	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
Первая группа пищевых продуктов						
ОПС № 5 - эталон	3,02 ± 0,14		4,48 ± 0,10		126,2 ± 7,9	
ОПС № 8	0,67 ± 0,02	-16,8*	3,03 ± 0,01	-13,9*	177,5 ± 6,8	4,9*
ОПС № 10	0,08 ± 0,01	-21,1*	0,69 ± 0,01	-36,3*	98,6 ± 3,9	-3,1*
Вторая группа пищевых продуктов						
Пустырн. обыкн. – эталон	1,41 ± 0,03		1,59 ± 0,01		252,6 ± 13,7	
ОСК «Кекс»	0,07 ± 0,01	-36,4*	0,32 ± 0,06	-21,7*	0	-18,4*
ОКПД «УКХ»	0,08 ± 0,01	-38,2*	0	-159,0*	0	-18,4*

* Здесь и в табл. 1.2 – 1.4 статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с эталонным образцом при $p < 0,05$

Т а б л и ц а 2. Биохимические характеристики сухой массы образцов функциональных пищевых продуктов
T a b l e 2. Biochemical characteristics of dry matter of functional food samples

Образец	Растворимые сахара, %		Сахарокислотн. индекс		Сумма биофлавоноидов, мг/100 г		Сумма иридонов, мг/100 г		Уровень АОА, мкмоль тролокса /100 г	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
Первая группа пищевых продуктов										
ОПС № 5 - эталон	7,07 ± 0,01		1,58 ± 0,04		147,3 ± 0,9		32,17 ± 1,59		260,3 ± 1,4	
ОПС № 8	8,18 ± 0,11	10,3*	2,70 ± 0,04	21,4*	418,0 ± 9,2	29,4*	17,67 ± 0,67	-8,4*	596,3 ± 7,3	45,0*
ОПС № 10	3,38 ± 0,17	-21,1*	4,91 ± 0,32	10,2*	86,0 ± 1,5	-35,1*	3,01 ± 0,06	-18,3*	215,0 ± 0,6	-29,6*
Вторая группа пищевых продуктов										
Пустырн. обыкн. – эталон	7,90 ± 0,06		4,97 ± 0,07		4341,7 ± 87,0		1113,5 ± 63,45		192,7 ± 4,0	
ОСК «Кекс»	14,35 ± 0,20	31,1*	48,0 ± 8,79	4,9*	10,0 ± 1,2	-49,8*	8,27 ± 0,09	-17,4*	227,5 ± 0,8	8,5*
ОКПД «УКХ»	2,65 ± 0,03	-81,3*	Не опр.		10,0 ± 1,2	-49,8*	2,17 ± 0,17	-17,5*	28,8 ± 1,2	-39,2*

Т а б л и ц а 3. Содержание белка и аминокислот в сухой массе образцов функциональных пищевых продуктов
T a b l e 3. Protein and amino acid content in dry mass of functional food samples

Образец	Общий белок, %		Пролин		Триптофан		Фенилаланин		Глицин	
					г/100 г белка					
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
Первая группа пищевых продуктов										
ОПС № 5 - эталон	11,04 ± 0,02		2,25 ± 0,01		0,16 ± 0,01		1,45 ± 0,01		1,56 ± 0,02	
ОПС № 8	8,90 ± 0,07	-29,3*	1,39 ± 0,05	-16,4*	0,34 ± 0,02	7,4*	0,91 ± 0,03	-19,9*	1,78 ± 0,01	10,6*
ОПС № 10	13,13 ± 0,13	15,5*	1,63 ± 0,02	-24,6*	0,34 ± 0,02	8,4*	0,94 ± 0,02	-22,4*	1,33 ± 0,01	-10,6*
Вторая группа пищевых продуктов										
Пустьырн. обыкн. – эталон	5,55 ± 0,03		0,41 ± 0,01		0,25 ± 0,01		0,21 ± 0,01		0,21 ± 0,01	
ОСК «Кекс»	6,83 ± 0,03	29,1*	0,23 ± 0,01	-12,1*	0,46 ± 0,03	7,8*	0,98 ± 0,04	17,4*	1,45 ± 0,08	15,2*
ОКПД «УКХ»	6,11 ± 0,06	8,0*	0,15 ± 0,02	-12,2*	0,07 ± 0,01	-15,7*	0,37 ± 0,01	13,9*	0,62 ± 0,02	16,5*

Т а б л и ц а 4. Содержание макро- и микроэлементов в сухой массе образцов функциональных пищевых продуктов
T a b l e 4. Content of macro- and microelements in the dry mass of functional food samples

Образец	Кальций		Магний		Марганец		Медь		Селен		Цинк	
	мг/100 г						мкг/100 г					
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
Первая группа пищевых продуктов												
ОПС № 5 – эталон	490,3 ± 7,3		190,2 ± 1,6		1593,3 ± 26,0		546,7 ± 17,6		1,47 ± 0,03		2050,0 ± 86,6	
ОПС № 8	98,0 ± 5,7	-42,4*	156,2 ± 3,1	-9,7*	2053,3 ± 29,1	11,8*	286,7 ± 6,7	-13,8*	1,01 ± 0,01	-14,0*	163,3 ± 6,7	-21,7*
ОПС № 10	41,8 ± 2,5	-58,0*	141,7 ± 1,7	-21,1*	1173,3 ± 17,6	-13,4*	986,7 ± 6,7	23,3*	1,17 ± 0,03	-6,4*	790,0 ± 5,8	-14,5*
Вторая группа пищевых продуктов												
Пустьырн. обыкн. – эталон	406,7 ± 16,7		158,0 ± 4,2		2403,3 ± 20,3		3000,0 ± 115,5		0,52 ± 0,02		1080,0 ± 11,5	
ОСК «Кекс»	205,1 ± 3,0	-11,9*	40,7 ± 0,7	-27,8*	3116,7 ± 60,1	11,2*	806,7 ± 6,7	-19,0*	2,17 ± 0,06	26,5*	2016,7 ± 44,1	20,5*
ОКПД «УКХ»	52,3 ± 1,5	-21,2*	> 1000		2986,7 ± 59,3	9,3*	1026,7 ± 17,6	-16,9*	0,57 ± 0,03	1,3	2100,0 ± 57,7	17,3*

Т а б л и ц а 5. Диапазоны варьирования биохимических характеристик в сухой массе образцов функциональных пищевых продуктов
 Table 5. Variation ranges of biochemical characteristics in dry mass of functional food samples

Биохимические показатели	Диапазоны варьирования показателей	
	1 группа пищ. продуктов	2 группа пищ. продуктов
Дубильные вещества, %	0,08–3,02	0,07–1,41
Свободные органические кислоты, %	0,69–4,48	0–1,59
Фенолкарбоновые кислоты, мг/100 г	98,6–177,5	0–252,6
Растворимые сахара, %	3,38–8,18	2,65–14,35
Сахарокислотный индекс	1,58–4,91	4,97–48,0
Сумма биофлавоноидов, мг/100 г	86,0–418,0	10,0–4341,7
Сумма иридоидов, мг/100 г	3,01–32,17	2,17–1113,5
АОА, мкмоль тролокса /100 г	215,0–596,3	28,8–227,5
Общий белок, %	8,90–13,13	5,55–6,83
Пролин, г/100 г белка	1,39–2,25	0,15–0,41
Триптофан, г/100 г белка	0,16–0,34	0,07–0,46
Фенилаланин, г/100 г белка	0,91–1,45	0,21–0,98
Глицин, г/100 г белка	1,33–1,78	0,21–1,45
Кальций, мг/100 г	41,8–490,3	52,3–406,7
Магний, мг/100 г	141,7–190,2	40,7–1000
Марганец, мкг/100 г	1173,3–2053,3	2403,3–3116,7
Медь, мкг/100 г	286,7–986,7	806,7–3000,0
Селен, мкг/100 г	1,01–1,47	0,52–2,17
Цинк, мкг/100 г	163,3–2050,0	1080,0–2100,0

Т а б л и ц а 6. Образцы функциональных пищевых продуктов с наибольшими (max) и наименьшими (min) значениями биохимических характеристик
 Table 6. Samples of functional foods with the highest (max) and lowest (min) values of biochemical characteristics

Биохимические показатели	1 группа пищ. продуктов			2 группа пищ. продуктов		
	ОПС № 5	ОПС № 8	ОПС № 10	Пустырник	ОСК «Кекс»	ОКПД «УКХ»
Дубильные вещества, %	max		min	max	min	min
Своб. органич. кислоты, %	max		min	max		min
Фенолкарб. кислоты, мг/100 г		max	min	max	min	min
Растворимые сахара, %		max	min		max	min
Сахарокислотный индекс	min		max	min	max	
Биофлавоноиды, мг/100 г		max	min	max	min	min
Иридоиды, мг/100 г	max		min	max		min
АОА, мкмоль тролокса /100 г		max	min		max	min
Общий белок, %		min	max	min	max	
Пролин, г/100 г белка	max	min		max		min
Триптофан, г/100 г белка	min	max	max		max	min
Фенилаланин, г/100 г белка	max	min	min	min	max	
Глицин, г/100 г белка		max	min	min	max	
Кальций, мг/100 г	max		min	max		min
Магний, мг/100 г	max		min		min	max
Марганец, мкг/100 г		max	min	min	max	
Медь, мкг/100 г		min	max	max	min	
Селен, мкг/100 г	max	min		min	max	min
Цинк, мкг/100 г	max	min		min	max	max

Заметим, что образец сухой массы пустырника обыкновенного, принятый в данной группе пищевых продуктов за эталон сравнения, несколько уступал предыдущему объекту по количеству максимальных значений биохимических характеристик (8), которые отражали

содержание танинов, свободных органических и фенолкарбоновых кислот, биофлавоноидов и иридоидов, пролина, кальция и меди, тогда как наименьшие значения установлены для содержания белка, фенилаланина, глицина, марганца, селена и цинка. Наименьшим же количеством максимальных значений биохимических показателей характеризовался образец пищевой добавки ОКПД «УКХ», у которого они выявлены лишь для содержания магния и цинка на фоне наибольшего отставания от предыдущих образцов по большинству анализируемых признаков (см. табл. 6).

Поскольку основной задачей настоящих исследований являлось выявление в обеих группах функциональных продуктов объектов с наиболее высоким интегральным уровнем нутриентной ценности по совокупности всех определявшихся биохимических характеристик, это потребовало определения степени статистически значимых различий тестируемых образцов с соответствующими эталонными объектами по каждому анализируемому показателю. Как следует из табл. 7, в первой группе пищевых продуктов, представленной тремя образцами сухой приправы для приготовления соусов, из которых в качестве эталона сравнения использовали ОПС № 5, два тестируемых образца ОПС № 8 и ОПС № 10 характеризовались достоверными различиями с ним по всем исследуемым показателям.

Т а б л и ц а 7. Относительные различия тестируемых образцов функциональных пищевых продуктов с эталонными объектами по характеристикам биохимического состава, %

Table 7. Relative differences between the tested samples of functional food products and reference objects in terms of biochemical composition characteristics, %

Биохимические показатели	1 группа пищ. продуктов		2 группа пищ. продуктов	
	ОПС № 8	ОПС № 10	ОСК «Кекс»	ОКПД «УКХ»
Дубильные вещества, %	-77,8	-97,4	-95,0	-94,3
Своб. органич. кислоты, %	-32,4	-84,6	-79,9	-100,0
Фенолкарб. кислоты, мг/100 г	+40,7	-21,9	-100,0	-100,0
Растворимые сахара, %	+15,7	-52,2	+81,6	-66,5
Сахарокислотный индекс	+70,9	+210,8	+865,8	-100,0
Биофлавоноиды, мг/100 г	+183,8	-41,6	-99,8	-99,8
Иридоиды, мг/100 г	-45,1	-90,6	-99,3	-99,8
АОА, мкмоль тролокса /100 г	+129,1	-17,4	+18,1	-85,1
Общий белок, %	-19,4	+18,9	+23,1	+10,1
Пролин, г/100 г белка	-38,2	-27,6	-43,9	-63,4
Триптофан, г/100 г белка	+112,5	+112,5	+84,0	-72,0
Фенилаланин, г/100 г белка	-37,2	-35,2	+366,7	+76,2
Глицин, г/100 г белка	+14,1	-14,7	+590,5	+195,2
Кальций, мг/100 г	-80,0	-91,5	-49,6	-87,1
Магний, мг/100 г	-17,9	-25,5	-74,2	+100,0
Марганец, мкг/100 г	+28,9	-26,4	+29,7	+24,3
Медь, мкг/100 г	-47,6	+80,5	-73,1	-65,8
Селен, мкг/100 г	-31,3	-20,4	+317,3	—
Цинк, мкг/100 г	-92,0	-61,5	+86,7	+94,4

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с эталонным образцом при $p < 0,05$

Вместе с тем у них примерно в половине случаев выявлена сходная направленность данных расхождений, но при разной степени проявления. Так, оба тестируемые варианта приправы отмечены отставанием от эталонного образца в содержании танинов, титруемых кислот, иридоидов, пролина, фенилаланина, кальция, магния, селена и цинка, но в то же время превосходили его по величине сахарокислотного индекса и содержанию триптофана. При этом для остальных показателей биохимического состава у тестируемых объектов выявлены противоположные по знаку различия с ОПС № 5, свидетельствовавшие о более значительном, чем у него, содержании у образца ОПС № 8 фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, биофлавоноидов, глицина, марганца и более высоком уровне АОА, сочетавшимся с отставанием от него по количеству белка и меди при противоположных по знаку различиях с эталонным объектом образца ОПС № 10.

Во второй группе функциональных продуктов, представленных сухой композитной смесью ОСК «Кекс» и образцом пищевой добавки «Улучшитель комплексный хлебопекарный»

ОКПД «УКХ» и предназначенных для выпечки хлебобулочных изделий, способствующих нормализации работы нервной системы, в которой в качестве эталона сравнения был принят образец сухой зеленой массы пустырника, в направленности различий с ним у обоих тестируемых объектов в большинстве случаев выявлены сходные закономерности. Так, оба продукта существенно уступали ему в содержании танинов, титруемых и фенол-карбоновых кислот, биофлавоноидов, иридоидов, пролина, кальция и меди, но превосходили его по количеству белка, фенилаланина, глицина, марганца и цинка. Вместе с тем для ряда показателей у них обнаружены противоположные по знаку различия с сухой массой пустырника, свидетельствовавшие о более значительном, чем в ней, содержании у ОСК «Кекс» растворимых сахаров, триптофана и селена и более высоком показателе сахарокислотного индекса и уровне АОА, сочетавшимся с отставанием от эталонного образца только по содержанию магния при противоположных по знаку различиях с ним ОКПД «УКХ».

