

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

№1(71)

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 17.03.2026.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonC. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 12,09.

Тираж 100 экз. Заказ 105.

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, №1(71) 2026

Founder:

**Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center
of the National Academy of Sciences of Belarus for Food"**

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

№1(71)

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 17.03.2026
Format 60x84/8. Offset paper.
NewtonC type. Offset printing.
Printed pages 12,09.
Circulation 100 copies. Order 105.
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 and
Practical Center of the National Academy of
Sciences of Belarus for Food"

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

Ловкис З. В., Ловкис Е. З. Комментарий к научным рекомендациям по производству качественной продукции для детского питания	6
Мелещня А. В., Зайченко Д. А., Корзан С. И. Перспективы использования порошка какао-вещицы как функционального ингредиента при производстве пищевых продуктов	16
Ловкис З. В., Масанский С. Л., Рыбакова Т. М. Методика оценки устойчивости продукта питания, как товароведческой характеристики на примере кулинарных изделий из рубленого мяса	25
Шилов В. В., Журня А. А., Окулова Т. В., Батян А. Н. Анализ нутриентного профиля рациона пациентов с артериальной гипертензией.....	42
Матох С. А., Королевич Н. Г. Взаимодействие личных подсобных хозяйств с перерабатывающими организациями потребительской кооперации в Беларуси	51
Зубель В. З., Сыс И. Е., Лаптенко Н. С. Разработка и биотехнологическая оценка композиций на основе консорциумов молочнокислых бактерий и дрожжей для густой ржаной закваски	58
Гордынец С. А., Чернявская Л. А., Напреенко В. М. Технологические приемы изготовления изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического назначения	65
Ходорева О. Г., Марченко К. А., Гордынец С. А. Структурно-механические и функционально-технологические свойства субпродуктов свиных	74
Куликов А. В., Зайченко Д. А., Садовский А. А. Усовершенствование технологии производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии	82
Торган А. Б. Исследование влияния влажности теста, температуры прессующего корпуса и частоты вращения шнека на процесс формования.....	87
Урбанчик Е. Н., Шустова Л. В., Барашков А. С. Влияние режимов гидротермической обработки на выход муки из крупы гречневой пророщенной	97

CONTENTS

Lovkis Z. V., Lovkis E. Z. Commentary on scientific recommendations for the production of high-quality baby food products.....	6
Meleschenya A. V., Zaichenko D. A., Korzan S. I. Prospects for using cocoa shell powder as a functional ingredient in food production.....	16
Lovkis Z. V., Masansky S. L., Rybakova T. M. Method for assessing the sustainability of a food product as a commodity characteristic using the example of culinary products from minced meat.....	25
Shylau V. V., Zhurnia H. A., Akulava T. V., Batyan A. N. Analysis of the nutrient profile of the diets of patients with arterial hypertension.....	42
Matokh S. A., Korolevich N. G. The interaction of personal subsidiary farms with processing organizations of consumer cooperatives in Belarus.....	51
Zubel V. Z., Sys I. E., Laptsenak N. S. Development and biotechnological evaluation of compositions based on consortiums of lactic acid bacteria and yeast for thick rye sourdough.....	58
Gordynets S. A., Chernyavskaya L. A., Napreenko V. M. Technological methods for the production of cooked sausage products with reduced sodium chloride content for dietary preventive purposes.....	65
Khodoreva O. G., Marchenko K. A., Gordynets S. A. Structural and mechanical, functional and technological properties of pork by-products.....	74
Kulikou A. V., Zaichenko D. A., Sadouski A. A. Improvement of the technology of producing dry mashed potatoes by processing potato starch suspension.....	82
Torgan A. B. Study of the influence of dough moisture content, pressing barrel temperature, and screw rotation speed on the forming process.....	87
Urbanchik E. N., Shustova L. V., Barashkau A. S. The effect of hydrothermal treatment regimes on the flour yield from sprouted buckwheat groats.....	97

УДК 664:658.56

Поступила в редакцию 04.02.2026

Received 04.02.2026

З. В. Ловкис, Е. З. Ловкис*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***КОММЕНТАРИЙ К НАУЧНЫМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ КАЧЕСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ДЕТСКОГО
ПИТАНИЯ**

Аннотация. В статье проведено дополнительное разъяснение к научным рекомендациям по производству качественной продукции для детского питания, повышению их качества и безопасности. На основании анализа структуры рынка детского питания и ассортимента продуктов, созданных и производимых в Республике Беларусь, руководствуясь требованиями по показателям качества и безопасности и данными протоколов исследований продуктов детского питания сформулированы предложения о необходимости разработки технического регламента ЕАЭС «О безопасности продукции для детского питания» и технологической модернизации производств, разработке технологий и рецептур для формирования качественного и безопасного детского питания.

Ключевые слова: детское питание, качество, безопасность, стандарты, технологии, рецептура.

Z. V. Lovkis, E. Z. Lovkis*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus***COMMENTARY ON SCIENTIFIC RECOMMENDATIONS
FOR THE PRODUCTION OF HIGH-QUALITY BABY FOOD PRODUCTS**

Abstract. This article provides additional clarification on scientific recommendations for the production of high-quality baby food products and for improving their quality and safety. Based on an analysis of the baby food market structure and the range of products created and manufactured in the Republic of Belarus, guided by quality and safety requirements and data from baby food product testing protocols, proposals are formulated regarding the need to develop a EAEU technical regulation “On the Safety of Baby Food Products” and the technological modernization of production facilities, as well as the development of technologies and formulas for the production of high-quality and safe baby food.

Keywords: baby food, quality, safety, standards, technologies, formulas.

Введение. Основой формирования здоровья детей и необходимым условием является полноценное сбалансированное питание. В настоящее время выявлены значительные нарушения в структуре питания подрастающего поколения. Наиболее острой проблемой адекватной обеспеченности детей является дефицит белка, полинасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ.

Особое внимание требует организация питания детей 1-го года жизни. Чем младше ребенок, тем больший приток энергии требуется для покрытия энергетических затрат, связанных с его интенсивным ростом, развитием, обменом веществ и поддержанием основных жизненных функций. Вследствие функциональной незрелости центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта, мочеполовой и других органов и систем организма, высокой напряженностью обменных процессов, растущий организм ребенка быстро реагирует на недостаток или избыток тех или иных пищевых веществ изменениям важнейших функций – нарушением физического и психического развития, расстройством деятельности органов, несущих основную функциональную нагрузку по обеспечению обмена веществ, ослаблением естественного и формирующегося иммунитета [1].

Питание детей в организованных группах (детский сад, школа) – важнейшая проблема социальной защиты детей и подростков. В Республике Беларусь созданы условия для того, чтобы все дети могли получать горячее питание во время нахождения в детском саду и школе. Более миллиона школьников пользуются этой возможностью, что способствует их благополучию, сохранению и укреплению здоровья.

Вместе с тем, острой практической проблемой в школах является высокий уровень не съедобности (отходов) обеденной продукции, что свидетельствует о несоответствии ассортимента продуктов реальным потребностям обучающихся и приводит к экономическим потерям и снижению эффективности программ здорового питания. Ключевая причина – недостаточность системной координации между смежными отраслями (образование, здравоохранение, общественное питание), от которых объективно зависит формирование рационального ассортимента [2].

Здоровое питание должно удовлетворять детский организм в макро-нутриентах (белки, жиры и углеводы), энергии, и в микронутриентах (витамины и минералы), в соответствии с физиологическими потребностями, обеспечивать нормальное развитие и состояние детей, подростков, а также способствовать профилактике заболеваний, повышению умственной и физической работоспособности, созданию условий для адекватной адаптации к окружающей среде [3].

Научно-методическое обеспечение производства высококачественной продукции для детского питания должно быть основано на анализе структуры питания определенных возрастных групп детей, закономерностях влияния питания на алиментарный статус ребенка, оценке определенных рисков при производстве сырья, переработке и хранении продуктов детского питания.

В пищевой промышленности Республики Беларусь определены базовые отраслевые предприятия, которые должны обеспечивать детское население нашей страны высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, достаточных для формирования правильного и сбалансированного рациона питания.

На основании научных исследований в области здорового питания: мониторинга продуктов питания для детского населения, результатов доклинических и клинических исследований, разработке специализированных пищевых продуктов, работы, проводимой в школах по информированности и др. разработаны научные рекомендации по производству качественной продукции для детского питания.

Цель исследования: комплексное изучение и разработка рекомендаций по достижению качества и безопасности продукции детского питания.

Объектом исследований являлось детское питание, приобретенное в торговой сети г. Минска.

Материалы и методы исследования. Исследование проведено на комплексном применении результатов испытаний продукции детского питания по показателям качества и безопасности, результатов статистики и системного анализа. В работе приведены данные современного аналитического обзора научных публикаций за 2018–2025 гг. и собственные данные.

Результаты исследований. Безопасность продукции для детского питания и его качество изначально закладываются в стандартах и регламентах на сырье. Согласно требованиям к сырью и готовому продукту по показателям качества и безопасности разрабатываются методы испытаний, методики определения показателей, используются существующие приборы и создается новое оборудование.

Все молочное, зерновое, мясное, фруктово-овощное и другое сырье, используемое в производстве продуктов для детского питания, по содержанию токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, нитратов, радионуклидов, антибиотиков, должно соответствовать национальным требованиям, Санитарным нормам и правилам «Требования для организаций, осуществляющих производство пищевой продукции для детского питания», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 3 июня 2013 г. № 42, с изменениями и дополнениями, принятыми постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 7 сентября 2015 г. № 96, Санитарным нормам и правилам «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21 июня 2013 г. № 52 и требованиям технических регламентов Таможенного союза действующих в странах Евразийского экономического Союза (ЕАЭС): ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»; ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»; ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей»; ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию»; ТС ТР 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»; ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»; ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»; ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»; ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной

питьевой воды, включая природную минеральную»; ТР ЕАЭС 051/2021 «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки»; ГН 10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)», а также иметь документы, подтверждающие его происхождение и безопасность.

При производстве пищевых продуктов для детского питания используют сырье животного и растительного происхождения, не поврежденные механически и сельскохозяйственными вредителями и болезнями, не увядшие и не проросшие, не загрязненные и не подмороженные. Сырье по органолептическим показателям и показателям качества должно соответствовать требованиям, действующим на территории Республики Беларусь ТНПА.

Для сырья растительного происхождения обязательна информация об использовании (или отсутствии) пестицидов при возделывании культуры, фумигации тары и помещений для их хранения, борьбы с вредителями продовольственных запасов.

При производстве сырья животного происхождения не допускается применение корма, выращенного с применением агрохимикатов и ветеринарных препаратов, не зарегистрированных к использованию в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

ТР ТС 021/2012 допускает использование достаточно широкого перечня витаминов и минеральных солей при производстве пищевой продукции для детского питания. Такая продукция приобретает статус обогащенной.

На специализированную пищевую продукцию для питания детей, беременных и кормящих женщин и пищевую продукцию диетического лечебного и диетического профилактического питания детей распространяется действие ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания».

Создание и промышленное производство продуктов детского питания — процесс сложный и в значительной степени отличающийся от изготовления продукции массового потребления. Основными отличиями продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста являются значительно более жесткие требования к качеству используемого сырья и полуфабрикатов, составу изделия и контролю производства, направленные на получение безопасных и полезных продуктов. Изготовление специализированных продуктов для детей возможно только в условиях промышленного предприятия при строгом контроле используемого сырья и пищевых добавок, санитарного состояния производства, соблюдении технологических параметров, минимальном использовании ручного труда.

Статьей 8 Технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» установлен перечень сырья и рецептурных компонентов, которые не допускаются для использования в производстве продуктов для детского питания. Для придания аромата и вкуса допускается использовать только натуральные красители и пищевые ароматизаторы или ванилин.

Продукты для детского питания не должны содержать добавленного сахара более 25 %. Актуальным направлением при разработке новых видов кондитерских изделий для питания детей является поиск и введение в рецептуру натуральных ингредиентов, позволяющих снизить сахароемкость и энергетическую ценность выпускаемой продукции, не изменяя при этом ее традиционные органолептические характеристики. Одним из основных ингредиентов продуктов питания является жир.

В соответствии с ТР ТС 021/2011 при производстве изделий для детей дошкольного и школьного возраста запрещено использование гидрогенизированных жиров, масел и растительных масел с перекисным числом более 2 м/моль активного кислорода/кг жира.

Согласно требованиям ТР ТС 021/2012 и Санитарных норм и правил, при производстве продуктов питания для детей раннего возраста запрещено использовать фруктово-овощное продовольственное сырье с истекшим сроком годности, генетически модифицированное продовольственное сырье и их компоненты.

Ограничен круг пищевых добавок, которые направлены на решение технологических задач при разработке и производстве продуктов для детского питания для детей раннего возраста.

Санитарные нормы и Правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180, устанавливают требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь. Так, рекомендуемое содержание в рационе белков животного происхождения относительно общего количества белков: для детей 1–3 лет — 70 %, 4–6 лет — 65 %, 7–17 лет — 60 % и более, рекомендуемое содержание белков относительно энергетической ценности (калорийности) суточного рациона для детей старше 1 года — 12–15 %,

содержание жиров – около 30 % калорийности. Рекомендуемое содержание жиров растительного происхождения в рационе питания составляет 25–30 % от общего количества жиров, полиненасыщенных жирных кислот – 5–10 % от калорийности суточного рациона.

При расчете пищевой ценности среднесуточных наборов пищевых продуктов используются следующие размеры обобщенных потерь: для белка – 11 %, жира – 12 %, углеводов – 10 %. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для детей старше одного года (в сутки) составляют: первого года жизни – 115 ккал/кг массы тела, от 1 года до 3 лет 1200–1500 ккал, от 3 до 7 лет – 1500–2000 ккал, от 7 до 11 лет – 2100–2300 ккал, от 11 до 14 лет – 2300–2700 ккал, от 14 до 18 лет – от 2400–2600 ккал.