Заметим, что при столь разноплановой картине различий тестируемых функциональных продуктов с соответствующими эталонными объектами по исследуемым характеристикам биохимического состава представлялось затруднительным выявление образцов с наиболее высоким интегральным уровнем нутриентной ценности. С этой целью нами использован защищенный патентом методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых продуктов относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений анализируемых показателей от эталонных значений [33].

По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно судить о выразительности различий каждого тестируемого объекта с соответствующим эталонным образцом по совокупности 19 анализируемых признаков. Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с эталонными значениями являлось оценочным критерием различий каждого тестируемого объекта с эталонным образцом по нутриентной ценности, если исходить из посыла, что все анализируемые признаки одинаково важны для оценки качественного состава.

Представленные в табл. 8 данные, полученные на основании табл. 7 и характеризовавшие направленность и степень выразительности сдвигов в биохимическом составе тестируемых объектов относительно эталонных образцов, показали наличие заметных различий в направленности и величине вышеуказанных сдвигов.

Т а б л и ц а 8. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий в биохимическом составе тестируемых объектов с эталонными образцами
Table 8. Relative sizes, amplitudes and ratios of differently oriented differences in the biochemical composition of test objects with reference samples

Образец	Относительные различия, %			
	положит.	отрицат.	амплитуда	полож./отриц.
1 группа пищевых продуктов				
ОПС № 8	595,7	518,9	1114,6	1,15
ОПС № 10	422,7	708,5	1131,2	0,60
2 группа пищевых продуктов				
ОСК «Кекс»	2463,5	714,8	3178,3	3,45
ОКПД «УКХ»	500,2	1033,8	1534,0	0,48

Как видим, в первой группе пищевых продуктов амплитуда разноориентированных сдвигов в биохимическом составе тестируемых сухих приправ была практически одинаковой, что указывало на сходство степени их различий с эталонным объектом по совокупности исследуемых показателей, независимо от их ориентации. Вместе с тем у них выявлены существенные различия по величине кратного размера превышения совокупности положительных сдвигов в биохимическом составе относительно эталонного образца, условно принятого за 1, по сравнению с таковыми отрицательных и дающие представление о степени различий между ними по интегральному уровню нутриентной ценности. Нетрудно убедиться, что среди функциональных продуктов 1 группы наиболее высоким уровнем последней характеризовался образец ОПС № 8, превышавший эталонный объект ОПС № 5 по данному признаку в 1,15 раза, а образец ОПС № 10 в 1,9 раза.

Во второй группе пищевых продуктов очевидным лидером по интегральному уровню нутриентной ценности следовало признать сухую композитную смесь ОСК «Кекс»,

превосходившую сухую массу пустырника по данному признаку в 3,45 раза, а пищевую добавку «Улучшитель комплексный хлебопекарный» ОКПД «УКХ» в 7,2 раза.

Заключение. В результате сравнительного исследования биохимического состава функциональных пищевых продуктов, представленных тремя образцами сухой приправы для приготовления соусов – ОПС – №№ 5, 8 и 10 и также двух пищевых добавок седативного действия для использования в хлебопекарном производстве – сухой композитной смеси ОСК «Кекс» и пищевой добавки «Улучшитель комплексный хлебопекарный» ОКПД «УКХ» по 19 показателям, в том числе, содержанию свободных органических и фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ (танинов), растворимых сахаров, биофлавоноидов (Р-витаминов), иридоидов, белковых веществ и аминокислот – пролина, триптофана, фенилаланина и глицина, макро- и микроэлементов, в том числе кальция, магния, марганца, меди, цинка и селена, а также по показателю сахарокислотного индекса и уровню антиоксидантной активности установлено следующее.

Среди вариантов сухой приправы для приготовления соусов образец ОПС № 5, принятый за эталон сравнения, характеризовался самым высоким содержанием танинов, титруемых кислот, иридоидов, пролина и фенилаланина, кальция и магния, селена и цинка, но при этом обладал минимальным содержанием триптофана при наименьшем показателе сахарокислотного индекса. Образец ОПС № 8 занимал лидирующее положение по содержанию фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, биофлавоноидов, триптофана, глицина и марганца при наиболее высоком уровне АОА, но вместе с тем был отмечен минимальным содержанием белка, пролина, фенилаланина, а также меди, селена и цинка. Образец № 10 характеризовался наиболее высоким показателем сахарокислотного индекса, общим количеством белка, содержанием триптофана и меди при максимальном отставании от обозначенных выше образцов практически по всем остальным признакам.

В ряду функциональных продуктов для хлебопекарного производства у образца ОСК «Кекс» выявлено наиболее высокое содержание растворимых сахаров, белка, триптофана, фенилаланина и глицина, марганца, селена и цинка, а также наибольшее значение сахарокислотного индекса и уровня АОА при наименьшем содержании танинов, фенолкарбоновых кислот, биофлавоноидов, магния и меди, тогда как у образца ОКПД «УКХ» максимальные значения установлены лишь для содержания магния и цинка на фоне минимальных значений большинства анализируемых признаков. Образец сухой массы пустырника обыкновенного, принятый за эталон сравнения, характеризовался максимальным содержанием танинов, свободных органических и фенолкарбоновых кислот, биофлавоноидов и иридоидов, пролина, кальция и меди при минимальном количестве белка, фенилаланина, глицина, марганца, селена и цинка.

Установлено, что среди образцов сухой приправы для приготовления соусов наиболее высоким уровнем нутриентной ценности по совокупности 19 биохимических показателей характеризовался образец ОПС № 8, превышавший эталонный объект ОПС № 5 по данному признаку в 1,15 раза, а образец ОПС №10 в 1,9 раза. Из функциональных продуктов седативного действия для хлебопекарного производства лидирующее положение по совокупности качественных характеристик принадлежало сухой композитной смеси ОСК «Кекс», превосходившей по данному признаку образец сухой зеленой массы пустырника, принятый за эталон сравнения, в 3,45 раза, а пищевую добавку «Улучшитель комплексный хлебопекарный» ОКПД «УКХ» в 7,2 раза.

Список использованных источников

1. Ловкис, З. В. Инновационные функциональные продукты питания / З. В. Ловкис // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XIV Междунар. науч.- практ. конф. (Минск, 8–9 окт. 2015 г.) / Нац. Акад. Наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по продовольствию; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2015. – С. 3–8.
2. Коляда, Е. В. Обогащенные хлебобулочные изделия с использованием продуктов переработки зерна / Е. В. Коляда, М. М. Петухов // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 25–26 сентября 2014 г. / [редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорусский гос. экон. ун-т». — Минск: БГЭУ, 2014. – Т. 2. – С. 231–232.
3. Лекарственное сырьё растительного и животного происхождения. Фармакогнозия: учебное пособие. / под ред. Г. П. Яковлева. – СПб.: Спец. лит, 2006. – 845с.
4. Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe) / W. Herz [et al.] // Progress in the Chemistry of Organic Natural Products. -Wien, Austria, Springer-Verlag, 2000. – Vol. 79. – 106 p.

5. Biological and Pharmacological Activities of Iridoids: Recent Developments. Mini-Reviews in Medical Chemistry / R. Tundis [et al.]. – 2008. – 8. P.399–420.
6. Липатов, Н. Н. Некоторые аспекты моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов / Н. Н. Липатов // Пищевая и перерабатывающая промышленность. – 1986. – № 4. – С. 48–52.
7. Лысиков, Ю. А. Аминокислоты в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88–105.
8. Козлов, В. А. Протеиногенные аминокислоты: учебное пособие / В. А. Козлов. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – 139 с.
9. Майстер, А. Биохимия аминокислот / А. Майстер. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. – 530 с.
10. Новиков, Н. Н. Биохимия растений // М: Колос, – 2012 – 680 с.
11. Племенков, В. В. Введение в химию природных соединений. Казань: 2001. – 378 с.
12. Участие липидов в реализации специфических функций центральной нервной системы / О. В. Галкина [и др.] // Биоорганическая химия. – 2021. – Т. 47. – № 5. – С. 555–565.
13. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений. / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
14. Шмерко, Е. П. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку: Азербайджан, 1992. – 316 с.
15. Адсорбционное извлечение полифенолов и меланоидинов на углеродных сорбентах как фактор, формирующий качество напитков / Т. А. Краснова [и др.]. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 1(48). – С. 83–88.
16. Щетинина, С. Ю. Здоровое питание. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2023. – 97 с.
17. Пищевая химия: учебник для студентов вузов: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения / В. С. Гамаюрова, Л. Э. Ржечицкая. — М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. – 496 с.
18. Яйленко, А. А. Роль макро- и микронутриентов в профилактике и коррекции когнитивных расстройств у детей / А. А. Яйленко // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. – Т. 19. – № 1. – С. 216–226.
19. Донченко, Л. В. Безопасность пищевых продуктов [Текст]/ Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. – М.: Пищепромиздат. – 2001. – 528 с. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка: ГОСТ 10846-91. – Введ. 01.06.1993 (взамен ГОСТ 10846-74). – Москва: Издательство стандартов, 2009. – 20 с.
20. Selenium Biofortification: Roles, Mechanisms, Responses and Prospects / A. Hossain [et al.]// Molecules. – 2021. – Vol. 26 (4). – P. 881
21. Селен в питании. Растения, животные, человек / Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян— М.: Печатный город, – 2006. — 254 с.
22. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. – 430 с.
23. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники. – Дисс. канд. фармацевт. наук. – Пермь, 2006. – С. 99–101.
24. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие. / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова; Перм.гос.нац.исслед.ун-т-Пермь, – 2012. – 148 с.
25. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1: Общие методы анализа. С. 286–287.
26. Денисенко, Т. А. Особенности взаимодействия 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу с фенольными соединениями // Аналитика и контроль. – 2015. – Т. 19, № 3. С. – 242–251.
27. Денисенко, Т. А. Особенности взаимодействия 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу с фенольными соединениями // Аналитика и контроль. – 2015. – Т. 19, № 3. С. – 242–251.
28. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка: ГОСТ 10846-91. – Введ. 01.06.1993 (взамен ГОСТ 10846-74). – Москва: Издательство стандартов, 2009. – 20 с.
29. Малахова, И. И. Количественная высокоэффективная тонкослойная хроматография аминокислот: Автореф. дис. канд. хим. наук: 05.11.11 / МГУ им. М.В. Ломоносова, М., – 2003. – 24 с.
30. Основы аналитической химии / Под ред. академика Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2001. – 384 с.
31. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами / Г. Я. Ринькис, В. Ф. Ноллендорф. – Рига: Зинатне, 1982. – 301 с.
32. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, – 2001. – 229 с.
33. Способ ранжирования таксонов растения / Ж. А. Рупасова [и др.] / Минск: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2013.

Информация об авторах

Рупасова Жанна Александровна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, главный научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220072, Республика Беларусь)

E-mail: j.rupasova@cbg.org.by

Авраменко Станислав Николаевич, магистр биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220072, Республика Беларусь).

E-mail: avramenko@cbg.org.by

Саян Анастасия Сергеевна, младший научный сотрудник. Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси» (ул. Сурганова, 2в, Минск, 220072, Республика Беларусь).

E-mail: sayananastasia75@gmail.com

Мадзиевская Татьяна Афанасьевна, кандидат химических наук, заведующий отделом центра пищевых технологий УП «Унитехпром БГУ», (ул. Академика Курчатова, 1, г. Минск, 220045, Республика Беларусь).

E-mail: matafa@mail.ru

Шункевич Тамара Мустафовна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела центра пищевых технологий. Учебно-научно производственное унитарное предприятие «Унитехпром БГУ» (ул. Академика Курчатова, 1, г. Минск, 220045, Республика Беларусь).

E-mail: foodcentre@mail.ru

Далидович Сергей Владимирович, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник центра пищевых технологий УП «Унитехпром БГУ», (ул. Академика Курчатова, 1, г. Минск, 220045, Республика Беларусь).

E-mail: npcpt@unitehprombsu.by

Бычковский Павел Михайлович, кандидат химических наук, главный специалист по научной и научно-инновационной деятельности, УП «Унитехпром БГУ», (ул. Академика Курчатова, 1, г. Минск, 220045, Республика Беларусь).

E-mail: bychkovsky@bsu.by

Пинчукова Юлия Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров Белорусского государственного экономического университета, (Партизанский проспект 26, г. Минск, 220030, Республика Беларусь).

E-mail: fkti@bseu.by

Information about authors

Rupasova Zhanna Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Chief Researcher at the Laboratory of Plant Biochemistry and Biotechnology at the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., Minsk, 220072, Republic of Belarus).

E-mail: j.rupasova@cbg.org.by

Avramenko Stanislav Nikolaevich, Master of Biological Sciences, Junior Researcher at the Laboratory of Plant Biochemistry and Biotechnology at the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., Minsk, 220072, Republic of Belarus).

E-mail: avramenko@cbg.org.by

Sayan Anastasia Sergeevna, Junior Researcher. State Scientific Institution “Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus” (2v, Surganova str., Minsk, 220072, Republic of Belarus).

E-mail: sayananastasia75@gmail.com

Madzievskaya Tatyana Afanasievna, PhD (Chemistry), Head of Department of the Food Technology Center. Educational, Scientific and Production Unitary Enterprise “Unitekhprom BSU” (1, Akademika Kurchatova str., 220045, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: matafa@mail.ru

Shunkevich Tamara Mustafovna, PhD (Chemistry), Senior Researcher, Department, Food Technology Center Educational, Scientific and Production Unitary Enterprise “Unitehprom BSU” (1, Akademika Kurchatova str., Minsk, 220045, Republic of Belarus).

E-mail: foodcentre@mail.ru

Dalidovich Sergey Vladimirovich, PhD (Chemistry), Leading Researcher of the Food Technology Center of the University of Technology and Management of BSU, (1, Akademika Kurchatova str., Minsk, 220045, Republic of Belarus).

E-mail: npcpt@unitehprombsu.by

Bychkovsky Pavel Mikhailovich, PhD (Chemistry), Chief Specialist for Scientific and Research and Innovation Activities, UP «Uniteh-prom BSU», (1, Akademika Kurchatova str., Minsk, 220045, Republic of Belarus).

E-mail: bychkovsky@bsu.by

Pinchukova Yulia Mikhailovna, PhD (Technica), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Product Expertise at the Belarusian State Economic University (26, Partizansky ave, Minsk, 220030, Republic of Belarus).

E-mail: fkti@bseu.by

УДК 664

Поступила в редакцию 14.05.2026

Received 14.05.2026

Л. В. Евтушевская, Д. И. Гоман*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОЛУЧЕНИЯ
И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТАБЛЕТИРОВАННОГО СУХОГО
КАРТОФЕЛЬНОГО ПЮРЕ**

Аннотация. В статье представлены результаты научно-экспериментального исследования процесса получения таблетированного сухого картофельного пюре. Работа направлена на выявление корреляционной зависимости между технологическими параметрами прессования и реологическими свойствами сырья на показатели восстанавливающей способности. Особое внимание уделено кинетике восстановления (гидратации) пюре при взаимодействии с жидкой фазой; установлены критические факторы, влияющие на скорость распада таблетированной формы. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для совершенствования технологий производства пищевых концентратов быстрого приготовления и создания продуктов с высокой степенью готовности.

Ключевые слова: сухое картофельное пюре, полуфабрикат, таблетирование, прессование, восстановление.

L. V. Evtushevskaya, D. I. Goman*Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF PRODUCTION
AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF TABLET DRY MASHED POTATOES**

Abstract. This article presents the results of a scientific and experimental study of the process of producing tableted dry mashed potatoes. The study aims to identify the correlation between pressing process parameters and the rheological properties of the raw materials on the indicators of reconstitution capacity. Particular attention is paid to the kinetics of reconstitution (hydration) of the mash upon interaction with the liquid phase; critical factors influencing the rate of disintegration of the tablet form are identified. The obtained results have high practical significance for improving the production technologies of instant food concentrates and creating products with a high degree of readiness.

Keywords: dry mashed potatoes, semi-finished product, tableting, pressing, reconstitution.

Введение. Сухое картофельное пюре прочно заняло нишу в сегменте продуктов быстрого приготовления, отвечая современному запросу на экономию времени и ресурсов. Популярность этого продукта обусловлена не только длительным сроком годности без специальных условий хранения, но и максимальной простотой восстановления органолептических свойств исходного блюда. Годовая потребность внутреннего рынка в готовой продукции и полуфабрикатах из картофеля составляет 14–15 тыс. тонн. В этом объеме доля сухого картофельного пюре равна 4,0–5,0 тыс. тонн, а остальное приходится на замороженные и обжаренные экструзионные продукты.

Традиционно на рынке представлены такие формы, как тонкодисперсный порошок или гигроскопичные хлопья, однако они обладают существенным недостатком — низкой насыпной плотностью, что увеличивает затраты на логистику и требует значительного объема упаковочных материалов. Внедрение технологии таблетирования (прессования) позволяет радикально изменить подход к продвижению продукта.

Результаты и их обсуждение. Процесс таблетирования сухого картофельного пюре требует детального анализа физико-механических свойств исходного сырья, так как именно они

определяют стабильность формовки и качественные характеристики готового концентрата. Эффективность прессования и сохранение структуры продукта после восстановления напрямую зависят от комплекса технологических параметров, среди которых ключевое значение имеют: гранулометрический состав; насыпная плотность; коэффициент уплотнения.

В качестве объекта исследований использовалось сухое картофельное пюре производства ОАО «Машпищепрод».

Для определения гранулометрического состава сухого картофельного пюре наиболее эффективным и распространенным методом является ситовый анализ.

Методика исследования заключалась в механическом разделении навески продукта массой 1 кг на фракции. Для этого использовалась каскадная колонка сит с диаметром отверстий 2,0; 1,0 и 0,45 мм, установленных в порядке убывания размера ячеек сверху вниз и снабженных поддоном для сбора самой мелкой фракции.

Анализ гранулометрического состава показал неоднородную структуру сухого картофельного пюре с явным преобладанием двух полярных фракций. Суммарно на них приходится более 70 % общей массы образца, что предопределяет специфику его поведения при сжатии.

Распределение массовых долей по фракциям выглядит следующим образом. Доминирующая фракция (2,0–1,0 мм) составляет 38,9 %. Эти частицы формируют основной объемный каркас продукта, обеспечивая его исходную пористость.

Мелкодисперсная фракция (менее 0,45 мм) занимает почти треть образца — 31,4 %. Высокое содержание тонкого порошка критически важно для процесса таблетирования: мелкие частицы выполняют роль естественного «заполнителя» межгранулярных пустот, увеличивая плотность упаковки и адгезию при прессовании.

Крупные фрагменты (более 2,0 мм) составляют 17,5 %. Их наличие указывает на присутствие в сырье агломератов, которые могут потребовать более высоких удельных давлений для разрушения и формовки монолитной таблетки.

Промежуточная фракция (1,0–0,45 мм) представлена в наименьшем количестве — всего 12,3 %.

Полученные данные позволяют оценить структурную однородность сухого картофельного пюре, что является критически важным фактором для обеспечения стабильности качественных характеристик готовых таблеток.

Ключевым технологическим параметром, определяющим поведение материала в дозирующих устройствах, является насыпная плотность. Она отражает массу единицы объема свободно насыпанного продукта и напрямую зависит от геометрии, размеров и плотности упаковки частиц. Данный показатель характеризует степень использования свободного пространства и позволяет прогнозировать объем загрузочной камеры пресса.

В рамках научно-исследовательской работы были проведены исследования по определению насыпной плотности и коэффициента уплотнения для различных фракций сухого картофельного пюре. Исследование фракционированных образцов позволило выявить способность каждой группы частиц и всего материала к сокращению объема под давлением. Результаты определения насыпной плотности и коэффициента уплотнения представлены на рисунке 1.

Исследования показали обратную зависимость: насыпная плотность растет по мере уменьшения размера частиц. Если крупные фракции (более 1 мм) характеризуются низкой плотностью упаковки, то мелкодисперсные фракции (менее 0,45 мм) демонстрируют значительно более высокие показатели.

Несмотря на двукратное различие в значениях (от 0,27 до 0,57 г/см³), все фракции классифицируются как легкие порошки, что является критическим фактором при выборе режимов таблетирования.

Коэффициент уплотнения, в свою очередь, находится в обратной зависимости от насыпной плотности: чем более рыхлее исходная структура материала, тем выше его потенциал к сокращению объема. Это обусловлено тем, что мелкие частицы способны к более плотной пространственной переупаковке, минимизируя свободный объем внутри таблетки.

Выявленные различия в насыпной плотности исходных фракций сухого картофельного пюре предопределяют характер их поведения при последующем уплотнении. Для проверки гипотезы о том, что размер частиц сырья напрямую влияет на кинетику процесса восстановления таблетированного продукта, фракции были подвергнуты прямому прессованию под давлением 20 МПа. Полученные образцы с различной внутренней структурой были оценены по степени их восстановления. Процесс регидратации осуществлялся в воде при температуре 80 °С с фиксацией изменений в интервале времени до 15 минут, что позволило установить точные количественные зависимости между дисперсностью порошка и скоростью влагопоглощения (рисунок 2).

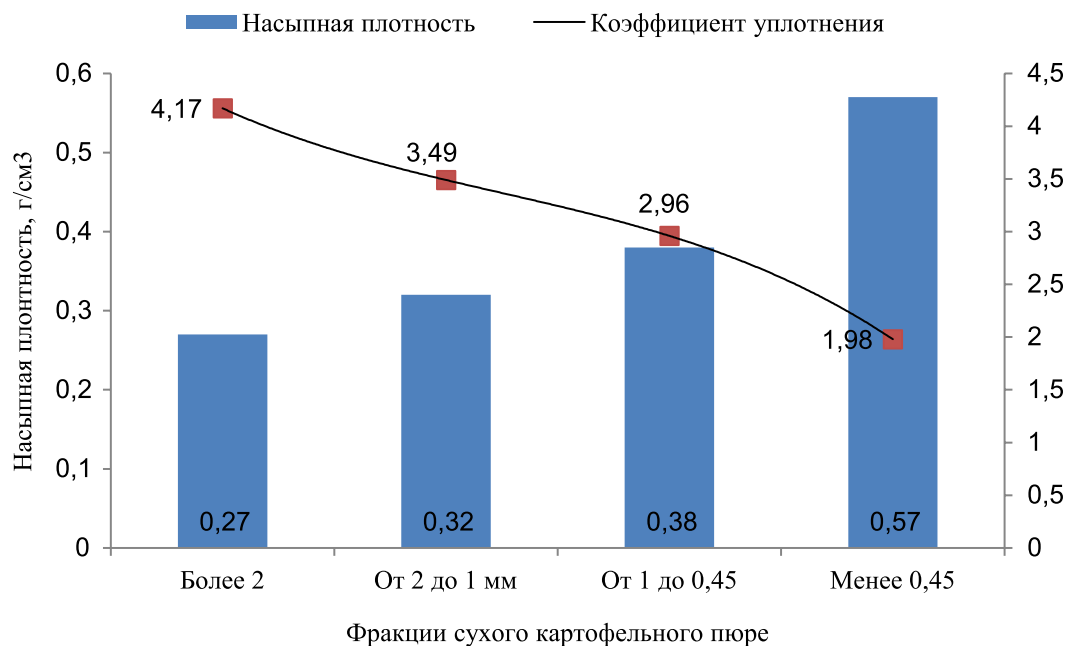


Рис. 1. Насыпная плотность и коэффициент уплотнения сухого картофельного пюре
Fig. 1. Bulk density and compaction coefficient of dry mashed potatoes

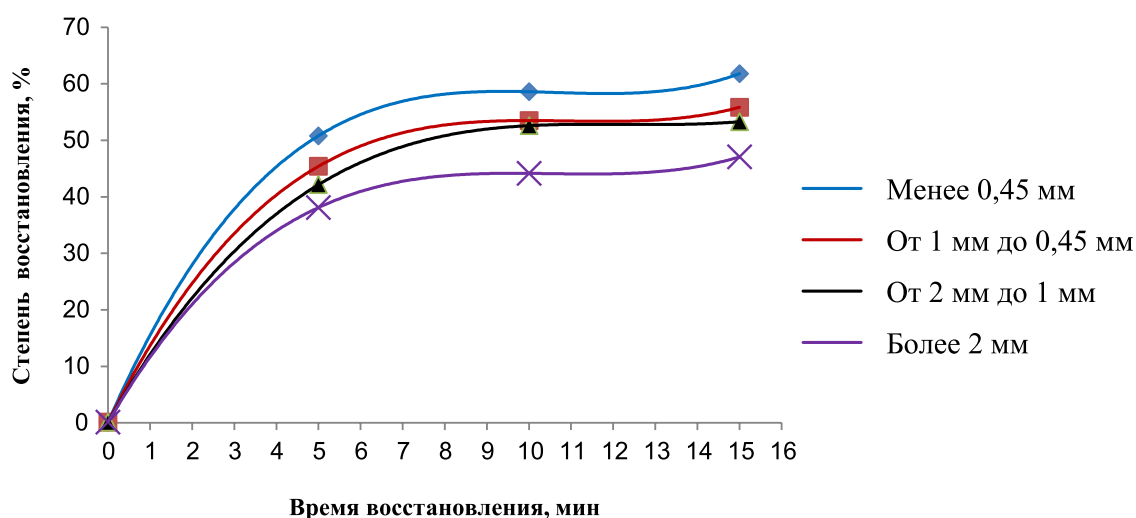


Рис. 2. Динамика процесса восстановления таблетированного продукта
Fig. 2. Dynamics of the recovery process

Анализ полученных данных показал, что максимальная скорость влагопоглощения наблюдается в начальный период эксперимента, что обусловлено высокой интенсивностью влагопоглощения поверхностными слоями полученных образцов таблетированного сухого картофельного пюре. По мере насыщения структуры образцов влагой и заполнения порового пространства темп влагопоглощения снижался.

Установлено, что дисперсность исходного сырья оказывает определяющее влияние на кинетику процесса. Наименьшую способность к влагопоглощению продемонстрировали образцы, сформированные из крупной фракции (размером более 2 мм): за 15 минут степень их восстановления составила лишь 47 %. В то же время образцы из мелкодисперсной фракции в аналогичных условиях восстановились на 62 %, что подтверждает обратную зависимость между размером частиц и скоростью поглощения влаги.

Таким образом, для интенсификации процесса восстановления и повышения качественных показателей прессованных полуфабрикатов целесообразно использовать сухое картофельное пюре с размером фракции менее 0,45 мм. Развитая удельная поверхность мелких частиц

обеспечивает высокую скорость переноса влаги и гарантирует равномерное распределение жидкой фазы по всему объему таблетки. При этом для дальнейшего сокращения времени восстановления обосновано введение в рецептуру дополнительных компонентов, активирующих процесс механического разрушения прессованных образцов в горячей водной среде.

Скорость проникновения жидкой фазы вглубь прессованного продукта и интенсивность его восстановления зависят не только от свойств сырья, но и от пространственной конфигурации самого прессованного продукта. Геометрические параметры образца определяют величину площади его контакта с водной средой и путь диффузии влаги к центральным слоям таблетки. В связи с этим следующим этапом работы стало исследование влияния геометрических характеристик прессованных образцов — в частности, варьирования соотношения их высоты и диаметра (рис. 3).

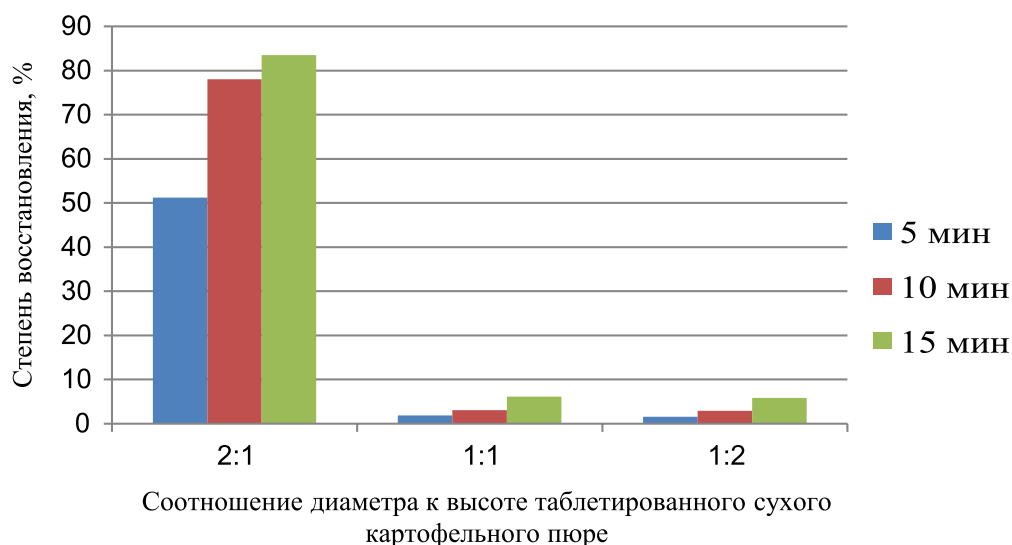


Рис. 3. Зависимость степени восстановления от времени при различном соотношении величины диаметра и высоты (соответственно) таблетированного сухого картофельного пюре

Fig. 3. Dependence of the degree of recovery on time for different ratios of the diameter and height (respectively) of tableted dry mashed potatoes

На рисунке представлены экспериментальные данные, отражающие влияние геометрических характеристик (соотношения диаметра к высоте) таблетированного сухого картофельного пюре на степень его восстановления в фиксированных временных интервалах (5, 10 и 15 минут). Наибольшую эффективность продемонстрировали плоские образцы с соотношением 2:1. К 5-й минуте степень их восстановления достигла 51 %, к 10-й — 78 %, а к 15-й минуте составила 83 %. Это обусловлено максимальной площадью контакта с водой и минимальной глубиной проникновения влаги к центру таблетки.