Производство детского питания в Республике Беларусь развивается уверенно и достаточно интенсивно. Установлено, что динамику развития данного сегмента рынка определяют три основных фактора: повышение уровня рождаемости, рост благосостояния, социально-демографические изменения. Кроме того, рост потребления детского питания был связан с принятой в республике программой «Дети Беларуси», которая направлена на повышение информированности о сбалансированном и правильном питании детей, развитии отечественного производства продуктов детского питания, изготовленных из натурального сырья в условиях «стерильного производства».

Анализ структуры рынка детского питания показывает, что наиболее весомую его долю по объему занимает сегмент пюре – 45 %, сухие молочные смеси – 21 %, а также соки и каши – 15 % и 14 % соответственно. Растет потребление такого вида продукции как печенье (3 %), чай и детская вода (1 %) [6].

На фоне улучшения демографической ситуации и появления новых разнообразных продуктов детского питания, нами сделан прогноз на среднесрочную перспективу о темпах его роста на уровне 10–15 % в год. По ценовому фактору основную долю рынка составляет продукция низкого и среднего ценового уровня, а на сегмент премиум-класса приходится около 20 %.

Анализ также показывает, что в настоящее время доля импортной пищевой продукции для детей от 1 года до 3 лет составляет около 30 % и она доминирует в сегментах сухих молочных смесей и каш, а также овощного пюре и баночных мясных (рыбных) продуктов высокого ценового уровня.

Распределение между детским питанием, произведенным в РБ и импортным питанием на рынке довольно равномерное, нет явного преобладания продукта конкретного происхождения. При этом продажи импортного питания в стоимостном выражении несколько выше, что связано, в первую очередь, с более высокой ценой.

В РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработана широкая гамма овощных, фруктовых пюре и соков, адаптированных молочных смесей, каш, кондитерских изделий, продуктов, обогащенных витаминами и микроэлементами, детской воды, мюсли, хлопьев, печенья, чая, молочных продуктов и др. Данный набор продуктов детского питания предназначен для детей, возраст которых не превышает 3 лет.

Анализ рынка детского питания показывает, что в Республике Беларусь производятся как стандартные, так и специализированные продукты для детей раннего (от 0 до 3 лет), дошкольного (от 3 до 6 лет) и школьного возраста (от 6 лет и старше), специализированные продукты для питания беременных и кормящих матерей, продукты для профилактики заболеваний. Отмечается прирост выпуска сухого детского питания на молочной основе, мясных (мясорастительных) консервов, продуктов с пониженным содержанием соли и сахара, широкая линейка кисломолочных продуктов.

В Республике Беларусь рассматриваются современные научные подходы к разработке нутриетивных стратегий, начиная с периода беременности и лактации.

Разработан и производится специализированный продукт для беременных и кормящих матерей «Беллакт Мама+», в составе которого легкоусвояемый белок, незаменимые жирные кислоты, эссенциальные компоненты, 12 витаминов, 12 микро- и макроэлементов, железо, кальций, фосфор, йод и фолиевая кислота. Все это играет особую роль в формировании здоровья ребенка в будущем. Молочные продукты, соответствующие требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», являются важнейшим компонентом питания ребенка и источником белка, кальция, витаминов группы В.

Здоровый рост и развитие ребенка обеспечивают созданные молочные смеси для детей первого года жизни «Беллакт комфорт ACTIVE», «Беллакт immuno ACTIVE», «BELLAKT PREMIUM», «BELLAKT OPTI ACTIVE» и другие, которые по своему составу и функциональным свойствам оптимально приближены к грудному молоку.

Созданы адаптированные начальные молочные смеси для питания детей с рождения до 6 месяцев, с максимальным содержанием олигосахаридов грудного молока (ОГМ) («Беллакт ОГМ»).

Клинические исследования детской молочной смеси с внесенными ОГМ в группе детей на искусственном вскармливании выявили, что ее использование приближает микробиом кишечника к микробиому младенцев, находящихся на грудном вскармливании, с более высоким содержанием бифидобактерий (особенно *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis*) и снижает уровень потенциально токсигенных *Clostridioides difficile*. Установлено, что исследуемый продукт с ОГМ способствовал развитию иммунной системы кишечника и его барьерной функции. Результаты исследования подтвердили, что смесь с комплексом ОГМ в концентрациях, сходных с естественными концентрациями в грудном молоке, обеспечивала адекватный рост и развитие младенцев, отвечала требованиям безопасности и хорошо воспринималась детьми основной группы.

В качестве положительной тенденции белорусского рынка специализированных продуктов питания следует отметить развитие производства безлактозной молочной продукции: по состоянию на октябрь 2024 г. в республике освоено производство 11 видов безлактозных молочных продуктов (молоко, кефир, сливки, сметана, йогурт, творог, сыр, масло сливочное, мороженное, сухие смеси для детского питания, напиток кисломолочный обезжиренный с высоким содержанием белка) и одного вида – с низким содержанием лактозы (йогурт).

Для питания детей раннего возраста применяют творог, кефир, биолакт, йогурт и другие кисломолочные продукты, которые нормализуют пищеварение, способствуют регуляции стула, улучшают микробиоту кишечника и иммунную систему, улучшают всасывание кальция, железа, витамина Д, уничтожают болезнетворные микробы.

По данным органолептических и физико-химических показателей, пищевой ценности кисломолочные продукты, приготовленные из смеси молока с молочной сухой деминерализованной сывороткой, на основе использования заквасок с пробиотическими свойствами, обладают повышенной пищевой ценностью за счет увеличения в их составе белков и лактозы с функциональной направленностью и могут быть рекомендованы для питания детей дошкольного и школьного возраста с хорошей переносимостью лактозы. Кисломолочные десерты (йогуртные, творожные и другие) являются одним из любимых лакомств детей и взрослых. Разработаны продукты на основе растительного сырья, обогащенные растительными белком с высокими дегустационными характеристиками.

Пищевой растительный белок способен повышать биологическую ценность продуктов питания за счет незаменимых аминокислот (АК), заменять дефицитные животные белки и улучшать показатели качества изделий. Использование белков возможно только благодаря их уникальным функционально-технологическим свойствам (ФТС).

Для детей, больных фенилкетонурией и целиакией, созданы и производятся продукты с пониженным содержанием белка: молочные, овоще-мясные консервы, хлебобулочные и кондитерские изделия.

Для детей с непереносимостью лактозы на рынке имеются продукты на молочной основе (без лактозы): молоко, кефир, сметана, творог, йогурт, мороженое, масло сливочное, сыр, сливки, напиток.

Особое место занимает консервная продукция для детского питания на плодоовощной основе: соки прямого отжима, соки восстановленные, нектары, пюре плодово-ягодные, пюре плодовоовощные, пюре с добавками, пюре и соки натуральные без сахара, пониженным содержанием сахара, плодовоовощные консервы с повышенной пищевой ценностью.

Подгруппа продукции детского питания на овощной и фруктово-ягодной основе представлена консервами. Их производят из высококачественных свежих фруктов и овощей. Готовые продукты отличаются приятными вкусовыми свойствами, наиболее благоприятными сочетаниями белков, жиров и углеводов (в соотношении 1:1:4 до 4), а также высоким содержанием витаминов, железа, фосфора и других минеральных веществ. Консервы на фруктово-ягодной и овощной основе представляют собой гомогенизированную смесь. При их изготовлении с целью корректировки органолептических характеристик продуктов, а также повышения пищевой ценности, помимо растительного сырья допускается добавление сахара, молочных и зерновых компонентов и др.

Хлеб, хлебобулочные изделия, макаронные изделия для детей, как правило обогащены минеральными веществами (селен, железо), витаминами группы В, фолиевой кислотой, пищевыми волокнами, что способствует укреплению иммунной системы и улучшению физического состояния детей.

Продукты питания для детей раннего возраста должны выпускаться в герметичной упаковке, не превышающей следующие объемы: для консервированных фруктов, овощных и фруктово-овощных, овощемолочных и овоще-зерновых пюре, жидких или пюре-образных продуктов прикорма на фруктово-молочной и фруктово-зерновой основе – 0,25 кг. Маркировка на упаковке пищевой продукции для детского питания должна содержать информацию о том, что продукт относится к продуктам питания детей.

Согласно ТР ТС 022/2011 п. 4.12 маркировка пищевой продукции не должна содержать изображение либо текстовое описание пищевой продукции, которая не содержится в потребительской упаковке или не была использована при производстве пищевой продукции или компонентов пищевой продукции, находящейся в потребительской упаковке, или вкус и (или) аромат которой не имитируются компонентами, входящими в состав пищевой продукции, находящейся в потребительской упаковке.



Рис. 1. Продукты питания, вводящие в заблуждение потребителя относительно их принадлежности к продуктам для детского питания

Fig. 1. Food products that mislead consumers regarding their classification as baby food products

Многочисленные публикации освещают проблему фальсификации пищевых продуктов. На сегодняшний день рассматривается 5 групп фальсификации продукции:

- ♦ разбавление — более дорогостоящий жидкий ингредиент разбавляется ингредиентом меньшей стоимости для уменьшения концентрации и снижения затрат на производство;
- ♦ недостоверная маркировка — на упаковке или этикетке размещена ложная информация;
- ♦ изменение состава продукта — в продукт добавляются неизвестные/незаявленные элементы;
- ♦ подмена — высокоценный ингредиент или часть продукта заменяется другим ингредиентом/частью продукта меньшей стоимости;
- ♦ сокрытие — намеренное сокрытие информации об использовании некачественных пищевых ингредиентов или продуктов;
- ♦ подделка — копирование названия бренда, фирменного дизайна, рецептуры или уникальных производственных технологий;
- ♦ производство/сбыт/обман через «серый рынок» — продажа незарегистрированной продукции.



Рис. 2. Методы и средства фальсификации продуктов питания

Fig. 2. Methods and means of food falsification

Немаловажным фактором, обеспечивающим качество и безопасность производимой продукции детского питания для детей раннего возраста, является то, что упаковка пищевой продукции для детского питания должна производиться в условиях, не допускающих загрязнение продукции на всех этапах операций с ней.

Использование упаковки для новых видов консервов для детского питания должно полностью соответствовать последним мировым и отечественным тенденциям. Идеальными для этого являются стеклянная упаковка или мягкая упаковка из комбинированных материалов, типа «пауч».

Нормы потребления витаминов и минеральных веществ детьми раннего и дошкольного возраста регламентируются Санитарными нормами и правилами, гигиеническими нормативами «Требования к потреблению пищевых веществ и энергии для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденными Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14.03.2011 г. № 16.

Проведенный анализ фактического питания детей выявил нарушения качественной и количественной продуктовой структуры, а также дисбаланс пищевых веществ в рационах питания у обследованных групп детей независимо от их пищевого статуса. Дисбаланс заключался в превышении квоты жиров за счет недостатка квоты углеводов и в превышении лимита потребления простых углеводов, насыщенных жиров, а также в недостатке поступления пищевых волокон, витаминов А, Д, группы В (тиамина, ниацина, пантотеновой кислоты, биотина, фолиевой кислоты) и кальция.

Учитывая большую социальную значимость обеспечения детей широким ассортиментом продуктов питания, доступных для граждан с разным уровнем доходов, состояние потребительского рынка находится на особом контроле государства.

Установлена зависимость специфики питания населения от демографических и экономических факторов. Значительными остаются различия в рационе питания городского и сельского населения; наблюдается зависимость калорийности питания от уровня доходов; фактическое значение удельного веса расходов на питание в структуре потребительских расходов домашних хозяйств ежегодно превышает установленный в Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года пороговый уровень (35 %). Калорийность питания домашних хозяйств в зависимости от среднедушевого дохода изменяется от 2250 ккал (низкая группа) до 2900 ккал (высшая группа).

Особую тревогу вызывают дети, проживающие в учреждениях для детей-сирот и дети, оставшиеся без попечения родителей, которые по результатам исследований относятся к группе риска по формированию недостаточности питания. Особенно это актуально для детей, имеющих поражение ЦНС. При этом адекватная оценка состояния питания у данной категории детей представляет сложности.

В мире для оценки степени соответствия количества потребляемых пищевых веществ и продуктов рекомендуемому, в расчете на 1000 килокалорий или в процентах от общей калорийности рациона, применяют индексы здорового питания (ИЗП), которые разрабатываются на основе национальных рекомендаций по здоровому питанию для населения. ИЗП применяют в США, Китае, Южной Корее, Таиланде, Вьетнаме, Малайзии и ряде европейских стран. Основным источником данных для расчетов ИЗП является метод 24-часового (суточного) воспроизведения питания и лишь в отдельных исследованиях метод анализа частоты потребления пищевых продуктов. Большая часть ИЗП основаны на оценке потребления таких групп продуктов как фрукты и овощи; мясо и мясные продукты; молоко и молочные продукты, цельнозерновые продукты. Также при разработке некоторых ИЗП учитывается потребление бобовых, орехов и семян.

В Республике Беларусь в перспективе необходимо разработать национальный индекс здорового питания.

Необходимо дальнейшее развитие теоретических и методологических основ формирования детского питания: изучение принципов, разработка технологий и биотехнологий, создание гаммы продуктов повышенного качества и безопасности (рисунок 3).