Переход к геометрии 1:1 и 1:2 вызвал резкое замедление процесса. Из-за блокирования внутренних слоев продукта степень восстановления таких образцов даже через 15 минут не превысила 6 %.

Таким образом, для обеспечения качества готового продукта геометрические параметры прессования должны строго соответствовать условию преобладания диаметра над высотой образца (в соотношении не менее 2:1).

Исследования влияния фракционного состава исходного сырья и геометрической конфигурации позволила интенсифицировать кинетику процесса восстановления таблетированного сухого картофельного пюре. Тем не менее, достигнутый предел восстановления полученных образцов (83 % за 15 минут) указывает на необходимость дальнейшего совершенствования для достижения стопроцентной гидратации в более короткий временной интервал. Кроме того, создание коммерчески привлекательного концентрата требует обогащения его рецептуры вкусоароматическими и питательными компонентами.

В связи с этим следующим этапом работы было исследование комбинированных систем. Оно включало, с одной стороны, введение в состав продукта газообразующей смеси для принудительного разрушения прессованного продукта в горячей воде, а с другой — оценку влияния рецептурных добавок (сушеного мяса и зелени) на скорость их восстановления.

В качестве газообразующей системы рационально использовать смесь лимонной кислоты и гидрокарбоната натрия (пищевой соды). Молярное соотношение компонентов в реакции нейтрализации составляет 1:3, что в массовом выражении эквивалентно пропорции 1:1,31. Таким образом, на 1 грамм лимонной кислоты требуется введение приблизительно 1,31 грамма гидрокарбоната натрия для обеспечения полноты протекания реакции и максимального выделения диоксида углерода.

На рисунке 4 представлена кинетика восстановления образцов таблетированного сухого картофельного пюре, содержащих в своем составе лимонную кислоту и гидрокарбоната натрия (пищевую соду) в количестве 2,5 % и 3,0 % к массе основного сырья соответственно.

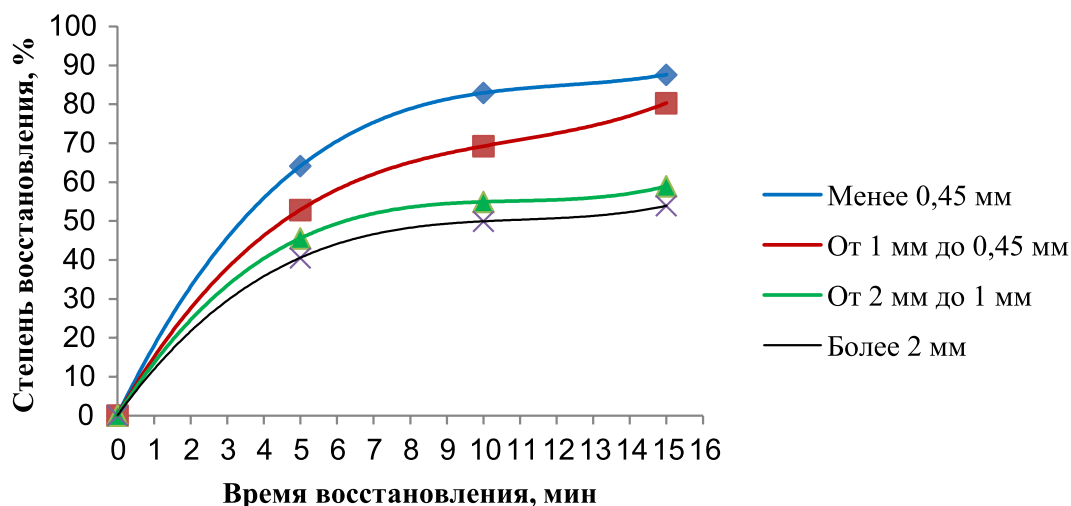


Рис. 4. Зависимость степени восстановления прессованного сухого картофельного пюре от времени в смеси с газообразующими компонентами

Fig. 4. Dependence of the degree of recovery of pressed dry mashed potatoes on time in a mixture with gas-forming components

Анализ кривых показывает, что введение газообразующих компонентов качественно изменило характер процесса восстановления по сравнению с картофельным пюре без добавок. За счет бурного выделения диоксида углерода при контакте с горячей водой (80 °С) происходит принудительное разрушение межчастичных связей сухого картофельного пюре, что обеспечивает высокую скорость деструкции прессованного продукта уже на начальном этапе. Максимальный темп влагопоглощения зафиксирован в первые 5 минут эксперимента, после чего кривые выходят на плато.

При этом фактор гранулометрического состава сохраняет определяющее значение:

- ♦ фракция менее 0,45 мм в сочетании с газообразующей системой обеспечивает наилучший результат: к 5-й минуте степень восстановления достигает ~64 %, а к 15-й минуте фиксируется максимальное значение — 88 %;
- ♦ фракция от 0,45 до 1 мм демонстрирует близкую динамику, плавно достигая к концу гидротермической обработки 80 % восстановления;
- ♦ крупнодисперсные фракции (от 1 до 2 мм и более 2 мм) даже в присутствии газообразующих компонентов восстанавливаются существенно хуже, достигая через 15 минут лишь 59 % и 54 % соответственно. Это указывает на то, что внутреннее избыточное давление газа оказывается недостаточным для полного разрушения плотных конгломератов крупных частиц картофельных хлопьев.

Определение рациональных геометрических параметров прессованного продукта и дисперсности сырья позволило установить базовые закономерности процесса восстановления таблетированного картофельного пюре. Однако переход к многокомпонентным рецептурам требует комплексного учета рецептурных факторов и технологических режимов формования. В связи с этим следующим этапом работы стало исследование влияния натуральных сушеных вкусоароматических добавок (сушеного мяса, зелени и газообразующей смеси), а также величины давления прессования на прочностные характеристики таблеток и итоговую кинетику процесса их восстановления.

Экспериментальные исследования по получению прессованных полуфабрикатов с натуральными растительными и мясными ингредиентами проводили в соответствии с предварительно оптимизированными рецептурными составами. На следующем этапе осуществляли оценку кинетики их регидратации (рис. 5).

Опытные образцы прессованных полуфабрикатов с натуральными растительными и мясными ингредиентами изготавливали на основе предварительно оптимизированных рецептурных составов. Последующая оценка кинетики их регидратации позволила установить влияние рецептурного состава на скорость восстановления (рис. 5).

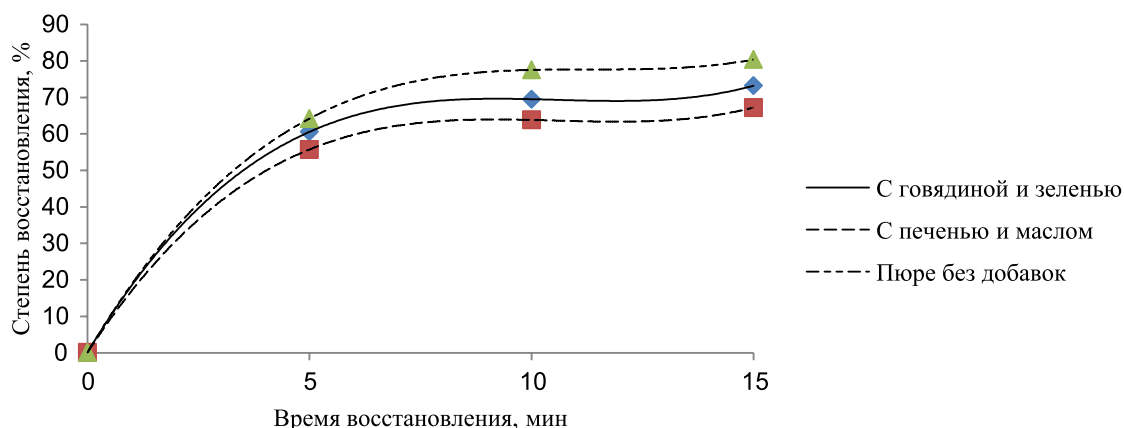


Рис. 5. Зависимость степени восстановления таблетированного сухого картофельного пюре с натуральными добавками в зависимости от времени

Fig. 5. Dependence of the degree of recovery of tableted dry mashed potatoes with natural additives on time

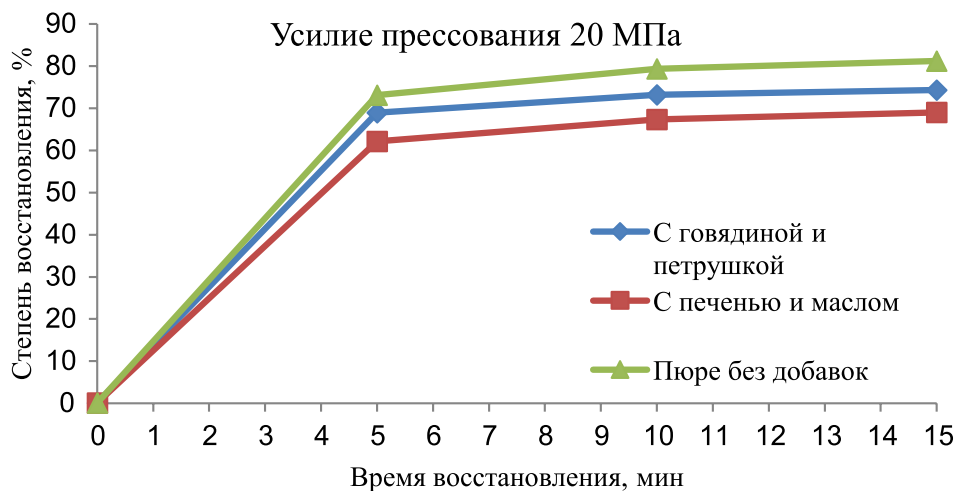
Таким образом, анализ кинетических кривых на рисунке 5 позволил установить характер влияния рецептурных компонентов на восстановительную способность таблетированного сухого карто-фельного пюре: введение нату-ральных обогащающих ингре-диентов закономерно снижает итоговую степень регидратации прессованного продукта по срав-нению с контрольным образцом (пюре без добавок), который к 15-й минуте достигает максимального показателя в 80 %. Одна-ко, независимо от состава, во всех образцах благодаря действию газообразующей смеси основной объем влаги (до 55–64 %) поглощается в первые 5 минут процесса восстановления, после чего процесс стабилизируется.

Включение в состав табле-тированных полуфабрикатов на основе сухого картофельного пюре натурального сушеного мяса и зелени оказывает незначительное сдерживающее влияние на кинетику восстановления. В частности, образцы с добавлением говядины и зелени достигают степени восстановления 61 % через 5 минут и 73 % через 15 минут, что незначительно усту-пает показателям контрольного образца без добавок (64 % и 80 % соответственно). В то же время введение сухого сливочного масла существенно ограничивает данный процесс: образцы с печеньем и маслом восстанавливаются лишь до 55% за первые 5 минут и достигают итогового значения всего в 67 % к 15-й минуте. Данный эффект обусловлен гидрофобизацией межчастичного пространства жировой фазой, препятствующей свободному переносу влаги внутрь таблетированного сухого картофельного пюре.

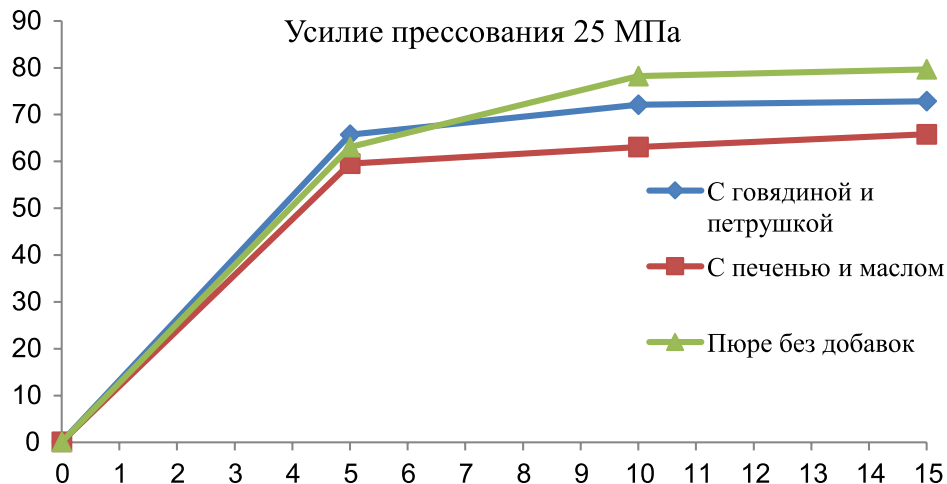
Внесение газообразующей системы на основе лимонной кислоты и гидрокарбоната натрия существенно интенсифицирует разрушение таблетированного сухого картофельного пюре в процессе восстановления. Тем не менее, при исходной дозировке компонентов итоговая сте-пень восстановления прессованного продукта к 15-й минуте стабилизируется на уровне 80 %. Полученный показатель не обеспечивает достижения целевой консистенции готового блюда и уступает технологическим характеристикам традиционного рассыпного пюре, что снижает потребительскую привлекательность разрабатываемого продукта. Для достижения полной восстанавливаемости таблетированной формы, эквивалентной свойствам традиционного сухого картофельного пюре, было обосновано увеличение концентрации газообразующей смеси в составе пресс-порошка в 2 и 4 раза. Данное технологическое решение направлено на ускорение кинетики распада таблетки, оптимизацию органолептических показателей.

На рисунке 6 представлены результаты оценки кинетики восстановления прессованных образцов с фиксированным содержанием газообразующей смеси (5 % лимонной кислоты и 6 % пищевой соды) в зависимости от приложенного давления прессования.

а



б



а – усилие прессования 20 МПа, б – усилие прессования 25 МПа

Рис. 6. Результаты экспериментальных данных

Fig. 6. Experimental data results

Результаты экспериментальных исследований восстанавливающей способности таблетированных полуфабрикатов, содержащих 10 % лимонной кислоты и 12 % пищевой соды относительно массы таблетированного изделия, представлены на рисунках 7 и 8.

Процесс восстановления сухого картофельного пюре с повышенным содержанием газообразующих компонентов (10 % лимонной кислоты и 12 % гидрокарбоната натрия) сопровождается бурной реакцией нейтрализации при контакте с горячей водой. В течение первых 5 минут экспозиции фиксируется значительное увеличение объема продукта, а степень его восстановления достигает порядка 80 %. В последующий период кинетика поглощения влаги замедляется, однако после 10 минут остаточная масса таблетки легко разрушается при минимальном механическом воздействии. Это свидетельствует о практически полной деструкции структуры во всех опытных образцах, за исключением жиросодержащей композиции со сливочным маслом. Высокая скорость восстановления обусловлена интенсивным газовыделением смеси в данной концентрации, а готовое пюре по своим консистенционным и текстурным свойствам эквивалентно рассыпному аналогу.

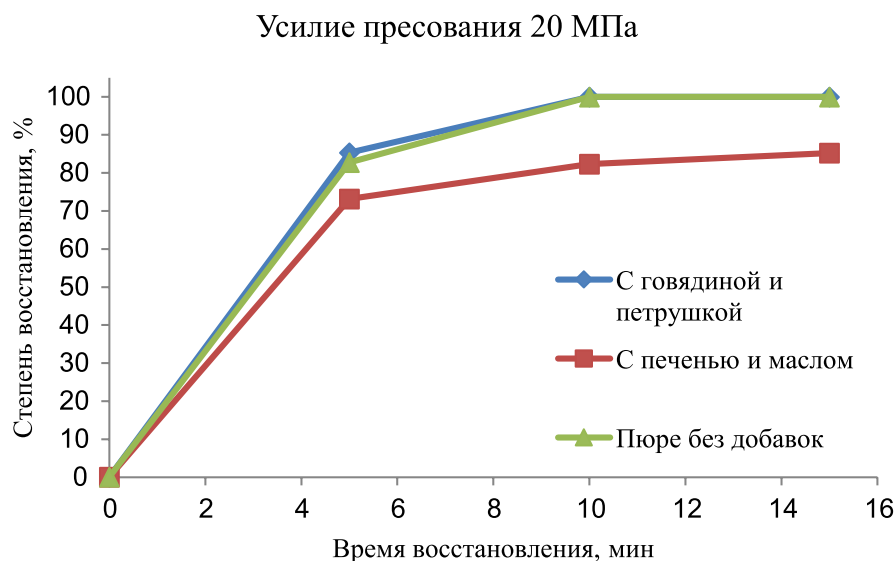


Рис. 7. Результаты исследования восстанавливающей способности таблетированных полуфабрикатов, содержащих 10 % лимонной кислоты и 12 % пищевой соды относительно массы таблетированного изделия при усилии прессования 20 МПа

Fig. 7. Results of the study of the restorative capacity of tablet semi-finished products containing 10 % citric acid and 12 % baking soda relative to the mass of the tablet product under a pressing force of 20 MPa

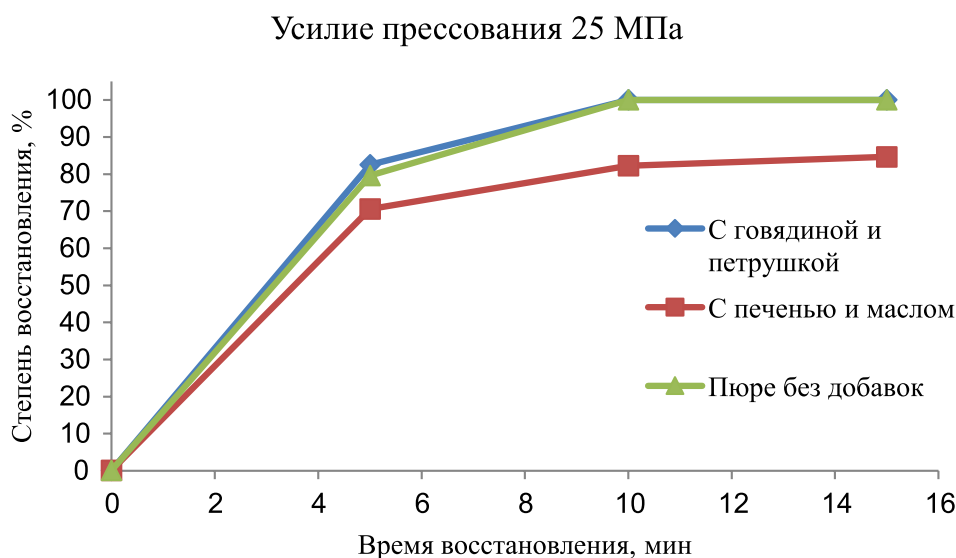


Рис. 8. Результаты исследования восстанавливающей способности таблетированных полуфабрикатов, содержащих 10 % лимонной кислоты и 12 % пищевой соды относительно массы таблетированного изделия при усилии прессования 25 МПа

Fig. 8. Results of the study of the restorative capacity of tablet semi-finished products containing 10 % citric acid and 12 % baking soda relative to the mass of the tablet product under a pressing force of 25 MPa

Заключение. Таким образом, на основании проведенных исследований определен комплекс рациональных рецептурно-технологических параметров производства таблетированного картофельного пюре, обеспечивающий получение прессованного продукта с высокой скоростью последующего восстановления в горячей воде. Базовым фактором интенсификации процесса является использование мелкодисперсного сырья с размером фракции менее 0,45 мм, развитая удельная поверхность которого ускоряет проникновение влаги в глубь прессованной массы. Соотношение диаметра к высоте 2:1 оптимизирует геометрию контакта фаз и минимизирует длину пути жидкости к центру «таблетки». Введение газообразующей смеси (10 % лимонной кислоты и 12 % гидрокарбоната натрия к массе пресс-композиции)

инициирует при контакте с горячей водой (80 °С) бурную реакцию нейтрализации с активным выделением диоксида углерода, создающего внутреннее избыточное давление, способствующее механической деструкции таблетки, сокращая общее время приготовления продукта. Наконец, проведение формования под давлением 25 МПа обеспечивает необходимый технологический баланс между когезионной прочностью сухого брикета при транспортировке и сохранением достаточного объема порового пространства, гарантируя практически 100%-е восстановление полуфабриката до консистенции традиционного рассыпного аналога в течение 10 минут.

Список использованных источников

1. Лопатнюк, Л. А. Состояние и направления развития картофелеперерабатывающего подкомплекса Беларуси / Л. Лопатнюк, И.В. Кулага // Аграрная экономика. – 2017. – №8. – С. 44-51.
2. Белоусов, В. А. Основы дозирования и таблетирования лекарственных порошков / В.А. Белоусов, М. Б. Вальтер. - М.: Медицина, 1980. – 216 с.
3. Таблетирование. Таблеточные машины // Фармацевтические технологии и упаковка. – 2013. – №1. – С. 28–34.
4. Хишова, О. М. Технологические свойства тонкоизмельченных растительных субстанций и научные основы их таблетирования / О. М. Хишова // Вестник фармации. – 2014. - №3. – С. 68-76.

Информация об авторах

Евтушевская Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: olishenia@mail.ru

Гоман Дмитрий Иосифович, научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: npc.goman@gmail.com

Information about authors

Evtushevskaya Lyudmila Vladimirovna, PhD (Technical), Associate Professor, Head of the Department of Root Crops Technology, Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olishenia@mail.ru

Goman Dmitry Iosifovich, Researcher, Department of Root Crops Technology, Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: npc.goman@gmail.com

¹Е. В. Бречко, ²А. А. Садовский, ²С. И. Корзан, ²А. С. Данилюк, ¹И. К. Кишко

¹РУП «Институт защиты растений», г. Минск, Республика Беларусь

²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

ОЗОНовые ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНА ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния озono-воздушной обработки на численность имаго рисового долгоносика (*Sitophilus oryzae* L.) из отряда жесткокрылые (Coleoptera) в поисковом имитационном опыте с использованием экспериментальной стендовой установки металлического силоса, заполненного зерном. Определено, что биологическая активность озона реализуется при концентрации 10 мг/М³ с учетом трехкратной обработки и экспозиции 5 часов в течение 5 суток. Экспериментальные условия обеспечивали постепенное нарастание концентрации озона до значений, обладающих выраженным дезинсекционным эффектом в отношении насекомых-вредителей, а последующая динамика носила стабилизационный характер. Максимальные показатели биологической эффективности (до 100 %) достигнуты в образцах, размещенных в центральной части емкости стендовой установки металлического силоса, у периферии емкости значения эффективности были несколько ниже.

Ключевые слова: озон, обработка, металлический силос, зерно, пшеница, имаго рисового долгоносика, биотесты, биологическая эффективность

¹E. V. Brechko, ²A. A. Sadouski, ²S. I. Korzan, ²A. S. Danilyuk

¹RUE « Institute of Plant Protection», Minsk, Republic of Belarus

²RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

OZONE TECHNOLOGIES FOR PROTECTING GRAIN FROM PESTS DURING STORAGE

Abstract. This article presents the results of a study examining the effects of ozone-air treatment on the abundance of adult rice weevils (*Sitophilus oryzae* L.) from the order Coleoptera in an exploratory simulation experiment using an experimental stand-alone setup of a metal silo filled with grain. It was determined that ozone exhibits biological activity at a concentration of 10 mg/M³, taking into account three treatments and a 5-hour exposure over 5 days. The experimental conditions ensured a gradual increase in ozone concentration to values having a pronounced disinfestation effect on insect pests, and the subsequent dynamics were of a stabilizing nature. Maximum biological efficiency (up to 100 %) was achieved in samples placed in the central part of the metal silo stand-alone setup; efficiency values were somewhat lower near the periphery of the container.

Keywords: ozone, treatment, metal silo, grain, wheat, rice weevil imago, biotests, biological effectiveness

Введение. Обеспечение безопасного и длительного хранения зерновых запасов остается одной из ключевых задач агропромышленного комплекса. Потери зерна вследствие повреждений вредителями, по данным ФАО, достигают 10,0–12,8 %, а при отсутствии защитных мероприятий могут превышать 30–50 %. В условиях активной международной торговли возрастает риск распространения насекомых и клещей, способных формировать скрытую форму зараженности и приводить к значительным экономическим потерям.

Современная фитосанитарная обстановка в зернохранилищах определяется сочетанием климатических факторов, особенностей конструкций складских сооружений и ограниченной

эффективностью традиционных методов защиты. Особенно уязвимыми являются металлические силосы, где перепады температур способствуют образованию конденсата, плесневению и самосогреванию зерна, создавая благоприятные условия для развития вредителей.

Исследования РУП «Институт защиты растений» (2021–2022 гг.) показали, что в семенных зернохранилищах при хранении семян яровых и озимых зерновых колосовых культур встречается 22 вида вредителей, причем доминантными видами являются мучной клещ (*Acarus siro* L.), обыкновенный волосатый клещ (*Tyrophagus putrescentiae* Schr.), рисовый долгоносик (*Sitophilus oryzae* L.), короткоусый мукоед (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.) [1]. В фуражных зернохранилищах в период хранения зерна кукурузы встречалось 19 видов вредителей запасов, при этом амбарная огневка (*Plodia interpunctella* Hbn.) и бархатистый грибоед (*Typhaea stercorea* L.) характеризовались как доминантны. Особую опасность представляют насекомые-вредители, формирующие скрытую форму зараженности, что затрудняет своевременное выявление и контроль.

Следует отметить, что ассортимент препаратов для защиты зерна от вредителей запасов, включенных в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь», весьма ограничен. А также их применение лимитировано целым рядом факторов: температурным режимом, герметичностью помещений, высокой токсичностью, риском загрязнения продукции, а в некоторых случаях необходимостью использования специализированного оборудования. В связи с этим возрастает потребность в альтернативных, экологически безопасных технологиях.

Теоретическая часть. В мире известно 420 видов вредителей запасов, обитающих на территории зернохранилищ, перерабатывающих предприятий, комбикормовых заводов, элеваторов, металлических силосов. В РФ определено 125 видов, на Украине – 116, в странах Европы – около 100 видов, в Республике Беларусь – более 40.

Доказано, что амбарные вредители наносят прямой и косвенный ущерб: первый выражается в потере массы зерновых продуктов, ухудшении их качества, снижении посевных свойств, загрязнении экскрементами; второй – связан с тем, что насекомые могут вызвать самосогревание зерна и перемещение влаги в зерновой массе, способствуют распространению микрофлоры и т. д. Продукты жизнедеятельности вредителей небезопасны для человека и животных, поскольку в поврежденном зерне понижается содержание белка, липидов, витаминов и появляется мочевая кислота, вызывающая ряд заболеваний [2]. Следует отметить, что предельно допустимые уровни токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов и зараженности вредителями в зерне, поставляемом на кормовые/пищевые цели регулируются согласно ТР ТС 015/2011[3].

Вместе с тем, исходя из биологических особенностей, большинство членистоногих характеризуется отсутствием диапаузы, в связи с чем, при благоприятных условиях они могут размножаться и вредить в складских помещениях в течение круглого года. Определено, что 1 жук амбарного и 1 жук рисового долгоносиков уничтожают за свою жизнь (250–300 дней) до 80 зерен [4]. От зерна, из которого вышли жуки, остается обычно только оболочка и теряется до 50,0 % общей массы. За время развития внутри зерновки амбарный долгоносик съедает более 40,0 % сухого вещества.

При сильном заражении рисовым долгоносиком и зерновым точильщиком зерно пшеницы и ячменя может быть уничтожено на 80,0 %. Согласно данным [5] установлено, что вред, причиненный вредителями запасов, выражается в потере всхожести семян пшеницы: амбарный долгоносик снижает ее на 92,0 %, малый мучной хрущак – на 53,0 %, рисовый долгоносик – на 75,0 %, суринамский мукоед – на 25,0 %.