Для повышения качественных показателей продуктов детского питания необходима технологическая модернизация производств, разработка технологий и рецептов, в том числе:

- ♦ разработка оборудования (опытного) для производства сухих быстрорастворимых смесей, соков прямого отжима, кисломолочных продуктов, обогащенных энергетических продуктов;
- ♦ исследование и разработка функциональных единиц оборудования блоков дозирования, смешивания и расфасовки микронутриентов;
- ♦ витаминов и других компонентов, обеспечивающих поддержание параметров для производства профилактического и адаптированного детского питания;

- ♦ обеспечение продукции упаковкой, которая позволит сохранить ее качество и безопасность в период срока годности, создание и внедрение в производство новых упаковочных материалов, которые продлевают срок годности продукции, в том числе биоразлагаемой упаковки;
- ♦ создание конкурентоспособных технологий производства продуктов из сырья животного и растительного происхождения, профилактической и лечебной направленности для детей раннего и школьного возраста;
- ♦ создание инновационных технологий продуктов питания для детей дошкольного и школьного возраста с использованием высокотехнологичных методов обработки сырья, позволяющих обеспечить выпуск продукции функциональной направленности, контроля и регулирования качества на всех стадиях производства;
- ♦ разработка технологий широкого ассортимента быстрозамороженных мясных, мясорастительных продуктов и смесей из плодов и овощей для питания детей дошкольного и школьного возраста;
- ♦ разработка научно-обоснованных технологий производства обогащенных продуктов для беременных и кормящих женщин, обладающих высокой пищевой и биологической ценностью;
- ♦ разработка технологий производства концентратов и гидролизатов белков, углеводных компонентов (молочного сахара) из молока.



Рис. 3. Основные принципы формирования ассортимента продуктов для детского питания
Fig. 3. Basic principles for forming the range of products for baby food

Вместе с тем требуются меры по приведению в соответствие с действующим законодательством подзаконных актов и нормативных документов, прежде всего государственных стандартов как инструмента для регулирования вопросов качества и безопасности продуктов питания.

Это, в первую очередь, касается установления терминов и определений, гармонизации государственных стандартов на методы контроля с международными стандартами и Директивами ЕС; введения в стандарты показателей, обеспечивающих выявление фальсифицированной продукции методами лабораторных исследований; разработки стандартов на методы испытаний, в том числе экспрессных, позволяющих выявлять фальсифицированные и опасные для здоровья продукты, обязательное введение требований по маркировке продукции.

Анализ существующего рынка детского питания и проведенных испытаний показал, что ряд продуктов для питания детей не попадает под действующие технические регламенты таможенного союза (ЕАЭС), что затрудняет осуществление контроля за качеством и безопасностью таких продуктов. В действующих технических регламентах отсутствуют требования к показателям пищевой ценности в продуктах для питания детей раннего возраста: в продуктах прикорма на рыбной основе, в продуктах прикорма на зерновой основе (экструзионные продукты, безмолочные каши, печенье), детских травяных чаях, в продуктах прикорма на плодовоовощной основе, плодовоовощных консервах (пюре-образные продукты на фруктовой и/или овощной основе, фруктово- и/или овощемолочные и фруктово- и/или овоще-зерновые пюре), в продуктах прикорма на мясной основе; для питания детей старше 3 лет: в продуктах из рыбы и нерыбных объектов промысла, хлебобулочных, мучных кондитерских и мукомольно-крупяных изделиях, плодовоовощных консервах (пюре-образные продукты на фруктовой и/или овощной основе, фруктово-молочные и фруктово-зерновое пюре).

Кроме того, в технических регламентах отсутствуют требования в полном объеме к качеству и безопасности пищевого сырья, предназначенного для использования при производстве пищевых продуктов для питания детей.

Все вышесказанное свидетельствует о необходимости разработки технического регламента ЕАЭС «О качестве и безопасности продуктов детского питания», который обеспечил бы единую нормативную базу для контроля качества и безопасности всех продуктов детского питания.

Заключение. На маркировке продуктов детского питания отсутствует информация о количественном содержании соли, добавленного сахара и насыщенных жиров. Проведенный анализ данных Евразийского экономического союза (ЕАЭС) показал, что с целью улучшения качества пищевой продукции, снижения количества реализуемой на рынках ЕАЭС фальсифицированной пищевой продукции, необходимо ввести в Технические регламенты ЕАЭС понятие фальсифицированной пищевой продукции; расширить перечень методов, определяющих и подтверждающих подлинность пищевых продуктов, наличие в них веществ, запрещенных для использования в пищевой промышленности; на законодательном уровне закрепить принцип ответственности всех участников обращения пищевой продукции, несответствующей обязательным требованиям; ввести показатели качества пищевой продукции в технические регламенты ЕАЭС; ввести обязательное выполнение требований к качеству пищевых продуктов, приведенных в межгосударственных и государственных стандартах.

Разработанные специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» научные рекомендации по производству качественной продукции для детского питания определяют следующие элементы: анализ структуры рынка детского питания в Республике Беларусь; требования по показателям качества и безопасности продукции для детского питания; обеспечение сбалансированного питания для детей.

Разработанные научные рекомендации обеспечат научную базу для подготовки производства новых продуктов питания, что позволит осуществлять профилактику заболеваний, связанных с нарушением питания; улучшить демографическую ситуацию в стране, а также стимулировать развитие отечественного производства широкого ассортимента продукции детского питания.

Список использованных источников

1. Ловкис, З. В. Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции Республики Беларусь до 2030 года // З. В. Ловкис, Е. М. Моргунова, Е. З. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – №1(35) – С. 8–17.
2. Тутельян, В. А. Государственная политика здорового питания населения: задачи пути реализации / В. А. Тутельян, В. П. Суханов, Г. Г. Онищенко. – М.: ГЭОТАР-МЕДИА. 2009. – 234 с.
3. Масанский, С. И. Модель межотраслевых факторов качества услуги школьного питания и функций по его обеспечению / С. И. Масанский // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2023. – Т. 16, № 1(59). – С. 14–30.
4. Детское питание: Руководство для врачей / Под ред. В.А. Тутельяна, И.Я. Коня. – М.: МИА, 2017. – 784 с.
5. Гузик, Е. О. Здоровье учащихся Республики Беларусь и пути минимизации факторов риска его формирующих: [монография] / Е. О. Гузик; Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Госу-

- дарственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования». – Минск: БелМАПО, 2020. – 334 с.
6. Ловкис, З. В. Детское питание: наука, технологии, продукты / З. В. Ловкис. — Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – 355 с.
 7. Рязанова, О. А. Классификация продуктов детского питания / О. А. Рязанова// Пищевая промышленность. – 2012. – № 7 – С. 58–62.
 8. Файзулина, Р. А. Промышленные продукты прикорма в питании детей раннего возраста / Р. А. Файзулина, Е. А. Самороднова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2011. – №2 – С. 114–118.
 9. Бехтерева, М. А. Продукты прикорма промышленного производства как средство профилактики и лечения в детском возрасте / М. К. Бехтерева, А. М. Комарова, В. В. Иванова, О. А. Волохова// Фарматека для практикующих врачей. – 2017 – № 1. – С. 22–27.
 10. Исследование маркировки и продвижения готовых продуктов питания для детей до 3 лет в Российской Федерации/ Д. К. Муканеева, А. В. Концевая, А. А. Анциферова, Н. Rippin, K. Wickramasinghe, О. М. Драпкина // Профилактическая медицина. – 2022.– №25(1). – С. 54–62.
 11. Питание для каждого ребенка / Стратегия ЮНИСЕФ по питанию, 2020–2030 гг. – Детский фонд Организации Объединенных Наций. (ЮНИСЕФ), Нью-Йорк, 2020. – URL: [https://www.unicef.org/media/109796/file/%20Nutrition%20Strategy%202020-2030%20\(Document\)%20-%20Russian.pdf](https://www.unicef.org/media/109796/file/%20Nutrition%20Strategy%202020-2030%20(Document)%20-%20Russian.pdf) (дата обращения: 06.03.2024).
 12. Проект Концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года (с дополнениями и изменениями)/ З. В. Ловкис, Е. З. Ловкис, А. В. Мелешеня, И. М. Почницкая // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2023. – Т. 16, № 2 (60). – С. 8–14.
 13. Ловкис, З. В. Идентификация и продвижение продукции детского питания /под общей ред. З. В. Ловкиса //Наука, питание и здоровье: сборник научных трудов. – 2024. – С. 222–228.
 14. Конь, И. Я., Вопросы обеспечения качества и безопасности продуктов детского питания/ И. Я. Конь, Л. С. Коновалова, О. В. Георгиева // Гигиена и санитария – 2013. – №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-obespecheniya-kachestva-i-bezopasnosti-produktov-detskogo-pitaniya> (дата обращения: 08.08.2024).
 15. Ловкис, З. В. Здоровое питание детей в Республике Беларусь: стратегия, качество, инновации / З. В. Ловкис, Е. М. Моргунова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2021. – Т. 14, № 2 (52). – С. 19–29.
 16. Лилищенцева, А. Н. Формирование потребительских свойств новых пищевых продуктов/ А. Н. Лилищенцева, Н. В. Комарова. // III Международный конгресс «Наука, питание и здоровье», 24–25 июня 2021 г. – С. 345–349.
 17. Лукушкина, Е. Ф. Особенности физического развития и фактического питания детей / Е. Ф. Лукушкина, Е. Ю. Баскакина. – 2010. – № 2 (11). – С. 105–108.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович, главный научный сотрудник республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lovkis_zv@mail.ru

Ловкис Елена Зеноновна, кандидат экономических наук, начальник отдела по подтверждению соответствия РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lovkiss_ez@list.ru

Information about authors

Lovkis Zenon Valentinovich, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Researcher of the Administration of the Directorate of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: lovkis_zv@mail.ru

Lovkis Elena Zenonovna, PhD (Economics), Head of the Department for Conformity Assessment at RUE Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: lovkiss_ez@list.ru

УДК 663.918.3

Поступила в редакцию 18.02.2026

Received 18.02.2026

А. В. Мелешеня, Д. А. Зайченко, С. И. Корзан*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРОШКА КАКАОВЕЛЛЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРИДИЕНТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Работа посвящена оценке перспектив использования порошка какао-шеллы в качестве функционального ингредиента и определению рациональных условий его применения при производстве различных видов пищевой продукции. Определены потенциальные направления использования порошка какао-шеллы в составе различных пищевых продуктов, включая печенье, мороженое, сливочное масло, сгущенное молоко, какао-напиток с молоком, йогурты, а также фундучную и арахисовую пасты.

Ключевые слова: порошок, какао, какао-шелла, производство, пищевой продукт, дегустация, бальная шкала оценки.

A. V. Meleschenya, D. A. Zaichenko, S. I. Korzan*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

PROSPECTS FOR USING COCOA SHELL POWDER AS A FUNCTIONAL INGREDIENT IN FOOD PRODUCTION

Abstract. This study assesses the potential of cocoa shell powder as a functional ingredient and identifies rational conditions for its use in the production of various food products. Potential applications for cocoa shell powder in various food products, including cookies, ice cream, butter, condensed milk, cocoa drinks with milk, yogurts, and hazelnut and peanut butters, have been identified.

Keywords: powder, cocoa, cocoa shells, production, food product, tasting, rating scale.

Введение. В современных условиях развития пищевой промышленности особое внимание уделяется созданию продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью. Одним из перспективных направлений является использование нетрадиционного растительного сырья, позволяющего не только расширить ассортимент, но и повысить функциональные свойства готовых изделий. В этом контексте порошок какао-шеллы представляет значительный интерес как доступный, экологичный и богатый биологически активными веществами ингредиент.

Какао-шелла, являясь побочным продуктом переработки какао-бобов, традиционно рассматривается как отход производства. Однако многочисленные исследования свидетельствуют о высоком содержании пищевых волокон, полифенолов, минералов и антиоксидантов, что делает её ценным функциональным компонентом [1]. Использование порошка какао-шеллы в рецептурах пищевых продуктов позволяет улучшать их нутритивный профиль, снижать себестоимость и одновременно решать задачи рационального природопользования и безотходных технологий.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых функциональных ингредиентов, способных повысить качество и биологическую ценность пищевых продуктов, а также растущим интересом потребителей к здоровому питанию. Изучение свойств порошка какао-шеллы и оценка его влияния на органолептические, структурно-механические и технологические характеристики изделий открывают возможности для его

широкого применения в производстве кондитерских, хлебобулочных и молочных продуктов.

Настоящая работа посвящена оценке перспектив использования порошка какаоеллы в качестве функционального ингредиента и определению рациональных условий его применения при производстве различных видов пищевой продукции.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования использовалась какаоелла, образующаяся на производственной линии СОАО «Коммунарка». Порошок какаоеллы с различной степенью измельчения 26–1000 мкм вносили в состав различных пищевых продуктов, включая печенье, мороженое, сливочное масло, сгущенное молоко, какао-напиток с молоком, йогурты, а также фундучную и арахисовую пасты. Органолептическую оценку полученных образцов проводили с участием дегустационной комиссии, включающую специалистов отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, а также лабораторий физико-химических, токсикологических и хроматографических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Результаты и их обсуждение. На предварительном этапе исследований были определены потенциальные направления использования порошка какаоеллы в составе различных пищевых продуктов, включая печенье, мороженое, сливочное масло, сгущенное молоко, какао-напиток с молоком, йогурты, а также фундучную и арахисовую пасты.

На первом этапе работ проведены экспериментальные исследования по приготовлению печенья с порошком какао и какаоеллы с различной степенью измельчения. Исследуемые рецептурные составы печенья приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Рецептурный состав печенья
T a b l e 1. Recipe composition of cookies

Ингредиенты	Кол.	Содержание в % от общей массы
Рецептура 1		
Мука пшеничная высшего сорта	190 г	45,0
Порошок какаоеллы	20 г	4,7
Разрыхлитель	1 ч. л. (≈2 г)	0,5
Растительное масло	80 мл	18,9
Соль поваренная пищевая	0,5 г	0,1
Сахарная пудра	80 г	18,9
Яйцо	1 шт. (≈50 г)	11,9
Итого	≈ 422,5	100
Рецептура 2		
Мука пшеничная высшего сорта	156,3	56,73
Сахарная пудра	48,6	17,64
Маргарин	46,3	16,81
Порошок какаоеллы	15,7	5,70
Крахмал кукурузный	5,9	2,14
Углеаммонийная соль	1,0	0,36
Сода пищевая	1,2	0,44
Соль поваренная пищевая	0,5	0,18
Итого	275,5	100

Следует отметить, что при приготовлении теста порошок какаоеллы необходимо предварительно вводить в жидкую фазу, не смешивая его с мукой. Формованные заготовки выпекали в духовке при температуре 180 °С в течение 10–15 минут.