Следует отметить, что абиотический фактор (температура и относительная влажность воздуха) является одним из предикторов, регулирующим динамику численности амбарных вредителей, как в зимний, так и весенне-летний периоды. В результате сравнительного анализа установлено, что на протяжении зимнего периода 2019–2020 гг. (декабрь–январь–февраль) при варьировании положительных температур воздуха от +0,1...+2,5 °С численность клещей была очень высокой и нарастала от 168 до 862 ос./кг зерна. В то время как в зимний период 2009–2010 гг., когда преобладали отрицательные температуры (до –13,9 °С), численность клещей в хранящемся фуражном зерне снижалась от 228 до 21 ос./кг. Подобное наблюдение можно объяснить тем, что клещи способны выживать при температуре воздуха –10...–15 °С: питающиеся стадии 3–8 суток, гипопус – 124–330 суток. В связи с этим необходим постоянный контроль за развитием популяций вредителей в период хранения сельскохозяйственной продукции.

Козичем И. А. установлено, что понижение и установление отрицательных температур воздуха до -17°C с дополнительным охлаждением зерна путем естественного проветривания позволяет снизить численность вредителей лишь на 50–60 % [6].

Наиболее радикальным приемом для дезинсекции складов является химический метод. В Беларуси для защиты зерна от вредителей запасов в «Государственный реестр...» (2 февраля 2026) включены 12 препаратов, относящихся к 4 химическим классам с различными действующими веществами. Неорганические вещества составляют 50,0 %, пиретроиды – 33,4 %, фосфорорганические соединения и комбинированные препараты – по 8,3 %.

В негерметичных складских помещениях препараты вносятся только методом влажной дезинсекции, в герметичных, кроме влажной дезинсекции проводят аэрозольную дезинсекцию и фумигацию [7].

Однако по проведению фумигации существует ряд ограничений: обязательна полная герметизация объекта; невозможна обработка партии по частям, начав ввод таблеток, нельзя прерывать процесс; слабая эффективность против хлебных клещей; зерно не защищено от нового заражения; опасность отравления людей газом; длительный простой предприятия; ограничения по температуре: зерна – не ниже $+15,0^{\circ}\text{C}$, наружного воздуха – не ниже $+10,0^{\circ}\text{C}$, внутри помещений – не выше $+25,0^{\circ}\text{C}$, негативные экологические последствия для окружающей среды.

Имеются сведения о резистентности насекомых и клещей к химическим препаратам при их систематическом применении, что негативно сказывается на фитосанитарной ситуации в зернохранилищах. Так, в Российской Федерации первое обнаружение резистентности природной популяции рисового долгоносика к фосфину выявлено в 2020 г. [8]. Опасность резистентности в том, что при каждой фумигации выживают самые устойчивые насекомые, которые в последующих поколениях дают более устойчивое к фосфину потомство. В результате препараты теряют эффективность.

В связи с вышеперечисленным, альтернативным методом защиты зерна от вредителей запасов становится электрофизический – озонирование. Озон (O_3) – газообразное вещество, высокоактивная аллотропная модификация кислорода; при обычных температурах – газ светло-голубого цвета с характерным острым запахом. Озон нестабилен и легко распадается, образуя высокоактивные атомы кислорода, обладающие сильными окислительными свойствами.

Анализ литературных источников показал, что встречается множество исследований о влиянии озono-воздушной смеси на вредителей запасов. Суть метода заключается в том, что половые клетки насекомых и клещей наиболее чувствительны к мутагенному воздействию озона, которое приводит к химическим изменениям в хромосомах, а в результате и к стерилизации особей [9–11].

Основными преимуществами озонирования являются: хорошая растворимость в воде, отсутствие токсинов в обрабатываемом материале, мощные окислительные свойства газа, бактерицидные и фунгицидные функции, уничтожение большинства вирусов, бактерий, грибов, восстановление чистоты воздуха. Кроме обеззараживания зерновой продукции, осуществляется одновременная дезинсекция поверхностей помещения и оборудования. Генерация озона осуществляется по месту его использования. При этом не требуется остановка производства на длительное время, специальная герметизация помещений, приобретение, хранение, транспортировка препаратов и их утилизация. В результате стоимость дезинсекции методом озонирования снижается на 30,0–50,0 % по сравнению с традиционными методами.

Установлено, что биологическая активность озона зависит от его концентрации, продолжительности воздействия, вида вредителя, стадии его развития, а также температуры и влажности зерна. Выявлено, что озонная обработка в течение 1 ч с концентрацией озона в озono-воздушной смеси 5–15 мг/м³ достаточно эффективно подавляла наиболее распространенных вредителей зерна. Так, сразу после обработки погибали или были парализованы 86,1 % амбарного долгоносика и 90,5 % зерновой моли [12].

По данным ученых из Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки, плодовитость жуков амбарного и рисового долгоносиков, выживших после низко концентрированного озонирования, снижалась соответственно на 19 % и 46 %. Зерновой точильщик погибал после 15 ч озонной обработки в течение 10 сут. Наибольшую устойчивость к озону проявляли особи суринамского мукоеда и малого мучного хрущака. Их количество даже после 20 ч озонной обработки сокращалось лишь на 50,0 %. Однако увеличение концентрации озона в озono-воздушной смеси до 1400 мг/м³ способствовало подавлению всех изучаемых вредителей в течение 1 ч [13].

Таким образом, при низких концентрациях озона для уничтожения насекомых требуется большая экспозиция обработки — до нескольких часов. Насекомые погибают в течение последующих 3–5 сут. Имеет значение, как стадия развития, так и образ жизни насекомых. Наиболее устойчивой к озону является куколка, а также насекомые ведущие скрытый образ жизни. Вредители, обитающие в межзерновом пространстве, доступнее для воздействия озона.

Однако в условиях нашей республики отсутствуют данные по изучению влияния озонирования на численность вредителей запасов в металлических силосах, что и обуславливает проведение исследований. Все вышеизложенное свидетельствует о большой важности рассматриваемой проблемы и необходимости концентрации усилий для разработки технологии защиты фуражного зерна от вредителей запасов в металлических силосах с использованием дезинсектирующих свойств озона.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта обработки использовали зерно фуражной пшеницы массой 1 тонна влажностью 11,9 %. В качестве тест-объекта использовали лабораторную культуру имаго рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* L. из отряда жесткокрылые *Coleoptera* семейства долгоносики *Dryophthoridae*, который образует скрытую форму зараженности. В каждый биотест помещали по 50 взрослых особей вредителя без разделения по полу, вместе с небольшим количеством корма (50 г пшеницы), что моделировало реальную ситуацию зараженности зерна. Биотесты представляли собой мешочки (садки) из плотной ткани (мельничный газ), обеспечивающие свободный доступ озono-воздушной смеси к насекомым, но исключающие их выход за пределы тестовой системы.

Зерно пшеницы загружали в металлическую герметичную емкость экспериментальной установки (рис. 1), имитирующую условия хранения зерна в металлических силосах. При этом размещали биотесты на разной высоте и диаметре емкости согласно табл. 1. Такое размещение обеспечивало оценку эффективности озонирования в различных зонах зерновой массы с учетом возможных градиентов концентрации озона. К биотестам прикрепляли веревки с соответствующими данными для их извлечения при отборе образцов.

По окончании погружения биотестов, установка была загерметизирована. Зерновую массу в стендовой установке продували озono-воздушной смесью. Обработка включала 10 циклов, каждый из которых состоял из:

- ♦ активной фазы озонирования продолжительностью 5 часов;
- ♦ с перерывами в 15 минут после каждого часа работы озонатора;
- ♦ время между началом обработки 1–2 сут.

Данный подход позволил имитировать промышленный режим с периодическим воздействием озона. План-график проведения экспериментальных исследований представлен в табл. 2.

Образцы 1–4 находились в зерне 5 сут., образцы 5–8–9 сут., образцы 9–12–14 сут. и образцы 13–16–19 сут. Таким образом, в каждом временном блоке схема располагалась следующим образом: образцы с номерами, кратными четырем, соответствовали разным сочетаниям высоты и положения по диаметру емкости (низ/верх, стенка/центр), обеспечивая возможность сопоставления влияния распределения озона по высоте и сечению зернового слоя.

Концентрацию озона в рабочей зоне (емкости) и на выходе определяли посредством газоанализатора. Измерения на выходе из зерновой массы позволяли оценить реальный уровень озона, прошедший через слой зерна и биотесты. Уже через 15 минут от начала подачи озonoвоздушной смеси концентрация составила 1,4 мг/М³, через 30 минут — 1,52 мг/М³, а через 45 минут достигла 10 мг/М³. Таким образом, экспериментальные условия обеспечивали постепенное нарастание концентрации озона до значений, обладающих выраженным инсектицидным эффектом в отношении насекомых-вредителей.

Для оценки эффективности обработки осуществляли выборку зараженных образцов:

- ♦ после 3-го, 5-го, 7-го и 10-го цикла озонирования, т. е. на 5-е, 9-е, 14-е и 19-е сут;
- ♦ всего отбирали по 4 образца в день учета: с нижнего уровня — биотест (садок) по центру и у стенки; с верхнего уровня — биотест (садок) по центру и у стенки.

Оценку влияния озono-воздушной обработки на численность имаго проводили в лаборатории РУП «Институт защиты растений», где отобранные биотесты после экспозиции (5-е, 9-е, 14-е и 19-е сут.) озоном помещали в хладотермостат при температуре +25,0 °С и наблюдали за их состоянием. Опыт включал 4 блока. Учеты вредителя проводили в течение 2-х недель для каждого временного блока. Подсчитывали количество живых, мертвых и парализованных имаго рисового долгоносика в динамике с учетом кратности обработок.

Температурный режим +25,0 °С был выбран как оптимальный для жизнедеятельности имаго рисового долгоносика, что позволяло корректно оценить последствия воздействия озона без дополнительного стрессового влияния температуры. При каждом учете подсчитывали количество живых, мертвых и парализованных особей. Парализованных жуков выделяли как отдельную категорию с нарушенной координацией движений и отсутствием способности к нормальной активности.

Биологическую эффективность после применения озонирования определяли по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{M + \Pi}{M + \Pi + Ж} \cdot 100, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}$ – биологическая эффективность, %; M – количество мертвых вредителей, ос.; Π – количество парализованных вредителей, ос.; $Ж$ – количество живых вредителей, ос.

Таким образом, эффективность характеризовала долю особей (погибших и необратимо парализованных), относительно общего исходного количества насекомых в биотесте.

Результаты и их обсуждение. В 2025 г. по описанной выше методике произвели закладку поискового эксперимента по изучению влияния озono-воздушной обработки на численность вредителей запасов в стендовой установке металлического силоса, расположенного на территории опытного производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (г. Марьина Горка, ул. Калинина, 21). Визуализация поискового эксперимента приведена на рис. 2.

Отбор биотестов производили после завершения экспозиции озонem для образцов 1–4 через 5 сут., образцов 5–8–9 сут., образцов 9–12–14 сут. и образцов 13–16–19 сут.

Отобранные образцы извлекали из стендовой установки металлического силоса и перемещали в хладотермостат в лаборатории РУП «Институт защиты растений», где хранили при температуре +25,0 °С в течение 2-х недель (рис. 3).

Биологическую эффективность после применения озонирования определяли по формуле (1). При этом парализованные насекомые относили к мертвым, поскольку они не восстанавливали свое состояние до нормального.

Биологическую эффективность для каждого образца рассчитывали относительно текущего состояния популяции: при втором, третьем и четвертом учетах подсчет живых, мертвых и парализованных насекомых проводили без учета результатов предыдущих наблюдений.

Результаты испытаний представлены в виде детализированной таб. 3, отражающей показатели по каждому образцу с учетом экспозиции озонem и продолжительности выдерживания биотестов в термостате.

Для образцов 1–4, отобранных после 5 сут. экспозиции озонem (3 цикла по 5 часов), спустя 2 сут. после обработки наблюдали выраженный дезинсекционный эффект озона. В образце 2 (нижний слой, в центре) количество живых насекомых составило 8 особей из 50, при этом мертвых и парализованных – 42 особи, что соответствует биологической эффективности 84,0 %. Для образцов 1 и 3 (верхний и нижний слои, у стенки) эффективность была несколько ниже – 36,0 и 38,0 % соответственно, что отражает частичное воздействие озона при менее благоприятном распределении газа в толще зерна. Для образца 4 (верхний слой, в центре) эффективность достигала 60,0 %, что также указывает на преимущество центральной зоны по сравнению с краевой.

При последующем хранении в хладотермостате этих же образцов отмечали снижение биологической эффективности, рассчитанной относительно текущего состояния популяции. Так, на 4-е сут. после обработки в образце 1 в живых оставалось 29 особей из 32 ранее учтенных, мертвых – 3, эффективность составила 9,4 %. В образце 2 живыми были 6 особей из 8, эффективность – 25,0 %. Образцы 3 и 4 на 4-е сут. показывали отсутствие гибели, а на 9-е и 14-е сут. после обработки во всех четырех образцах гибель насекомых практически не фиксировалась. Это свидетельствует о том, что основной дезинсекционный эффект озона реализуется в первые дни после обработки, а последующая динамика носит стабилизационный характер.



Рис. 2. Закладка поискового эксперимента
Fig. 2. Search experiment tab



Рис. 3. Контейнеры с биотестами, помещенные в хладотермостат (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений»)
Fig. 3. Containers with bioassays placed in a refrigeration thermostat (laboratory experiment, RUE «Institute of Plant Protection»)

Т а б л и ц а 3. Результаты исследований влияния озono-воздушной обработки на численность
имаго рисового долгоносика
T a b l e 3. Results of studies on the effect of ozone-air treatment on the number of adult rice weevils

Экспозиция озоном, сут.	Сутки после обработки	Номер образца	Имаго рисового долгоносика, ос.			Э, %
			живые (Ж)	мертвые (М)	парализо- ванные (П)	
5	2	1	32	17	1	36,0
		2	8	41	1	84,0
		3	31	18	1	38,0
		4	20	29	1	60,0
	4	1	29	3	0	9,4
		2	6	2	0	25,0
		3	31	0	0	0,0
		4	20	0	0	0,0
	9	1	29	0	0	0,0
		2	6	0	0	0,0
		3	31	0	0	0,0
		4	19	0	1	5,0
	14	1	29	0	0	0,0
		2	6	0	0	0,0
		3	31	0	0	0,0
		4	19	0	0	0,0
9	0	5	37	13	0	26,0
		6	0	50	0	100
9	0	7	12	38	0	76,0
		8	29	21	0	42,0
		5	36	1	0	2,7
		6	-	-	-	-
	5	7	11	1	0	8,3
		8	27	2	0	6,9
	10	5	34	2	0	5,6
		6	-	-	-	-
		7	10	1	0	9,1
		8	27	0	0	0
	14	5	33	1	0	2,9
		6	-	-	-	-
		7	10	0	0	0
		8	27	0	0	0
14	0	9	28	22	0	44,0
		10	19	31	0	62,0
		11	11	39	0	78,0
		12	39	11	0	22,0
	5	9	22	6	0	21,4
		10	12	7	0	36,8
		11	10	1	0	9,1
		12	39	0	0	0,0
	9	9	22	0	0	0,0
		10	12	0	0	0,0
		11	10	0	0	0,0
		12	33	6	0	15,4
	14	9	19	3	0	13,6
		10	11	1	0	8,3
		11	9	1	0	10,0
		12	30	3	0	9,1
19	0	13	9	41	0	82,0
		14	0	50	0	100
		15	26	24	0	48,0
		16	10	40	0	80,0
	4	13	9	0	0	0,0
		14	-	-	-	-
		15	23	2	1	11,5
		16	10	0	0	0,0

Окончание табл. 3

Экспозиция озоном, сут.	Сутки после обработки	Номер образца	Имаго рисового долгоносика, ос.			Э, %
			живые (Ж)	мертвые (М)	парализованные (П)	
19	9	13	8	1	0	11,1
		14	-	-	-	-
		15	22	1	0	4,3
		16	10	0	0	0,0
	14	13	7	1	0	12,5
		14	-	-	-	-
		15	20	2	0	9,1
		16	10	0	0	0,0

В образцах 9–12, отобранных спустя 14 сут. экспозиции озоном (7 циклов по 5 часов), первичный учет в тот же день также выявил высокую чувствительность имаго рисового долгоносика к озону. В образце 11 (верхний слой, у стенки) было уничтожено 39 особей из 50, что показало биологическую эффективность на уровне 78,0 %. В образце 9 погибло 22 особи (44,0 %), в образце 10–31 особь (62,0 %), а в образце 12–11 особей (22,0 %). Полученные данные демонстрируют, что даже при одинаковой экспозиции озона различия в расположении биотестов приводят к значимым вариациям в дезинсекционном эффекте. При последующих учетах (на 5-е, 9-е, 14-е сут.) наблюдали постепенную стабилизацию численности: в большинстве случаев количество живых насекомых изменялось незначительно, а рассчитываемая эффективность максимально достигала до 36,8 %, что указывает на ослабление действия остаточного озона.

Наиболее высокие показатели эффективности в завершающем блоке опыта (образцы 13–16, экспозиция озоном – 19 сут. (10 циклов по 5 часов)) были зафиксированы при первичном учете. В образце 14 все 50 особей были мертвыми (эффективность 100 %), в образце 13 погибла 41 особь (82,0 %), в образце 15–24 особи (48,0 %), а в образце 16–40 особей (80,0 %). Полученные результаты подчеркивают, что при оптимальном сочетании расположения биотестов и параметров подачи озono-воздушной смеси возможно достижение практически полной гибели имаго рисового долгоносика. При повторных учетах спустя 4-е, 9-е и 14-е сут. после обработки гибель вредителя были минимальной (эффективность достигала 12,5 %), что consistently с ранее установленной тенденцией: основной поражающий эффект озона реализуется в первые сутки после обработки.

Визуальные наблюдения за погибшими и парализованными имаго, проведенные при анализе содержимого биотестов, подтвердили выраженный стрессовый характер воздействия озона: насекомые демонстрировали потерю подвижности, нарушенную координацию и последующую гибель. Фотоматериалы (рис. 4) фиксировали типичную картину массовой гибели жуков после озонирования, что хорошо согласуется с количественными данными.

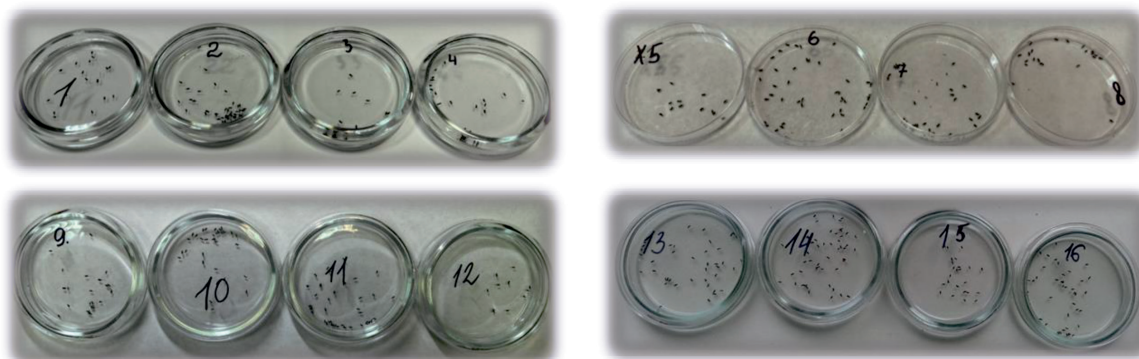


Рис. 4. Контрольные образцы биотестов имаго рисового долгоносика под влиянием озono-воздушной обработки зерна

Fig. 4. Control samples of biotests of rice weevil imago under the influence of ozone-air treatment of grain

Полученные нами данные согласуются с результатами Г. А. Закладного, согласно которым для защиты от вредителей запасов применимо использование низкой концентрации озона с повторяющимися циклами. Так, цикл длительностью до 14 ч допускает понижение концентрации до 0,02 г/м³, при этом гибель рисового долгоносика обеспечивается временем экспозиции 4 ч [14].

Заключение. Полученные результаты исследований свидетельствуют о высоком дезинсекционном эффекте озона в отношении имаго рисового долгоносика при обработке зерновой массы пшеницы. Пространственная неоднородность эффективности, выраженная в различиях между образцами по высоте и положению в диаметре экспериментальной стендовой установки металлического силоса, указывает на важность оптимизации системы распределения озono-воздушной смеси в реальных зернохранилищах. Максимальные показатели биологической эффективности (до 100 %) достигнуты в образцах, где обеспечивалась наибольшая интенсивность контакта насекомых с озоном, тогда как в менее благоприятных по газообмену зонах эффективность была ниже, полученные данные будут использоваться при совершенствовании конструкций установок и обосновании режимов озонирования с целью получения максимально равномерного дезинсекционного эффекта в полном объеме зерновой массы.

Список использованных источников

1. Бречко, Е. В. Структурные показатели сообществ членистоногих в период длительного хранения семян зерновых колосовых культур / Е. В. Бречко // Земледелие и растениеводство. – № 2. – 2025. – С. 35–40.
2. Закладной, Г. А. Вредители хлебных запасов / Г. А. Закладной // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 2–7.
3. О безопасности зерна : ТР ТС 015/2011 : срок действия с 01.07.2013. – Минск : Госстандарт, БелГИСС, 2018. – 32 с.
4. Хлопцева, Р. И. Биологическая защита зерна при хранении от вредных насекомых / Р. И. Хлопцева. – М.: ВНИИТЭИагропром. – 1988. – 57 с.
5. Санин, В. Предупредить потери хранящегося зерна от амбарных вредителей и грызунов / В. Санин, Ю. Санин // Главный агроном. – 2008. – № 11. – С. 70–72.
6. Козич, И. А. Обоснование мероприятий по защите зерна и продуктов его переработки от амбарных вредителей : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.07 / И. А. Козич ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т защиты растений. – Прилуки, 2014. – 23 с.
7. Закладной, Г. А. Путеводитель по вредителям хлебных запасов и простор как средство борьбы с ними / Г. А. Закладной, Е. А. Соколов, Е. Ф. Когтева. – М. : МГОУ. – 2003. – 107 с.
8. Закладной, Г. А. Первое обнаружение резистентности природной популяции рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) к фосфину в России / Г. А. Закладной // Энтомологическое обозрение. – 2020. – Т. 99, № 3. – С. 535–539.
9. Применение процесса озонирования в сельском хозяйстве / И. В. Баскаков [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (50). – С. 120–126.
10. Новый экологически чистый метод борьбы с вредителями мукомольного производства / З. В. Ловкис [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2005. – № 1. – С. 109–111.
11. Дезинсекция методом озонирования в мукомольном производстве / Т. П. Троцкая [и др.] // Материалы XI международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства» / Мин. сельск. хоз. и прод. Респ. Беларусь, Гродн. гос. агр. универ. – Гродно, 2008. – С. 480–481.
12. Баскаков, И. В. Влияние озонной обработки на вредителей зерна / И. В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (62). – С. 41–46.
13. Закладной, Г. А. Биологическая активность озона в отношении вредителей зерна – рисового долгоносика и амбарного долгоносика / Г. А. Закладной, Е. Ф. М. Сасед, Е. Ф. Когтева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 4. – С. 59.
14. Закладной, Г. А. Озон и зерно: монография / Г. А. Закладной ; Всерос. науч.-исслед. ин-т зерна и продуктов его переработки – Федеральный науч. центр пищевых систем им. В. М. Горбатова. – М. : Центр подготовки специалистов, 2023. – 137 с.

Информация об авторах

Бречко Елена Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории энтомологии РУП «Институт защиты растений» (ул. Мира, 2, аг. Прилуки, 223011, Минский р-н, Минская обл., Республика Беларусь).

E-mail: belizr@izr.by

Садовский Александр Александрович, кандидат технических наук, начальник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: sadouski.a@gmail.com

Корзан Сергей Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

Данилюк Александр Сергеевич, научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: newteh@belproduct.com

Кишко Ирина Константиновна, младший научный сотрудник лаборатории энтомологии РУП «Институт защиты растений» (ул. Мира, 2, аг. Прилуки, 223011, Минский р-н, Минская обл., Республика Беларусь).

E-mail: belizr@izr.by

Information about the authors

Brechko Elena Vladimirovna, PhD (agricultural), leading researcher of the entomology laboratory of the RUE «Institute of Plant Protection» (2, Mira st., agricultural settlement of Priluki, 223011, Minsk region, Republic of Belarus).

E-mail: belizr@izr.by

Sadouski Aleksandr Alexandrovich, PhD (Technical), Head of the Department of New Technologies and Technology of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sadouski.a@gmail.com

Korzan Sergey Ivanovich, PhD (Technical), Senior Researcher of the Department of New Technologies and Technology of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

Danilyuk Aleksandr Sergeyevich, Researcher of the Department of New Technologies and Technology of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: newteh@belproduct.com

Kishko Irina Konstantinovna, Junior Researcher at the Entomology Laboratory of the RUE «Institute of Plant Protection» (2, Mira st., agricultural settlement of Priluki, 223011, Minsk region, Republic of Belarus).

E-mail: belizr@izr.by

УДК 663.86

Поступила в редакцию 24.04.2026

Received 24.04.2026

В. В. Соловьёв, О. В. Вышникова, Ю. А. Шимановская*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь.***ТРЕНД MINDFUL DRINKING И ИЗМЕНЕНИЯ В КУЛЬТУРЕ
ПОТРЕБЛЕНИЯ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые факторы формирования тренда mindful drinking (осознанного потребления алкоголя) и его влияние на развитие сегмента безалкогольных и слабоалкогольных аналогов традиционных напитков. Показано, что рост категории NoLo (no-alcohol / low-alcohol) обусловлен не только ориентацией потребителей на здоровье и самоконтроль, но и стремлением сохранить социальные ритуалы потребления напитков без состояния опьянения. Систематизированы основные категории продукции, представленные на рынке: безалкогольное пиво, безалкогольное вино, безалкогольные аналоги крепких напитков и коктейльные решения. Проанализированы технологические подходы к их получению, включая прерванное брожение, использование специализированных дрожжей, вакуумную дистилляцию, обратный осмос, вращающиеся конусные колонны, а также методы мацерации, получения гидролатов и рецептурной имитации органолептического профиля. Отмечено, что для крепких безалкогольных аналогов наиболее сложной задачей остается воспроизведение «тела» напитка и сохранение комплексного ароматического профиля при удалении этанола. Обосновано, что для отечественных производителей данное направление представляет научный и коммерческий интерес, однако требует дальнейшей технологической проработки, унификации терминологии и формирования нормативной базы.

Ключевые слова: mindful drinking, NoLo, безалкогольные аналоги алкогольных напитков, деалкоголизация, вакуумная дистилляция, обратный осмос, органолептический профиль, безалкогольные напитки.

V. V. Solovyov, O. V. Vyshnikova, Y. A. Shimanovskaya*RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus***THE MINDFUL DRINKING TREND AND CHANGES
IN THE CULTURE OF ALCOHOL CONSUMPTION**

Abstract. The article examines the key drivers behind the mindful drinking trend and its impact on the development of non-alcoholic and low-alcohol alternatives to traditional beverages. The growth of the NoLo category is shown to be linked not only to health orientation and moderation, but also to the consumers' wish to preserve social drinking rituals without intoxication. The main product groups currently represented on the market are systematised: non-alcoholic beer, non-alcoholic wine, non-alcoholic alternatives to spirits, and ready-to-drink cocktail solutions. The paper analyses the technological approaches used to obtain such products, including interrupted fermentation, the use of specialised yeasts, vacuum distillation, reverse osmosis, spinning cone columns, as well as maceration, hydrosol production and formula-based sensory imitation. It is noted that for non-alcoholic spirit alternatives the main challenge remains the reproduction of body and the retention of a complex aroma profile after ethanol removal. The paper concludes that this segment is of scientific and commercial interest for domestic producers, but requires further technological research, harmonisation of terminology and development of a regulatory framework.

Keywords: mindful drinking, NoLo, non-alcoholic alternatives to alcoholic beverages, dealcoholisation, vacuum distillation, reverse osmosis, sensory profile, soft drinks.

Введение. В последние годы мировой рынок напитков демонстрирует устойчивую трансформацию, связанную с переосмыслением роли алкоголя в повседневной и социальной практике. Осознанное потребление, или mindful drinking, из нишевой поведенческой модели

постепенно превращается в значимый фактор, влияющий на ассортимент, позиционирование и технологическое развитие напитков.

Сущность данного тренда заключается не в полном отказе от алкогольной продукции как таковой, а в переходе от спонтанного и количественного потребления к более контролируемому, осмысленному и контекстному выбору. Для значительной части потребителей важными становятся здоровье, самочувствие на следующий день, калорийность напитка, психологический комфорт, а также возможность участия в социальной коммуникации без опьянения.

На этом фоне активно развивается категория NoLo (No- and Low-Alcohol), объединяющая безалкогольные и слабоалкогольные продукты. Наибольшее развитие получили безалкогольное пиво и вино, однако в последние годы быстро расширяется сегмент безалкогольных аналогов крепких напитков, который предъявляет значительно более высокие требования к технологии из-за сложности воспроизведения вкуса, аромата и текстуры исходного продукта [1, 6, 7].