На рис. 1 приведены образцы печенья, полученные согласно рецептуре 1 (табл. 1) с добавлением порошка какаоеллы и какао.

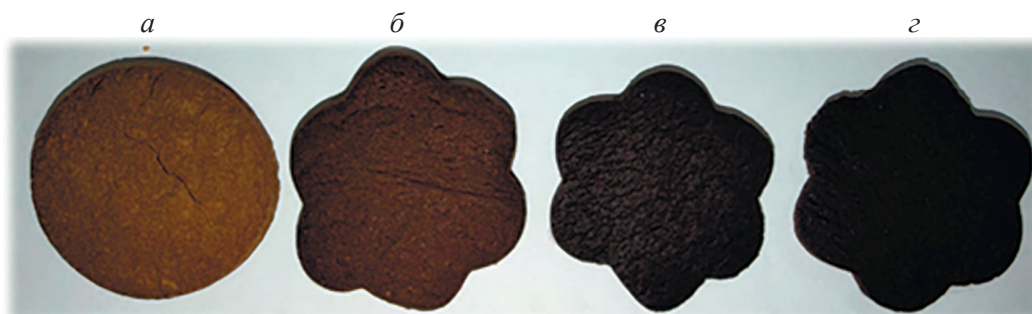


а – какаошелла 212–335 мкм; б – какаошелла 93–144 мкм; в – какаошелла 26–56 мкм; г – экструдированная какаошелла 26–56 мкм; д – какао 150–160 мкм

Рис. 1. Образцы печенья с порошком какаошеллы и какао
Fig. 1. Samples of cookies with cocoa shell and cocoa powder

Полученное печенье оценивали по органолептическим показателям, согласно требованиям СТБ 2434–2015 [2]. Анализ органолептических свойств показал, что использование порошка какаошеллы с размером частиц свыше 93 мкм при производстве печенья не рекомендуется, поскольку изделие приобретает выраженный песчаный привкус. Наиболее предпочтительным вариантом оказался порошок какаошеллы, прошедший экструзионную обработку: он придаёт печенью натуральную тоновую окраску, лёгкую горчинку, напоминающую вкус горького шоколада, а также приятный привкус, нехарактерный для какао-порошка.

Учитывая полученные результаты, далее провели пробную выпечку печенья с различным содержанием порошка экструдированной какаошеллы по рецептурам согласно табл. 1. Полученные образцы печенья приведены на рис. 2.



а – рецептура 2, какаошелла 5,7 %; б – рецептура 1, какаошелла 4,7 %; в – рецептура 1, какаошелла 10,7 %; г – рецептура 1, какаошелла 16,5 %

Рис. 2. Образцы печенья с порошком какаошеллы
Fig. 2. Samples of cookies with cocoa shell

Исследования показали, что рецептурный состав оказывает существенное влияние на внешний вид печенья, независимо от процентного содержания какаошеллы. Несмотря на то что в рецептуре 2 количество какаошеллы выше на 1 % по сравнению с рецептурой 1, изделия, приготовленные по рецептуре 1, имеют более тёмную тоновую окраску. Следует также отметить, что по рецептуре 2 печенье получили более хрупким, чем по рецептуре 1. На основании органолептической оценки образцов печенья с добавлением какаошеллы наилучшим был определен образец с содержанием какаошеллы 4,7 %.

Далее наилучший образец испытывали по показателям качества и безопасности в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Результаты испытаний приведены в табл. 2. Полученные данные, свидетельствуют о соответствии продукции требованиям безопасности согласно ТР ТС 021/2011 [3].

Т а б л и ц а 2. Сравнительная оценка показателей безопасности
T a b l e 2. Comparative assessment of safety indicators

Показатели	Требования ТР ТС 021/2011	Согласно протоколу испытаний
Массовая доля клетчатки, %	-	2,9
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	не допускается в 25 г	не обнаружено в 25 г

Окончание табл. 2

Показатели	Требования ТР ТС 021/2011	Согласно протоколу испытаний
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^2$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), г (см ³), не более	0,1	не обнаружено в 0,01 г
Плесени, КОЕ/г, не более	100	$< 1 \cdot 10^1$
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	$< 1 \cdot 10^1$
Токсичные элементы, мг/кг, не более:		
- свинец	0,5	$< 0,03$
- мышьяк	0,3	$< 0,05$
- кадмий	0,1	$< 0,01$
- ртуть	0,02	$< 0,005$
Пестициды, мг/кг, не более:		
- ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)	0,2	не обнаружено ($< 0,001$)
- ДДТ и его метаболиты	0,02	не обнаружено ($< 0,003$)
Массовая доля микотоксинов, мг/кг, не более:		
- афлатоксин В ₁	0,005	не обнаружено ($< 0,001$)
- дезоксиниваленол	0,7	не обнаружено ($< 0,2$)

Совместно с РУП «Институт мясо-молочной промышленности» проведены экспериментальные исследования по приготовлению мороженого с порошком эксрудированной какао-веллы со степенью измельчения 26–56 мкм. Были выработаны четыре вида мороженого с различным содержанием порошка какао и какао-веллы в суммарном количестве 9 % от общей массы по сухим веществам (табл. 3).

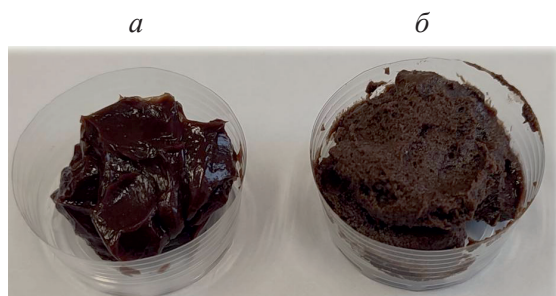
Т а б л и ц а 3. Содержание порошка какао / какао-веллы в составе мороженого
Table 3. Cocoa powder/cocoa shell content in ice cream

Номер образца	Наименование образца	Характеристика образца
1	Мороженое молочное	Содержание порошка какао / какао-веллы 6,3 % / 2,7 %
2	Мороженое молочное	Содержание порошка какао-веллы 9 %
3	Мороженое пломбир	Содержание порошка какао / какао-веллы 6,3 % / 2,7 %
4	Мороженое пломбир	Содержание порошка какао-веллы 9 %

Общий вид исследуемых образцов мороженого приведен на рис. 3.



Рис. 3. Образцы мороженого согласно табл. 3
Fig. 3. Ice cream samples according to table 3



а – масло сливочное шоколадное промышленного производства; б – масло сливочное с какао-шеллой

Рис. 4. Общий вид образцов масла сливочного
Fig. 4. General view of butter samples

Органолептическую оценку образцов мороженого проводили с участием дегустационной комиссии. Оценка внешнего вида, цвета, вкуса, запаха, структуры и консистенции проводили по 5-балльной шкале в соответствии с требованиями СТБ 1467-2017 [4]. Результаты дегустационной оценки показали, что наилучшие органолептические характеристики продемонстрировал обр. 4, получивший среднюю оценку 4,7 балла из 5. Наименьшие органолептические показатели зафиксированы у обр. 1, средний балл которого составил 4,2 из 5. Ряд дегустаторов отметили наличие в обр. 1 мучнистости, крупинчатости и песчанности, а в обр. 2 и 4 легкой горчинки.

Проведены экспериментальные исследования по приготовлению масла сливочного с порошком экструдированной какао-шеллы по рецептуре согласно табл. 4. Общий вид исследуемых образцов приведен на рис. 4.

Т а б л и ц а 4. Рецепт масла сливочного с какао-шеллой
T a b l e 4. Recipe for butter with cocoa shells

Состав	Кол.	Процентное содержание, %
Масло сливочное 72,5 %	180 г	53,7
Порошок экструдированной какао-шеллы	20 г	6,0
Сахарная пудра	45 г	13,4
Молоко питьевое 2,5 %	90 мл	26,9
ИТОГО	≈ 335	100

Органолептическую оценку образцов масла сливочного проводили с участием дегустационной комиссии. Оценка внешнего вида, цвета, вкуса, запаха и консистенции проводили по 17-балльной шкале в соответствии с требованиями ГОСТ 32899-2014 [5]. Результаты дегустационной оценки показали, что представленные образцы имели хорошие органолептические характеристики. Суммарная балльная оценка масла сливочного шоколадного промышленного производства составила 15,3 балла из 17, а сливочного масла с какао-шеллой 15,2 балла из 17. Ряд дегустаторов отметили, что образец сливочного масла с какао-шеллой обладает лучшими вкусо-ароматическими свойствами, имеет приятный шоколадный привкус, немного горчит, что касается образца сливочного масла шоколадного – у дегустаторов особого мнения не было.

Проведены экспериментальные исследования по внесению в сгущенное молоко с сахаром порошка какао и какао-шеллы (табл. 5). Общий вид исследуемых образцов приведен на рис. 5.

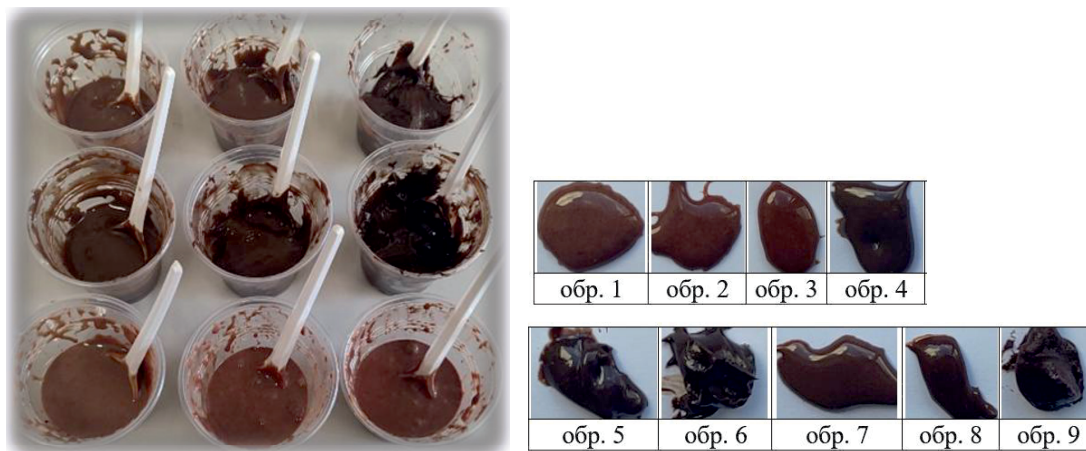


Рис. 5. Образцы сгущенного молока с сахаром, какао и какао-шеллой согласно табл. 5
Fig. 5. Samples of condensed milk with sugar, cocoa and cocoa shells according to table 5

Т а б л и ц а 5. Рецептурный состав изделия
T a b l e 5. Product recipe composition

Номер образца	Состав
Обр. 1	Сгущенное молоко 95 % + какао-порошок 5 %
Обр. 2	Сгущенное молоко 92,5 % + какао-порошок 7,5 %
Обр. 3	Сгущенное молоко 90 % + какао-порошок 10 %
Обр. 4	Сгущенное молоко 95 % + какаоветла изм. экстр. 5 %
Обр. 5	Сгущенное молоко 92,5 % + какаоветла изм. экстр. 7,5 %
Обр. 6	Сгущенное молоко 90 % + какаоветла изм. экстр. 10 %
Обр. 7	Сгущенное молоко 95 % + какаоветла изм. 5 %
Обр. 8	Сгущенное молоко 92,5 % + какаоветла изм. 7,5 %
Обр. 9	Сгущенное молоко 90 % + какаоветла изм. 10 %

Органолептическую оценку образцов сгущенного молока проводили с участием дегустационной комиссии. Оценку цвета, вкуса, запаха и консистенции проводили по 15 балльной шкале в соответствии с требованиями ГОСТ 33923-2016 [6]. Наилучшие органолептические характеристики продемонстрировал образец сгущенного молока с содержанием экстрадированной какаоветлы в количестве 5 % (Обр. 4), получивший суммарную оценку 14 баллов из 15. Наименьшую суммарную оценку по органолептическим показателям зафиксировали у образца сгущенного молока с содержанием измельченной какаоветлы в количестве 10 % (Обр. 9), получивший суммарную оценку 11,7 баллов из 15.

Проведены экспериментальные исследования по внесению в фундучную и арахисовую пасты порошка какао и экстрадированной какаоветлы (табл. 6). Общий вид исследуемых образцов приведен на рис. 6.

Т а б л и ц а 6. Рецептурный состав изделий
T a b l e 6. Product recipe composition

Вид пасты	Номер образца	Состав, %					
		паста	масло подсолн.	сахарная пудра	какао-порошок	какаоветла экстр.	какаоветла
Фундучная	обр. 1	82,6	-	7,4	10,0	-	-
	обр. 2	74,0	-	11,0	15,0	-	-
	обр. 3	65,3	-	14,7	20,0	-	-
	обр. 4	82,6	-	7,4	-	10,0	-
	обр. 5	74,0	-	11,0	-	15,0	-
	обр. 6	65,3	-	14,7	-	20,0	-
	обр. 7	100,0	-	-	-	-	-
Арахисовая	обр. 1	63,0	7,0	20,0	10,0	-	-
	обр. 2	44,5	10,5	30,0	15,0	-	-
	обр. 3	26	14	40,0	20,0	-	-
	обр. 4	63,0	7,0	20,0	-	10,0	-
	обр. 5	44,5	10,5	30,0	-	15,0	-
	обр. 6	26	14	40,0	-	20,0	-
	обр. 7	63,0	7,0	20,0	-	-	10,0
	обр. 8	44,5	10,5	30,0	-	-	15,0
	обр. 9	26	14	40,0	-	-	20,0
	обр. 10	-	23,5	45,9	-	-	30,6
	обр. 11	100,0	-	-	-	-	-

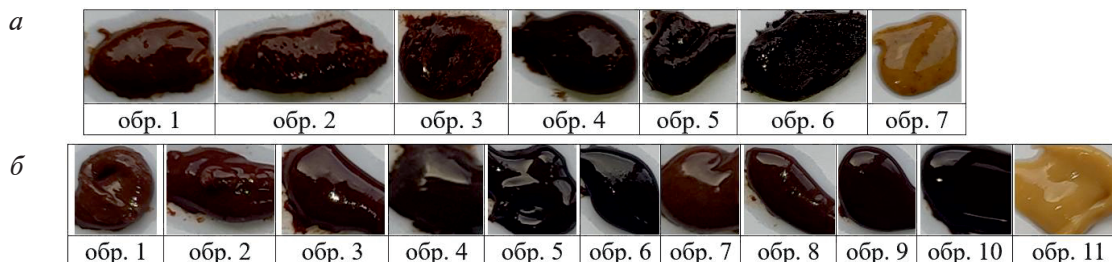


Рис. 6. Образцы фундучной (а) и арахисовой (б) паст с какао и какаоветлой согласно табл. 6
Fig. 6. Samples of hazelnut (a) and peanut (b) butter with cocoa and cocoa shells according to table 6

Органолептическую оценку образцов фундучной и арахисовой паст проводили с участием дегустационной комиссии. Оценку цвета, вкуса, запаха, структуры и консистенции проводили по 5 балльной шкале в соответствии с требованиями ГОСТ 34080-2017 [7]. Результаты дегустационной оценки позволили установить, что наилучшие органолептические характеристики продемонстрировал образец фундучной пасты с содержанием экструдированной какаоеллы в количестве 10 % (Обр. 4), получивший среднюю оценку 4,8 балла из 5. Наименьшую суммарную оценку по органолептическим показателям зафиксировали у образца фундучной пасты с содержанием экструдированной и измельченной какаоеллы в количестве 20 % (Обр. 6), получивший среднюю оценку 4,1 балла из 5. По арахисовой пасте наилучшие органолептические характеристики продемонстрировал образец с содержанием экструдированной какаоеллы в количестве 10 % (Обр. 4), получивший среднюю оценку 4,5 балла из 5. Наименьшую суммарную оценку по органолептическим показателям зафиксировали у образцах арахисовой пасты с содержанием какао-порошка (Обр. 3) и измельченной какаоеллы в количестве 20 % (Обр. 9), получившие среднюю оценку 4,1 балла из 5. Дополнительно дегустаторами оценивался образец без добавления арахисовой пасты, который получил суммарную оценку 3,4 балла из 5.

Проведены экспериментальные исследования по внесению в йогурт порошка какао и экструдированной какаоеллы, согласно табл. 7. Результаты исследований проведены на рис. 7.

Т а б л и ц а 7. Рецептурный состав изделия
T a b l e 7. Product recipe composition

Номер образца	Состав
Обр. 1	Йогурт греческий без сахара 98 % + какао-порошок 2,0 %
Обр. 2	Йогурт греческий без сахара 95 % + какао-порошок 5,0 %
Обр. 3	Йогурт греческий без сахара 98 % + какаоелла изм. экстр. 2,0 %
Обр. 4	Йогурт греческий без сахара 95 % + какаоелла изм. экстр. 5,0 %

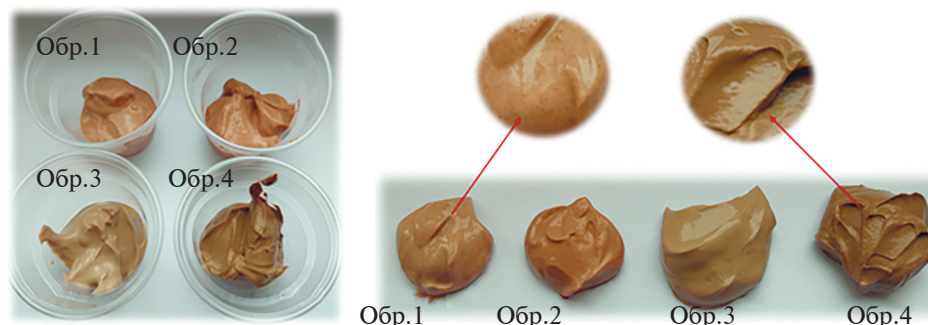


Рис. 7. Общий вид образцов йогурта с какао и какаоеллой
Fig. 7. General view of yogurt samples with cocoa and cocoa shells

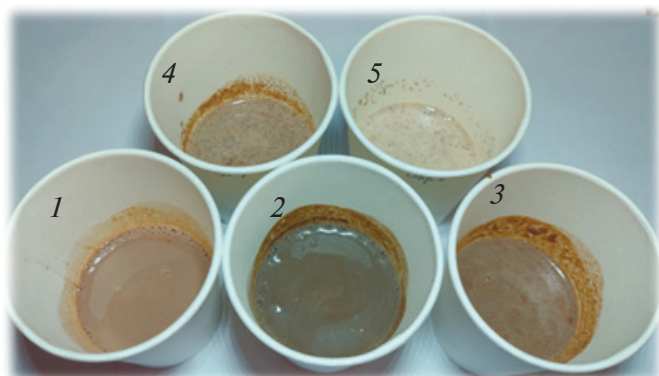
Органолептический анализ показал, что консистенция образцов однородная в меру вязкая, в обр. 1 и 2 наблюдали наличие нерастворимых частиц порошка какао. По вкусу и запаху чистые, кисломолочные, ощущали горчинку, свойственную внесенным компонентам. Цвет однородный, обусловленный цветом внесенных компонентов.

Проведены экспериментальные исследования по приготовлению напитков какао, какаоеллы с молоком согласно табл. 8. Порошок какаоеллы вносили с различной степенью измельчения. Результаты исследований приведены на рис. 8.

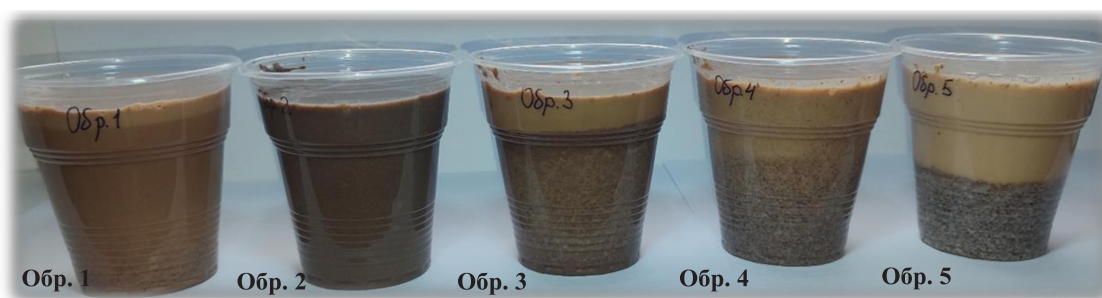
По вкусовым качествам наиболее близким к образцу напитка какао с молоком (обр. 1) приблизился обр. 3, содержащий порошок какаоеллы фракцией 50–100 мкм без дополнительной обработки. Что касается обр. 2, содержащий порошок экструдированной какаоеллы, то он имел однородную не расслаивающуюся структуру (рис. 9), однако у него присутствовал специфический привкус экструдированного изделия. В обр. 5, какаоелла фракцией 450–1000 мкм совсем не растворилась, выпала в осадок и ощущался вкус молока с сахаром и совсем немного нотки какаоеллы. В обр. 4 какаоелла находилась во взвешенном состоянии.

Таблица 8. Рецепт напитка
Table 8. Drink recipe

Состав	Кол.	Процентное содержание, %
Молоко питьевое 3,2 %	180 мл	81,8
Порошок какао / какаоветлы	15 г	6,8
Сахар	25 г	11,4
ИТОГО	≈ 220	100



1 – какао-порошок; 2 –экструдированная какаоветла 26–56 мкм; 3 – какаоветла 50–100 мкм; 4 – какаоветла 212–335 мкм; 5 – какаоветла 450–1000 мкм
Рис. 8. Общий вид образцов напитка какао, какаоветлы с молоком
Fig. 8. General view of samples of cocoa drink, cocoa shells with milk



Обр. 1 – какао-порошок; Обр. 2 – экструдированная какаоветла 26–56 мкм; Обр. 3 – какаоветла 50–100 мкм; Обр. 4 – какаоветла 212–335 мкм; Обр. 5 – какаоветла 450–1000 мкм

Рис. 9. Расслоение структуры образцов напитка спустя 30 мин
Fig. 9. Stratification of the structure of drink samples after 30 minutes

Заключение. Проведённые исследования подтвердили высокую перспективность использования порошка какаоветлы в качестве функционального ингредиента при производстве различных видов пищевых продуктов. Анализ органолептических характеристик показал, что добавление какаоветлы позволяет не только обогатить продукты пищевыми волокнами и биологически активными веществами, но и придать им новые вкусовые оттенки, улучшить цвет и сформировать оригинальные свойства, востребованные современным потребителем.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что рациональное количество порошка какаоветлы в рецептурах зависит от вида продукта и его технологических особенностей. Наиболее выраженный положительный эффект отмечен при производстве печенья, мороженого, молочных напитков, йогуртов, а также ореховых паст. В ряде случаев какаоветла способствует улучшению структуры, повышению пищевой ценности и формированию характерного вкусового профиля.

Полученные результаты подтверждают целесообразность дальнейшего изучения свойств какаоветлы и расширения направлений её применения в пищевой промышленности. Использование данного ингредиента соответствует современным тенденциям развития функциональных продуктов, принципам ресурсосбережения и безотходных технологий, что делает его внедрение актуальным и экономически оправданным.

Список использованных источников

1. Микробиологическая безопасность порошка из какаоеллы 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. Печенье. Общие технические условия = Пячэне. Агульныя тэхнічныя ўмовы : СТБ 2434-2015. – Введ. 01.05.2016. – Минск : Госстандарт, 2016. – 30 с.
3. ТР ТС 021/2011
4. Мороженое. Общие технические условия = Марожанае. Агульныя тэхнічныя ўмовы : СТБ 1467-2017. – Взамен СТБ 1467-2004 ; введ. 01.10.2017. – Минск : Госстандарт : БелГИСС, 2021. – 28 с.
5. Масло сливочное с вкусовыми компонентами. Технические условия = Масла сметанковае са смакавымі кампанентамі. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 32899-2014. – Взамен ГОСТ 6822-67 ; введ. 01.09.2016. – Минск : Госстандарт, 2016. – 28 с.
6. Консервы молочные составные сгущенные с сахаром. Технические условия = Кансервы малочныя састаўныя згущаныя з цукрам. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 33923-2016. – Введ. 01.08.2018. – Минск : Госстандарт, 2018. – 16 с.
7. Пасты десертные. Общие технические условия = Пасты дэсертныя. Агульныя тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 34080-2017. – Введ. 01.10.2017. – Минск : Госстандарт, 2017. – 22 с.

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 Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (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

¹З. В. Ловкис, ²С. Л. Масанский, ²Т. М. Рыбакова

¹РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилев, Республика Беларусь

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОДУКТА ПИТАНИЯ, КАК ТОВАРОВЕДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРИМЕРЕ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РУБЛЕНОГО МЯСА

Аннотация. Предложена и научно обоснована методика оценки здоровьесберегающего аспекта устойчивости пищевого продукта как товароведной характеристики. Данная характеристика отражает способность продукта сохранять свою пищевую ценность, качество и безопасность в течение срока хранения и употребления, тем самым удовлетворяя физиологические потребности организма. Разработана расчётная модель интегрального показателя (индекса) здоровьесберегающего аспекта устойчивости пищевого продукта (U_h). Методика апробирована на экспериментальных данных, полученных при исследовании рубленых котлет из говядины: контрольного образца и образцов с добавлением 20 % морковного, 20 % капустного и 30 % тыквенного пюре. Для расчёта предложена экспертная шкала коэффициентов весомости. На основе полученных значений U_h проведена комплексная интерпретация результатов. Результаты работы могут быть использованы для разработки нормативных и методических документов по оценке качества и устойчивости продукции в системе социального питания. Методика разработана как инструментарий этапа «Обучение» (обратная связь) в рамках межотраслевого технологического цикла формирования рационального ассортимента продуктов «Норматив – Реализация – Обучение».

Ключевые слова: устойчивость пищевого продукта, пищевая адекватность, аспект гигиенический (здоровьесбережения), товароведная характеристика, устойчивое развитие, методика оценки, кулинарные изделия.

¹Z. V. Lovkis, ²S. L. Masansky, ²T. M. Rybakova

¹RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

METHOD FOR ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF A FOOD PRODUCT AS A COMMODITY CHARACTERISTIC USING THE EXAMPLE OF CULINARY PRODUCTS FROM MINCED MEAT

Abstract. A scientifically based methodology for assessing the health-preserving aspect of food product sustainability as a commodity characteristic is proposed. This characteristic reflects a product's ability to retain its nutritional value, quality, and safety during shelf life and consumption, thereby satisfying the body's physiological needs. A calculation model for the integrated indicator (index) of the health-preserving aspect of food product sustainability (U_h) has been developed. The methodology has been tested using experimental data obtained in a study of chopped beef patties: a control sample and samples with the addition of 20 % carrot, 20 % cabbage, and 30 % pumpkin puree. An expert scale of weighting coefficients is proposed for the calculation. A comprehensive interpretation of the results is carried out based on the obtained U_h values. The results of the study can be used to develop regulatory and methodological documents for assessing the quality and sustainability of products in the social catering system. The methodology was developed as a tool for the «Training» (feedback) stage within the framework of the inter-industry technological cycle «Standard – Implementation – Training».