Для научного анализа важно разграничивать рыночные и научные термины. Выражение «безалкогольный алкоголь» допустимо рассматривать как маркетинговое обозначение, отражающее потребительское восприятие категории, однако в научном тексте более корректно использовать термины «безалкогольные аналоги алкогольных напитков», «деалкоголизированные напитки» или «безалкогольные альтернативы крепкой алкогольной продукции».

Материалы и методы исследования. Информационной базой исследования послужили научные публикации, нормативные и аналитические материалы, посвященные развитию сегмента безалкогольных и слабоалкогольных напитков, а также технологии деалкоголизации и получения безалкогольных аналогов крепкой алкогольной продукции.

В работе использованы аналитический, сравнительный и системный методы. Аналитический метод применяли при изучении современных публикаций по тематике mindful drinking, категорий NoLo и технологических решений получения безалкогольных напитков. Сравнительный метод использовали при сопоставлении различных способов деалкоголизации и рецептурного моделирования органолептического профиля. Системный подход позволил рассмотреть рынок, потребительское поведение и технологические решения как взаимосвязанные элементы единой производственно-коммуникационной среды.

Результаты исследований и их обсуждение.

1. Mindful drinking как фактор трансформации потребительского поведения.

Тренд mindful drinking отражает более широкие изменения в модели потребления: снижение толерантности к избыточному употреблению алкоголя, повышение интереса к функциональности и качеству продукта, рост внимания к маркировке и происхождению ингредиентов. Для потребителя важным становится не только вкус напитка, но и его «смысл»: прозрачность состава, этичность производства, локальность сырья, экологичность упаковки и соответствие личным установкам на умеренность.

По данным IWSR, в десяти ключевых мировых рынках совокупная категория по/low-alcohol продолжит расти в объемном выражении в среднем на 4 % в год до 2028 г., при этом основным драйвером останется именно безалкогольный сегмент, прогнозируемый на уровне около 7 % CAGR. Дополнительный импульс росту придают более молодые покупатели и новые сценарии потребления, в которых вкус и социальный опыт становятся не менее значимыми, чем собственно отсутствие этанола. [6, 7, 8].

Сдвиги в культуре потребления подтверждаются и европейскими социологическими наблюдениями. Так, по данным ESPAD 2024, среди подростков 15–16 лет в европейских странах прослеживается долгосрочное снижение как распространенности употребления алкоголя в течение жизни, так и потребления в последние 30 дней. Хотя эти данные не могут напрямую переноситься на взрослый рынок, они указывают на изменение отношения к алкоголю у молодого поколения и на высокую вероятность дальнейшего роста спроса на альтернативные форматы [7, 8].

Т а б л и ц а 1. Подходы к обозначению продукции в сегменте NoLo

Table 1. Approaches to product labeling in the NoLo segment

Обозначение	Типичный диапазон крепости	Комментарий
«0.0 %»	Следовые количества	Используется для продукции с технически минимальным содержанием этанола; конкретные критерии зависят от юрисдикции и категории напитка
Alcohol-free / non-alcoholic	Как правило, до 0,5 %	Наиболее распространенное рыночное обозначение для безалкогольной категории.
Low-alcohol	Выше безалкогольного порога, но ниже традиционной категории	Используется для напитков с пониженным содержанием этанола

Окончание табл. 1

Обозначение	Типичный диапазон крепости	Комментарий
Dealcoholized / partially dealcoholized	Зависит от исходной категории	Подчеркивает способ получения продукта путем полного или частичного удаления спирта из готового напитка

Следует учитывать, что нормативные критерии безалкогольной продукции различаются в зависимости от страны, категории напитка и правил маркировки. Поэтому в научной и нормативной практике необходимо указывать не только рыночное обозначение, но и фактическую объемную долю этилового спирта.

2. Основные драйверы развития сегмента. Рост сегмента безалкогольных аналогов алкогольных напитков определяется совокупностью социальных, экономических и технологических факторов. К ним относятся расширение аудитории потребителей, развитие премиального позиционирования, повышение качества продукции, увеличение ее доступности в розничной торговле и HoReCa, а также распространение цифровых коммуникаций, нормализующих отказ от алкоголя в социальных ситуациях.

Особое значение приобретает понятие «осознанной социализации», при котором наличие алкогольного напитка перестает быть обязательным условием участия в общении. Это меняет структуру спроса: потребитель ожидает от безалкогольного продукта не упрощенной имитации, а полноценного вкусового и эмоционального опыта [7, 8].

Т а б л и ц а 2. Ключевые драйверы тренда mindful drinking

Table 2. Key drivers of the mindful drinking trend

Драйвер	Суть тренда	Проявление в индустрии
Здоровье и умеренность	Снижение толерантности к избыточному употреблению алкоголя, внимание к калорийности и самочувствию	Рост ассортимента NoLo, запрос на прозрачную маркировку и низкокалорийные рецептуры
Изменение установок молодого поколения	Переход от демонстративного потребления к избирательности и контролю	Расширение безалкогольных барных карт, появление новых сценариев употребления
Премиализация	Потребитель готов платить за сложный вкус, происхождение ингредиентов и качество исполнения	Развитие премиальных безалкогольных вин, спиритов и крафтовых напитков
Технологические инновации	Появление щадящих методов деалкоголизации и новых подходов к формированию органолептики	Использование вакуумной дистилляции, мембранных процессов, ботанических дистиллятов
Социальная нормализация	Отказ от алкоголя перестает восприниматься как отклонение от «нормы» поведения	Появление alcohol-free пространств, событий и коммуникации, ориентированной на mindful drinking

3. Основные категории продукции и логика их развития. Современный рынок NoLo неоднороден. Наиболее зрелой категорией является безалкогольное пиво, для которого уже отработаны как биотехнологические, так и физико-химические методы снижения содержания спирта. Безалкогольное вино развивается быстрее с точки зрения ассортимента и маркетинга, однако органолептически остается более сложным объектом, поскольку этанол непосредственно влияет на ощущение «тела», ароматическую полноту и баланс кислотности [9].

Наиболее технологически и коммерчески неоднозначной категорией являются безалкогольные аналоги крепких напитков. Здесь сочетаются два принципиально разных подхода: деалкоголизация исходного дистиллята и создание безалкогольного продукта с близким вкусоароматическим профилем без использования этанола. Второй вариант чаще характерен для ботанических напитков, ориентированных на коктейльное применение.

Т а б л и ц а 3. Сравнительная характеристика основных категорий безалкогольных аналогов

Table 3. Comparative characteristics of the main categories of non-alcoholic analogues

Категория	Типичные технологии	Преимущества	Ограничения
Безалкогольное пиво	Прерванное брожение; специальные дрожжи; вакуумная дистилляция; обратный осмос	Наиболее развитая категория; высокая узнаваемость у потребителя	Риск водянистости, остаточной сладости и упрощения вкуса

Окончание табл. 2

Категория	Типичные технологии	Преимущества	Ограничения
Безалкогольное вино	Вакуумная дистилляция; обратный осмос; вращающиеся конусные колонны	Хороший потенциал премиализации; широкое ресторанный применение	Потеря «тела», усиление кислотности, чувствительность аромата к обработке
Безалкогольные аналоги крепких напитков	Деалкоголизация дистиллятов; гидролаты; мацерация; рецептурная имитация	Новый сегмент с высокой добавленной стоимостью и маркетинговым потенциалом	Сложность воспроизведения аутентичного профиля, высокая себестоимость, недостаток стандартов
Mocktails и RTD-решения	Смешивание экстрактов, соковых основ, ботанических дистиллятов и функциональных ингредиентов	Готовность к употреблению, удобство для розницы и HoReCa	Часто смещаются в сторону безалкогольного напитка, а не аналога конкретной алкогольной категории

4. Технологические подходы к получению безалкогольных аналогов. Технологии получения безалкогольных аналогов условно можно разделить на две группы. Первая группа предполагает удаление этанола из уже сформированного напитка. Вторая группа основана на моделировании вкусоароматического профиля без использования спирта на исходном этапе.

К основным методам деалкоголизации относятся вакуумная дистилляция, мембранная фильтрация (прежде всего обратный осмос) и обработка во вращающихся конусных колоннах. [1, 3].

Вакуумная дистилляция позволяет снижать температуру кипения этанола и уменьшать термическую нагрузку на продукт. Мембранные методы обеспечивают селективное разделение компонентов, однако требуют точной настройки параметров процесса и могут сопровождаться изменением баланса летучих соединений. Конусные колонны эффективны для вина и некоторых других напитков, где важно максимально деликатно отделить и затем частично восстановить ароматический профиль [1,3].

Для крепких безалкогольных аналогов важную роль играют также мацерация растительного сырья, получение гидролатов и составление сложных многокомпонентных рецептов. Эти подходы позволяют формировать горечь, пряность, жгучесть, охлаждающий или согревающий эффект, а также имитировать бочковые, цитрусовые, травянистые и пряные оттенки. Однако без этанола сложнее воспроизвести вязкость, длительность послевкусия и интегральную «структуру» напитка [3,5].

Следовательно, технологическая задача состоит не просто в удалении спирта, а в сохранении или целенаправленном конструировании сенсорной полноты. Именно поэтому перспективным направлением является комбинирование физических методов деалкоголизации с последующей корректировкой рецептуры и сенсорной доработкой напитка [5].

5. Перспективы и ограничения для Республики Беларусь. Для отечественной пищевой промышленности рассматриваемый сегмент представляет значительный интерес по нескольким причинам. Во-первых, он соответствует общемировому тренду на умеренность и расширение ассортимента функционально ориентированных напитков. Во-вторых, развитие безалкогольных аналогов крепкой алкогольной продукции может стать новым направлением диверсификации для предприятий спиртовой и ликеро-водочной отрасли. В-третьих, наличие локального сырья, компетенций в области дистилляции и развивающегося рынка безалкогольных напитков создает предпосылки для прикладных исследований и последующего внедрения.

Одновременно сохраняются ряд ограничений: отсутствие устоявшейся терминологии и отдельных технических нормативов для данной категории, необходимость валидации методов определения остаточного этанола и профильных ароматических соединений, высокая стоимость оборудования для деалкоголизации и сложность воспроизведения органолептического профиля исходных напитков. Для рынка также критически важны грамотное позиционирование продукции и корректная коммуникация с потребителем, поскольку ожидания от категории зачастую выше, чем у традиционных безалкогольных напитков. [4, 6].

Заключение. Тренд mindful drinking отражает устойчивую трансформацию культуры потребления алкоголя и способствует расширению сегмента NoLo в мировом масштабе.

Наиболее зрелыми категориями остаются безалкогольное пиво и вино, тогда как безалкогольные аналоги крепких напитков находятся на стадии активного технологического и рыночного становления.

Ключевыми технологиями получения безалкогольных аналогов являются вакуумная дистилляция, мембранная фильтрация, использование специализированных дрожжей, а также рецептурное моделирование вкусоароматического профиля.

Для отечественных производителей развитие данного направления представляется перспективным, но требует дальнейших исследований, нормативного сопровождения и разработки технологий, обеспечивающих стабильный и узнаваемый органолептический профиль готового продукта.

Список использованных источников

1. Соловьёв, В. В. Ретроспективный взгляд на технологии производства безалкогольного пива / В. В. Соловьёв, О. В. Вышникова, Ю. А. Шимановская // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2025. – Т. 18, № 2 (68). – С. 30–39.
2. Оганнисян, В. Г. Мембранные методы деалкоголизации пива / В. Г. Оганнисян, Н. А. Петрова, Г. А. Тамазян // *Процессы и аппараты*. – 2010. – С. 157–164.
3. Таран, Н. Г. Влияние температуры процесса деалкоголизации на физико-химические показатели белых сухих вин / Н. Г. Таран, С. С. Столейникова // *Научные труды ГНУ СКЗНИИСив*. – 2013. – Т. 4. – С. 130–134.
4. Никитина, С. Ю. Аналитический контроль качества ректифицированного этанола, водок и спиртовых дистиллятов / С. Ю. Никитина, С. В. Шахов, Д. В. Пыльный, О. Б. Рудаков // *Пищевая промышленность*. – 2018. – № 6. – С. 56–60.
5. Оганесянц, Л. А. Научные аспекты производства крепких спиртных напитков из плодового сырья / Л. А. Оганесянц [и др.] // *Виноделие и виноградарство*. – 2012. – № 1. – С. 18–19.
6. IWSR. Growth of \$4bn+ Expected from No-Alcohol Category By 2028 [Electronic resource]. – 2024. – URL: <https://www.theiwsr.com/insight/growth-of-4bn-expected-from-no-alcohol-category-by-2028/> (date of access: 07.04.2026).
7. IWSR. Key Statistics and Trends for the US No-Alcohol Market [Electronic resource]. – 2025. – URL: <https://www.theiwsr.com/insight/key-statistics-and-trends-for-the-us-no-alcohol-market/> (date of access: 07.04.2026).
8. European Union Drugs Agency. New ESPAD survey results: Teen substance use down, but new risks emerging [Electronic resource]. – 2025. – URL: https://www.euda.europa.eu/news/2025/new-espad-survey-results_en. (date of access: 07.04.2026).
9. European Parliament. New measures to protect and promote the EU's wine sector [Electronic resource]. – 2026. – URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20260205IPR33615/new-measures-to-protect-and-promote-the-eu-s-wine-sector>. (date of access: 07.04.2026).

Информация об авторах

Соловьёв Виталий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела технологий спиртовой и пивобезалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: solovyoffg@gmail.com

Вышникова Ольга Владимировна, младший научный сотрудник отдела технологий спиртовой и пивобезалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: o.vyshnikova@tut.by

Шимановская Юлия Александровна, научный сотрудник отдела технологий спиртовой и пивобезалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: yuliya.sorokina.96@bk.ru.

Information about the authors

Solovyov Vitaliy Vladimirovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Alcoholic, Beer and Non-Alcoholic Beverage Technologies, RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova St., 220037 Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: solovyoffg@gmail.com

Vyshnikova Olga Vladimirovna, Junior Researcher, Department of Alcoholic, Beer and Non-Alcoholic Beverage Technologies, RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova St., 220037 Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: o.vyshnikova@tut.by

Shimanovskaya Yulia Aleksandrovna, Researcher, Department of Alcoholic, Beer and Non-Alcoholic Beverage Technologies, RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova St., 220037 Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: yuliya.sorokina.96@bk.ru.