Keywords: food product sustainability, nutritional adequacy, hygienic aspect (health protection), commodity characteristics, sustainable development, assessment methodology, culinary products.

Введение. Современное развитие продовольственных систем ориентировано на реализацию принципов устойчивого производства и потребления, предполагающих обеспечение доступности, безопасности и качества пищевых продуктов при минимальном воздействии на окружающую среду [1, С. 5–7]. В рамках данной парадигмы важнейшее значение приобретает оценка устойчивости пищевых продуктов, рассматриваемая как их интегральная характеристика, отражающая способность сохранять потребительские свойства в условиях ограниченных ресурсов и изменяющихся условий производства и хранения.

Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, 2022), устойчивое здоровое питание определяется как питание, которое обеспечивает адекватность нутриентного состава, способствует профилактике неинфекционных заболеваний и одновременно минимизирует негативное воздействие на окружающую среду [2]. В данном подходе ключевым является акцент на измеримости показателей здорового питания через систему индикаторов, отражающих как качество рациона, так и его долгосрочные последствия для здоровья населения.

В информационном бюллетене ВОЗ «Здоровая диета» (2018) устойчивости напрямую не выделяется в качестве самостоятельного термина, однако заложена имплицитно через требования к сбалансированности рациона, ограничению насыщенных жиров, сахара и соли, а также увеличению потребления пищевых волокон [3]. Таким образом, в документах ВОЗ устойчивость питания тесно связана с понятием пищевой адекватности и профилактической направленностью питания.

В работе S. Ahmed, S. Downs, J. Fanzo (2019) устойчивость рассматривается в рамках интегративной концепции, включающей четыре взаимосвязанных измерения: здоровье человека, окружающая среда, социальная справедливость и экономическая жизнеспособность [4]. Авторы подчёркивают, что устойчивость питания не может быть корректно оценена без учета всех указанных аспектов, а сами индикаторы должны быть адаптированы к национальным условиям.

Существенный вклад в развитие количественных методов оценки устойчивости внесли работы L. Seconda et al. (2019), в которых предложен индивидуальный индекс устойчивого питания, апробированный в рамках когортного исследования NutriNet-Santé [5]. Индекс включает показатели нутриентной плотности рациона, соответствия рекомендациям по здоровому питанию, экологического воздействия (в том числе углеродного следа), социальной приемлемости питания. При этом авторы подчёркивают, что большинство индексов устойчивого питания разрабатывается на уровне рациона или диеты, а не отдельных пищевых продуктов, что существенно ограничивает их применение в товароведных исследованиях.

Обзор Burgraff et al. (2018) систематизирует априорные индексы качества питания и показывает, что основная методологическая проблема заключается в разнородности критериев, различной нормализации показателей и отсутствии унифицированных коэффициентов весомости [6]. Авторы отмечают, что большинство существующих индексов фокусируются на нутриентном составе, в то время как технологические и товароведные характеристики продукции учитываются недостаточно.

В работе Aldaya et al. (2021) предложена система индикаторов устойчивого здорового питания, включающая показатели здоровья и нутриентной адекватности, экологические индикаторы (углеродный и водный след), социально-экономические параметры доступности питания [7]. Авторы подчёркивают необходимость баланса между полнотой системы индикаторов и её практической применимостью, поскольку чрезмерное расширение перечня показателей снижает интерпретируемость итоговой оценки.

Одним из направлений устойчивого питания, обозначенных в Стратегии ФАО и ВОЗ [8, С. 18–22], является обеспечение пищевой адекватности, под которой понимается соответствие химического состава продукта физиологическим потребностям человека в энергии и эссенциальных веществах, а также способность продукта обеспечивать нормальное функционирование организма без нарушения метаболического равновесия [10].

Проведённый анализ международных и отечественных научных источников показал, что устойчивость питания трактуется как многокомпонентная категория, включающая гигиенические, экологические, социальные и экономические аспекты. В то же время большинство существующих индексов устойчивого питания ориентированы на оценку рациона и не учитывают товароведно-технологические характеристики пищевых продуктов.

В условиях организации социального питания (в учреждениях образования, здравоохранения, социальной защиты, промышленных предприятиях и пр.) обеспечение пищевой адекватности и её устойчивости приобретает особую актуальность. Рационы для школьников и других организованных контингентов населения должны гарантировать не только энергетическую, но и биологическую полноценность питания. В то же время ограниченность бюджетного финансирования и требования к санитарно-гигиенической безопасности обу-

славливают необходимость перехода к индустриальной модели производства, основанной на пространственно-временном разделении этапов приготовления и потребления пищи [11].

В этих условиях целесообразно применение методов термоконсервации, в частности метода близкриоскопического охлаждения (БКО), обеспечивающего пролонгирование сроков хранения без существенного ухудшения органолептических, физико-химических характеристик и показателей безопасности. Однако влияние БКО на устойчивость пищевых продуктов до настоящего времени изучено недостаточно, что ограничивает возможности его применения в системе социального питания.

Для преодоления указанной фрагментарности в оценке и управлении качеством продуктов социального питания в рамках настоящего исследования применяется межотраслевой технологический цикл формирования рационального их ассортимента – «Норматив – Реализация – Обучение», разработанный в качестве методологического каркаса для гармонизации междисциплинарных требований к этой деятельности. Данный цикл представляет собой замкнутую систему управления, в которой:

- ♦ этап «Норматив» предполагает установление целевых показателей качества, безопасности и пищевой ценности на основе интеграции требований нутрициологии, пищевой безопасности, технологических возможностей;
- ♦ этап «Реализация» — это процесс производства, хранения и распределения продукции, соответствующий заданным нормативам;
- ♦ этап «Обучение» в данном случае — ключевая фаза сбора и анализа данных о реальном качестве продукта на всех стадиях его жизненного цикла для корректировки «Норматива» и оптимизации «Реализации».

В рамках данного исследования выдвигается гипотеза о том, что пищевая устойчивость представляет собой интегральное свойство пищевого продукта, в рамках которого гигиенический аспект устойчивости пищевого продукта как товароведная характеристика определяется его способностью на всех этапах жизненного цикла сохранять регламентированные показатели гигиенической безопасности и биологической ценности при воздействии факторов различной природы (технологических, микробиологических и физико-химических). При этом гигиенический аспект устойчивости рассматривается не только на базовом уровне обеспечения гигиенической безопасности, но и в расширенном формате как совокупность условий, способствующих здоровьесбережению потребителя за счёт сохранения нутриентной полноценности и предотвращения формирования факторов риска. В данном контексте устойчивость выступает динамическим критерием качества пищевого продукта, позволяющим объективно оценивать стабильность его потребительских и гигиенически значимых свойств на всех этапах жизненного цикла от производства до реализации.

Актуальность выдвинутой гипотезы обусловлена современным переходом от изолированной оценки гигиенической безопасности пищевой продукции к комплексному анализу её устойчивости и роли в сохранении здоровья населения. Усложнение пищевых технологий и увеличение продолжительности жизненного цикла продуктов объективно требуют формализации гигиенического аспекта устойчивости пищевого продукта как товароведной характеристики с расширением оценки до уровня условий здоровьесбережения. В этой связи возникает необходимость разработки научно обоснованной методики оценки интегрального показателя устойчивости, обеспечивающей сопоставимость и объективность результатов на различных этапах обращения продукции.

Интегральный показатель гигиенического аспекта (здоровьесбережения) (U_h) определяется как средневзвешенное значение нормированных индикаторов, при этом весовые коэффициенты (ω_i) установлены методом экспертных оценок.

В совокупности с другими аспектами — экологическим (U_e), социальным (U_s) и экономическим (U_{ec}) — гигиеническая составляющая формирует интегральный индекс устойчивости пищевого продукта (U), отражающий его способность соответствовать принципам устойчивого и здорового питания в реальных условиях организации социального питания.

Таким образом, общая научная задача исследования заключается в обосновании и разработке методики количественной оценки гигиенического (здоровьесберегающего) аспекта устойчивости кулинарных изделий из рубленого мяса, подвергаемых термоконсервации методом близкриоскопического охлаждения, с учётом специфики их рецептурного состава и физиологических норм питания. Методика оценки устойчивости позиционируется как ключевой инструмент аналитической фазы межотраслевого технологического цикла, обеспечивающий переход от эмпирических наблюдений к обоснованным управленческим решениям. Это позволит не только повысить качество и безопасность готовой продукции, но и обеспечить научно обоснованный переход к устойчивым моделям питания в учреждениях социальной сферы Республики Беларусь.

Материалы и методы исследования. Экспериментальная часть исследования проводилась на базе учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий». Объектами исследования являлись образцы котлет из говядины, в которых пшеничный хлеб заменялся овощными пюре-полуфабрикатами (морковным, капустным, тыквенным, свекольным) в количестве 10–50 % от массы мяса, подвергавшиеся термоконсервации методом близкриоскопического охлаждения (БКО) при температуре минус $(2 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}$. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета Microsoft Excel.

Проведён обзор и критический анализ отечественных и зарубежных научных источников, регламентирующих подходы к оценке пищевой адекватности и устойчивости продовольственных систем. Используются положения методических документов ФАО, ВОЗ, а также действующих нормативных актов Республики Беларусь.

На основе анализа определена структура гигиенического аспекта (здоровьесбережения) устойчивости, включающая показатели пищевой адекватности и безопасности. Расчеты осуществлялись с применением Microsoft Excel и MathCAD.

Цель исследования. Научное обоснование и разработка методики оценки гигиенического аспекта (здоровьесбережения) устойчивости пищевого продукта как товароведной характеристики, обеспечивающей комплексную оценку показателей биологической и потребительской ценности и безопасности в рамках концепции устойчивого развития.

Результаты и их обсуждение. На основе проведенного анализа авторами выделено наиболее предпочтительное сырье для производства плодоовощных пюре-полуфабрикатов, с целью использования его для обогащения кулинарной продукции для социального питания, разработаны технологии получения плодоовощных пюре-полуфабрикатов. Разработана технологическая документация [12].

В ходе исследования в составе кулинарных изделий из рубленого мяса (котлет из говядины) осуществлялась замена традиционного наполнителя (хлеба пшеничного) овощными пюре-полуфабрикатами из свеклы, моркови, тыквы и капусты белокочанной. Необходимость замены наиболее распространенных крахмалосодержащих наполнителей, в первую очередь, хлеба, вызвана тем, что его внесение повышает кислотность фаршевой системы, увеличивает калорийность изделия, что не всегда приемлемо в социальном питании. При определенных условиях это может привести к нарушению нормальной работы желудочно-кишечного тракта [13, 14, 15]. Диапазон варьирования содержания овощных пюре-полуфабрикатов в рецептурах к массе мяса составил 0–50 % с шагом эксперимента 10. В качестве контрольного образца рассматривали изделия, приготовленные по традиционной рецептуре (котлеты (биточки) жареные) [16].

Термическая обработка осуществлялась в пароконвектомате при комбинированном двухступенчатом режиме: на первом этапе температура $130 \text{ }^\circ\text{C}$ с пароувлажнением (100 %) в течение 3–5 минут, на втором этапе – режим «жар» ($180 \text{ }^\circ\text{C}$) в течение 10–12 минут для улучшения внешнего вида изделий. Допускается при приготовлении котлет применение одностадийного режима с температурой $180 \text{ }^\circ\text{C}$ и влажностью 100 %. Расход жира на жарку снижается более чем на 50 % по сравнению с традиционной рецептурой. Объективным показателем готовности изделий являлась температура в центре изделия, которая к концу приготовления должна составлять $85 \text{ }^\circ\text{C}$.

После завершения тепловой обработки котлеты в гастроемкостях интенсивно охлаждались в течение 1,5–2 часов до температуры не более $3 \text{ }^\circ\text{C}$. Охлаждение проводилось при контроле температуры продукта во время цикла охлаждения, для чего датчик помещался внутрь продукта.

В ходе работы были определены основные функционально-технологические и физико-химические показатели для полуфабрикатов котлет до тепловой обработки, а также для готовых изделий (таблицы 1–2).

Т а б л и ц а 1. Показатели качества полуфабриката котлет с овощными пюре-полуфабрикатами
T a b l e 1. Quality indicators for the production of cutlets with semifinished vegetable purees

Наименование изделия	Количество вносимой добавки, %	Массовая доля влаги, %	pH	Липкость (адгезия), Па	Влагосвязывающая способность, ВСС, %
Котлеты (контроль)	0	$72,73 \pm 0,007$	$5,87 \pm 0,008$	$43,82 \pm 0,010$	$72,35 \pm 0,007$
Котлеты с морковным полуфабрикатом	10	$75,20 \pm 0,006$	$6,36 \pm 0,004$	$59,36 \pm 0,009$	$75,06 \pm 0,011$
	20	$76,12 \pm 0,010$	$6,41 \pm 0,005$	$60,12 \pm 0,008$	$76,07 \pm 0,011$
	30	$78,18 \pm 0,006$	$6,42 \pm 0,005$	$61,49 \pm 0,009$	$78,05 \pm 0,011$
	40	$78,95 \pm 0,011$	$6,38 \pm 0,009$	$62,52 \pm 0,010$	$78,79 \pm 0,005$
	50	$79,28 \pm 0,005$	$6,34 \pm 0,010$	$65,06 \pm 0,020$	$79,15 \pm 0,006$

Окончание табл. 1

Наименование изделия	Количество вносимой добавки, %	Массовая доля влаги, %	pH	Липкость (адгезия), Па	Влагосвязывающая способность, ВСС, %
Котлеты со свекольным полуфабрикатом	10	77,59 ± 0,007	5,38 ± 0,013	46,29 ± 0,006	77,39 ± 0,015
	20	78,30 ± 0,005	5,44 ± 0,011	47,98 ± 0,015	78,05 ± 0,015
	30	78,63 ± 0,005	5,43 ± 0,015	59,50 ± 0,016	78,38 ± 0,007
	40	79,82 ± 0,004	5,37 ± 0,007	40,12 ± 0,016	79,58 ± 0,010
	50	80,25 ± 0,012	5,30 ± 0,007	37,30 ± 0,016	79,99 ± 0,010
Котлеты с капустным полуфабрикатом	10	79,93 ± 0,016	6,10 ± 0,006	60,42 ± 0,015	79,87 ± 0,005
	20	80,10 ± 0,007	6,13 ± 0,006	64,25 ± 0,066	80,03 ± 0,010
	30	80,23 ± 0,008	6,10 ± 0,015	65,96 ± 0,005	80,16 ± 0,010
	40	80,54 ± 0,008	6,09 ± 0,016	67,42 ± 0,005	80,52 ± 0,011
	50	80,59 ± 0,007	6,09 ± 0,015	66,18 ± 0,004	80,52 ± 0,011
Котлеты с тыквенным полуфабрикатом	10	81,15 ± 0,005	5,52 ± 0,006	47,12 ± 0,007	80,85 ± 0,035
	20	81,19 ± 0,012	5,52 ± 0,010	49,99 ± 0,008	80,86 ± 0,010
	30	81,25 ± 0,013	5,53 ± 0,012	51,31 ± 0,009	80,92 ± 0,020
	40	81,30 ± 0,007	5,55 ± 0,005	51,70 ± 0,010	81,02 ± 0,007
	50	81,97 ± 0,007	5,53 ± 0,006	48,28 ± 0,007	81,58 ± 0,007

Таблица 2. Основные физико-химические показатели котлет с овощными пюре-полуфабрикатами после тепловой обработки

Table 2. The main physico-chemical parameters of cutlets with semifinished vegetable purees after heat treatment

Наименование изделия	Количество вносимой добавки, %	Выход готовых изделий, %	Влагоудерживающая способность ВУС, %	pH	Органолептическая оценка, балл
Котлеты (контрольный образец)	-	75,55 ± 0,007	56,54 ± 0,005	6,03 ± 0,008	88,5
Котлеты с морковным полуфабрикатом	10	75,96 ± 0,006	60,11 ± 0,001	6,36 ± 0,002	95,5
	20	86,74 ± 0,007	60,20 ± 0,002	6,39 ± 0,007	97,0
	30	87,29 ± 0,007	61,97 ± 0,010	6,34 ± 0,011	96,5
	40	80,38 ± 0,005	63,83 ± 0,012	6,31 ± 0,009	80,5
	50	77,65 ± 0,003	64,50 ± 0,012	6,28 ± 0,007	74,0
Котлеты со свекольным полуфабрикатом	10	70,76 ± 0,007	63,25 ± 0,002	5,88 ± 0,004	97,0
	20	76,18 ± 0,007	64,38 ± 0,002	5,77 ± 0,003	95,0
	30	83,11 ± 0,015	64,81 ± 0,011	5,75 ± 0,009	87,0
	40	85,16 ± 0,012	65,58 ± 0,003	5,73 ± 0,008	85,0
	50	85,80 ± 0,010	65,92 ± 0,004	5,60 ± 0,004	80,5
Котлеты с капустным полуфабрикатом	10	82,13 ± 0,011	60,70 ± 0,009	6,26 ± 0,009	92,5
	20	82,79 ± 0,011	60,79 ± 0,007	6,29 ± 0,007	97,0
	30	82,82 ± 0,012	60,83 ± 0,007	6,26 ± 0,007	95,0
	40	81,76 ± 0,012	60,88 ± 0,006	6,22 ± 0,006	85,5
	50	73,89 ± 0,007	60,92 ± 0,010	6,21 ± 0,003	82,0
Котлеты с тыквенным полуфабрикатом	10	76,09 ± 0,006	61,21 ± 0,003	5,92 ± 0,009	92,0
	20	78,24 ± 0,005	61,66 ± 0,003	5,99 ± 0,010	95,5
	30	82,78 ± 0,010	62,20 ± 0,003	5,87 ± 0,011	97,0
	40	78,77 ± 0,012	62,29 ± 0,009	5,85 ± 0,004	94,0
	50	77,61 ± 0,013	62,34 ± 0,003	5,84 ± 0,007	92,0

Среди показателей качества мясных изделий из рубленого мяса значительная роль отводится величине активной кислотности (pH), которая, воздействуя на структуру белка, влечет за собой изменение его растворимости и гидрофобности, тем самым влияет на важную функционально-технологическую характеристику фаршей – влагоудерживающую способность (ВУС). Величина pH фарша должна находиться в пределах 5,6–6,3. Значения pH в указанной области исключает активное состояние внутриклеточных ферментов катепсинов. С учетом смещения изоэлектрической точки белки мышечной ткани, находящиеся в фарше, приобретают необходимую влагосвязывающую способность [17].

Анализ полученных данных показывает, что pH полуфабрикатов котлет с овощными пюре-полуфабрикатами в составе либо увеличивался по отношению к контрольному образцу на 5,8–9,7 % (с тыквенным и свекольным пюре-полуфабрикатом), либо снижался на 4,4–9,3 % (с капустным и морковным полуфабрикатом).

В зависимости от величины рН изменяется липкость (адгезия) и водосвязывающая способность (ВСС) [18]. Полуфабрикаты котлет с овощными пюре-полуфабрикатами в составе характеризовались повышенной водосвязывающей способностью по сравнению с контрольным образцом.

Одной из важных реологических характеристик пищевых продуктов является адгезия (липкость), которая характеризует вязко-пластические свойства фарша. По результатам исследований установлено, что введение овощных пюре-полуфабрикатов приводит к усилению адгезии. Наибольшими адгезионными свойствами относительно контрольного образца обладают опытные образцы с внесением 40 % морковного, капустного, тыквенного пюре-полуфабриката, 30 % свекольного, что выше на 42,67 %, 17,98 %, 56,86 % и 35,78 % соответственно. Можно предположить, что возрастание адгезии указывает на то, что происходит более прочное взаимодействие дисперсной фазы и дисперсионной среды, возможно, образование белково-полисахаридных комплексов, что улучшает структуру фарша, консистенцию, сочность готового изделия.

По сравнению с контролем полуфабрикаты котлет с овощными пюре-полуфабрикатами в составе обладают повышенной ВУС, что в свою очередь обуславливает минимальные потери при тепловой обработке и высокий выход готовых изделий.

Сохранность массы котлет после тепловой обработки полуфабрикатов характеризуют потери воды и пищевых веществ. Самая высокая сохранность массы отмечается в котлетах при внесении не менее 30 % пюре-полуфабрикатов и составляет 82,78–87,29 % в зависимости от вида овощного пюре-полуфабриката, что обусловлено высокой ВСС фарша по сравнению с контрольным образцом и меньшими потерями влаги при тепловой денатурации белков. Сохранность массы контрольного образца значительно меньше ($75,55 \pm 0,007 \%$), что связано с более интенсивным испарением влаги в процессе тепловой обработки.

Органолептические свойства имеют приоритетное значение, поэтому их учитывали при определении оптимального содержания овощных пюре-полуфабрикатов в рецептурах. Органолептическая оценка котлет проводилась по пятибалльной шкале с учетом коэффициента весомости. Определено, что оптимальным является содержание морковного и капустного пюре-полуфабриката в количестве 20 % к массе мяса, тыквенного – 30 % (рисунок 1). Однако, пюре из свеклы в количестве более 10 % к массе мяса существенно снижает органолептическую оценку, придает изделиям нехарактерный красноватый оттенок.

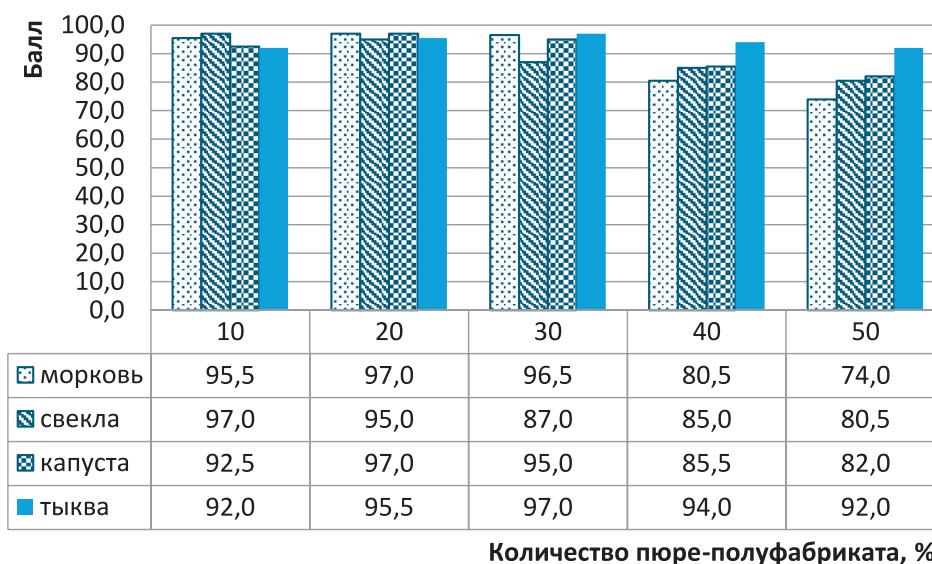


Рис. 1. Органолептическая оценка котлет с овощными пюре-полуфабрикатами в составе
 Fig. 1. Organoleptic evaluation of cutlets with semifinished vegetable purees

Результаты исследований показали целесообразность использования морковного (20 %), капустного (20 %) и тыквенного (30 %) пюре-полуфабрикатов в технологии кулинарных изделий из рубленого мяса. При этом выход готовых изделий увеличился на 11–13 %, а влагосвязывающая способность — на 8–10 %. Уровень рН оставался в пределах 5,8–6,4, что способствовало высокой структурной стабильности фарша. Экспериментально установлено

улучшение органолептических и функционально-технологических свойств исследуемых изделий по сравнению с контрольным образцом.

Основываясь на принципах пищевой комбинаторики и результатах проведенных исследований разработаны технологические карты на котлеты с пюре-полуфабрикатом из моркови, капусты, тыквы. Технологические режимы кулинарной обработки для предлагаемых рецептов определены в ходе контрольных исследований.

Методика расчёта гигиенического аспекта устойчивости. Авторами предложена методика оценки устойчивости кулинарной продукции (на примере мясных изделий), которая представляет собой комплексный подход, учитывающий экологическую, социальную и экономическую устойчивость помимо традиционных товароведно-технологические характеристик. Она обеспечивает формализацию обратной связи о качестве и устойчивости продукции, необходимую для корректировки «Норматива» (рецептур, стандартов) и оптимизации «Реализации» (технологических процессов) в рамках единого межотраслевого цикла формирования ассортимента.

Методика разработана с учётом рекомендаций ВОЗ, FAO/INFOODS [19, 20], национальных нормативов [19, 20], а также научных публикаций в области нутрициологии и гигиены питания [21, 22] и предназначена для комплексной оценки кулинарной продукции (на примере мясных изделий), учитывая ключевые нутриентные, физиолого-биохимические и функциональные аспекты, отражающие современный подход к здоровому и устойчивому питанию в условиях массового и социального питания.

Для оценки устойчивости кулинарных изделий из рубленого мяса определены основные показатели, приведенные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3. Группировка индикаторов устойчивости кулинарной продукции
Table 3. Grouping indicators of culinary sustainability

Группа показателей устойчивости	Характеристика	Индикаторы устойчивости	
		групповые	единичные
Гигиенические (здоровьясбережения)	Обеспечение доступности питательных и здоровых продуктов для всех	пищевая адекватность (сбалансированность)	показатели биологической ценности белка, липидов, содержания пищевых волокон, коэффициенты рациональности минерального, витаминного, рецептурного составов
		безопасность	микробиологические показатели, содержание потенциально опасных веществ
Экологические	Минимизация воздействия на окружающую среду (выбросы, отходы, использование ресурсов, сохранение биоразнообразия)	сохраняемость	показатели свежести, показатели стабильности липидов, органолептические показатели
		углеродный след	региональное сырье, сезонные продукты, углеродный след блюда, кг CO ₂ -экв.
Социальные	Поддержка местных сообществ, этические практики	массовое производство, пищевая плотность, нутриентная цена	
Экономические	Обеспечение долгосрочной жизнеспособности производства и прибыльности для производителей	себестоимость, долгосрочная рентабельность за счет энергосберегающих технологий и устойчивых цепочек поставок	

Отбор частных индикаторов является важнейшим этапом при разработке методики оценки устойчивости пищевого продукта и является сложной задачей, так как если отслеживать слишком мало показателей, то важнейшие детали могут остаться незамеченными, при этом,

если будет выделено слишком много показателей, сбор и обработка данных станут ресурсоемкими, а итоговая оценка – сложной для интерпретации [25].

Для каждого из основных показателей (аспектов) разработана номенклатура индикаторов (групповых и единичных), которые предусматривают как количественную, так и качественную оценку. Для каждого индикатора определены критерии, которые являются основой для его оценки. Важным является использование интегрального коэффициента устойчивости, который учитывает весомость каждого индикатора, и позволяет проводить точную диагностику уровня устойчивости кулинарной продукции (U) в зависимости от их влияния на различные аспекты устойчивого развития (формула 1).

$$U = \omega_h \cdot U_h + \omega_e \cdot U_e + \omega_s \cdot U_s + \omega_{ec} \cdot U_{ec}, \quad (1)$$

где U_h – гигиенический (здоровьесбережения); U_e – экологический; U_s – социальный; U_{ec} – экономический.

Рекомендуемые коэффициенты весомости (по экспертным данным): $\omega_h=0,4$, $\omega_e=0,25$, $\omega_s=0,2$, $\omega_{ec}=0,15$.

Гигиеническая (здоровьесбережение) устойчивость отражает способность пищевого продукта обеспечивать безопасность (U_{sfy}) и физиологические потребности человека в основных пищевых веществах (пищевую адекватность) (U_{an} , adequate nutrition) в течение всего жизненного цикла продукта – от производства до момента потребления и является **базовым компонентом интегральной оценки устойчивости пищевого продукта (U)**, так как отражает прямое влияние продукта на здоровье и благополучие потребителя. Его значение формирует весомую часть интегрального коэффициента и вносит наибольший вклад в итоговую оценку устойчивости продукта, что подтверждает его приоритетное значение при разработке и товароведной оценке кулинарной продукции в системе социального питания.

Под пищевой адекватностью (сбалансированностью) будем понимать уровень соответствия нутриентного состава физиологической норме питания определенной (заданной) группы населения. Развитие критериев оценки сбалансированности продуктов привело к разработке комплекса математических зависимостей, отражающих отдельные качественные оценки нутриентной сбалансированности многокомпонентных продуктов питания [26, 27, 28].

Критерием пищевой адекватности (сбалансированности) предлагается считать интегральный показатель качества (U_{an} , дол. ед.), который в математическом выражении представляет собой итоговый расчетный параметр, формирующийся из единичных показателей качества (индикаторов): аминокислотного состава (U_a), жирнокислотного состава (U_l), витаминного состава (U_v), минерального состава (U_m), рецептурного состава (U_r), содержание пищевых волокон (U_{df} - введен впервые).

Интегральный показатель пищевой адекватности (сбалансированности) (U_{an} , дол. ед.) рассчитывается как обобщенная функция по формуле (2) с учетом функции желательности Харингтона, как среднегеометрическое значение от частных индексов сбалансированности,

$$U_{an} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_i} = \sqrt[n]{U_a \cdot U_l \cdot U_v \cdot U_m \cdot U_{df} \cdot U_r}. \quad (2)$$

Согласно приведенной формуле, интегральный показатель стремится к 1, если единичные показатели (индикаторы) близки к эталонным значениям. Каждому индикатору (единичному показателю) присваивается частный балл желательности (по шкале Харингтона). Частные индексы сбалансированности рассчитываются как среднее геометрическое значение по формулам (3–7).

Индикатор сбалансированности аминокислотного состава (U_a) рассчитывался как индекс незаменимых аминокислот или индекс Осера (ИНАК, ENAI), отражающий сбалансированность белкового состава относительно эталона FAO/WHO (2011) [29, 30].

$$U_a = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_{3i}} \right)}, \quad (3)$$

где n – число незаменимых аминокислот; A_i – содержание аминокислоты в 100 г исследуемого белка, мг; A_{3i} – содержание аминокислоты в 100 г «эталонного» белка, мг.

Индикатор сбалансированности жирнокислотного состава (U_l) рассчитывали как **коэффициент рациональности жирнокислотного состава по** наиболее распространённой формуле, предложенной в

научных публикациях по нутрициологии (в т. ч. по работам Покровского А. А., Тутельяна В. А., Белоусова А. Р. и др.).

$$U_l = \frac{\sum \text{ПНЖК} + \sum \text{МНЖК}}{\sum \text{НЖК}}, \quad (4)$$

где ПНЖК – сумма полиненасыщенных жирных кислот (омега-3 и омега-6); МНЖК – сумма мононенасыщенных жирных кислот (например, олеиновая); НЖК – сумма насыщенных жирных кислот (пальмитиновая, стеариновая и др.); все значения – в граммах на 100 г липидов (или в % от общего содержания жиров).

В качестве индикаторов сбалансированности минерального и витаминного составов использовались коэффициенты рациональности (U_v , U_m), отражающие отношение фактического содержания нутриентов к физиологическим нормам [30].

Индикатор сбалансированности рецептурного состава (U_r) рассчитывается по формуле (6).

$$U_{m(v)} = \sqrt[n]{\prod_j^n = 1 \left(\frac{M_i}{M_{\text{э}i}} \right)} \quad (5)$$

$$d_{M_i} = \begin{cases} \frac{M_i}{M_{\text{э}i}}, M_i \leq M_{\text{э}i} \\ \left(\frac{M_i}{M_{\text{э}i}} \right)^{-1}, M_i > M_{\text{э}i}, \end{cases} \quad (6)$$

где n – количество макро- и микроэлементов (витаминов), по которым проводится оценка; M_i – массовая доля i -го макро- и микроэлемента (витамина) в образце продукта, мг (мкг) 100 г; $M_{\text{э}i}$ – массовая доля i -го макро- и микроэлемента (витамина) эталона, мг(мкг)100 г.

Индикатор сбалансированности рецептурного состава (U_r) рассчитывается по формуле (7).

$$U_r = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{R_j}{AR_{\text{э}j}} \right)}, \quad (7)$$

где n – количество оцениваемых макронутриентов (белки, жиры, углеводы); R_j – массовая доля j -го макронутриента в продукте, мг, %; $AR_{\text{э}j}$ – массовая доля j -го макронутриента (белка, жира, углеводов), соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг, %.

Индикатор сбалансированности содержания пищевых волокон (U_{df}) отражает долю пищевых волокон от рекомендованного уровня. Физиологическая потребность в пищевых волокнах для детей старше 1 года составляет 10–22 г/сутки, для взрослого человека 20–25 г/сутки или 10 г/1000 ккал.

При проведении расчетов авторами в качестве эталонных значений приняты значения, соответствующие «идеальному» пищевому продукту (таблица 4). Количество химических веществ в 100 г «идеального» продукта рассчитано по методике, предложенной Дорохович А. Н. [32] на основе иерархического метода для возрастной группы 11–14 лет.

Т а б л и ц а 4. Модель химического состава «идеального» пищевого продукта для возрастной группы 11-14 лет*

Table 4. A model of the chemical composition of an «ideal» food product for the age group of 11-14 years

Показатели	Нормы физиологических потребностей [16, 17]				Количество химических веществ (г, мг) в 100 г «идеального» продукта
	Мальчики (РФ)	Девочки (РФ)	Мальчики (РБ)	Девочки (РБ)	
Энергия, ккал	2500	2300	2400-2700	2300-2500	459
1 Белок, г	75	69	84-102	81-94	17,7
в т.ч. животный, %	60		51-61	49-56	
незаменимые аминокислоты, г					6,37
заменимые аминокислоты, г					11,33
2 Жиры, г	83	77	80-96	77-89	15,75
насыщенные жирные кислоты, г					5,25
мононенасыщенные жирные кислоты, г					5,25

Окончание табл. 4

	Показатели	Нормы физиологических потребностей [16, 17]				Количество химических веществ (г, мг) в 100 г «идеального» продукта
		Мальчики (РФ)	Девочки (РФ)	Мальчики (РБ)	Девочки (РБ)	
	полиненасыщенные жирные кислоты, г:					5,25
	ω-6					4,73
	ω-3:					0,53
	ДГК, мг	-		нет данных		
	ДГК + ЭПК, мг	250		нет данных		
	Холестерин, мг	<		нет данных		
4	Углеводы, г	363	334	324-378	311-350	65,66
	моно- и дисахариды, г					16,42
	органические кислоты, г					3,28
	Полисахариды (без учета пищевых волокон), г					49,25
	Пищевые волокна, г	20		нет данных		3,59
5	Витамины					
	Витамин С, мг	70	60	70	60	11,9
	Витамин В ₁ , мг	1,3		1,3		0,22
	Витамин В ₂ , мг	1,5		1,5		0,26
	Витамин В ₆ , мг	1,7	1,6	1,7	1,6	0,29
	Ниацин, мг ниацин.эquiv.	18,0		18,0		3,06
	Витамин В ₁₂ , мкг	3,0		3,0		0,51
	Фолаты, мкг	300-350		300		51
	Пантотеновая кислота, мг	3,5		3,5		0,60
	Биотин, мкг	25		25		4,25
	Витамин А, мкг ретинол.эquiv.	1000	800	1000	800	170
	Витамин Е (α-токоферол), мг ток.эquiv.	12,0		12,0		2,04
	Витамин D, мкг	15		10,0		1,7
	Витамин К, мкг	80	70	80	70	13,6
6	Минеральные вещества					
	Кальций, мг	1200		1200		204
	Фосфор, мг	900		1200		204
	Магний, мг	300		300		51
	Калий, мг	2500		1500		255
	Натрий, мг	1100		нет данных		187
	Хлориды, мг	1900		нет данных		323
	Железо, мг	12,0	15,0	12,0	15,0	2,04
	Цинк, мг	12,0		15,0	12,0	2,55
	Йод, мкг	130		0,13	0,15	22,1
	Медь, мг	0,8		0,8		0,14
	Марганец, мг	2,0		нет данных		0,34
	Молибден, мкг	45		нет данных		7,65
	Селен, мкг	40		40		6,8
	Хром, мкг	25		25		4,25
	Фтор, мг**	2,2	2,3	4,0		0,68

* При организации питания в организованных коллективах потребности старших возрастных групп в энергии и пищевых веществах, имеющие деление по половому признаку, следует рассчитывать по большему значению.

** Адекватный уровень потребления.

Показатели, характеризующие биологическую ценность белка исследуемых образцов, проводили в сравнении с эталонным белком согласно рекомендациям Продовольственного комитета Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ, 2011). В качестве эталона использовали идеальный

белок ФАО/ВОЗ. Эталонный белок представляет собой идеально сбалансированный по аминокислотному составу теоретический белок, в котором скор по каждой из незаменимых аминокислот по данным утвержденным ФАО/ВОЗ в 1973 г. и уточненным в 1985 г., а позднее в 2007 г. и 2011 г., равен 100 % [14, 15, 33].

Аминокислотный состав котлет ПОК в составе представлен полным комплексом незаменимых аминокислот, что свидетельствует о высокой биологической ценности белка. Расчеты параметров биологической ценности белка, показали, что в исследуемых образцах содержится белок, сбалансированный по аминокислотному составу и содержащий все незаменимые аминокислоты (таблица 5).

Т а б л и ц а 5. Показатели биологической ценности белка котлет с овощными пюре-полуфабрикатами
T a b l e 5. Indicators of the biological value of the protein of cutlets with semifinished vegetable purees

Наименование аминокислот	Содержание аминокислот, г в 100 г белка продукта					АКС, %			
	Эталонный белок ФАО/ВОЗ [24]	А белка продукта				котлеты (контрольный образец)	котлеты с морковным полуфабрикатом	котлеты с капустным полуфабрикатом	котлеты с тыквенным полуфабрикатом
		котлеты (контрольный образец)	котлеты с морковным полуфабрикатом	котлеты с капустным полуфабрикатом	котлеты с тыквенным полуфабрикатом				
Валин (Val)	4	5,4	5,5	5,5	5,6	136	137	136	139
Изолейцин (Ile)	3	4,3	4,2	4,2	4,3	142	139	139	142
Лейцин (Leu)	6,1	7,9	7,9	7,8	8,0	130	129	129	131
Лизин (Lys)	4,8	7,7	8,1	8,1	8,3	161	169	168	172
Метионин (Met)+ цистеин (Cys)	2,3	3,7	3,7	3,7	3,8	163	162	163	165
Тирозин (Tyr)+ фенилаланин (Phe)	4,1	7,8	7,7	7,7	7,9	190	188	189	193
Треонин (Thr)	2,5	4,1	4,1	4,1	4,2	166	164	164	167
Триптофан (Trp)	0,66	1,1	1,1	1,1	1,1	170	99	100	103
Гистидин (His)	1,6	3,6	3,7	3,7	3,7	222	104	100	100
Общее количество НАК	29,1	42,2	42,3	42,2	43,1				
Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), дол. ед.		→1				1,617	1,628	1,626	1,658
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (УАК), дол. ед.		→1				0,896	0,960	0,965	0,960
Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), %		→0				0,159	0,170	0,170	0,166
Коэффициент сопоставимой избыточности δc , г/100 г белка		→0				6,104	6,603	6,559	6,784

Примечание. При расчете коэффициентов и показателей качества белка за условно лимитирующие незаменимые аминокислоты (НАК) принимали НАК с наименьшим значением.

По аминокислотной сбалансированности котлеты с овощными пюре характеризовались индексом ИНАК с показателем выше контрольного образца. Учитывая рекомендуемую норму сбалансированного питания по отношению группы незаменимых аминокислот к группе заменимых (0,56–0,67) [34], этот показатель во всех образцах отвечает данным требованиям

и варьируется в пределах 0,617–0,622. Чем выше коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U) или меньше значение коэффициента сопоставимой избыточности (δ), тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты. Значения коэффициента утилитарности аминокислотного состава для котлет ПОК в составе от 0,960 до 0,965 и сопоставимой избыточности от 6,603 до 6,784 характеризуют хорошую аминокислотную сбалансированность белка и подтверждают высокую биологическую ценность исследуемых образцов.

Важнейшим показателем нутриентной адекватности кулинарной продукции является жирнокислотная сбалансированность их липидной фракции, которая характеризует соответствие набора и соотношения жирных кислот эталонному липиду и оценивается по критериям рациональности жирнокислотного состава [35, 36, с. 11].

В соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1. 0253-21, доля жиров в суточной энергетической ценности рациона должна составлять около 30 %. При этом пропорции отдельных классов жирных кислот детализируются следующим образом: насыщенные жирные кислоты (НЖК) не должны превышать 10 % от общего калоража, мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) должны составлять не менее 10 %, а полиненасыщенные (ПНЖК) — от 6 до 10 % от общей энергетической ценности. Таким образом, ориентировочное соотношение НЖК, МНЖК и ПНЖК в структуре пищевых жиров, приближающееся к физиологически оправданному, может быть выражено пропорцией 1:1:1 [37, с. 50].

Данные о жирнокислотном составе котлет с ПОК представлены в таблице 6.

Т а б л и ц а 6. Жирнокислотный состав и сбалансированность котлет с овощными пюре-полуфабрикатами

Table 6. Fatty acid composition and balance of cutlets with semifinished vegetable purees

Показатель	Котлеты (контрольный образец)	Котлеты с морковным полуфабрикатом	Котлеты с капустным полуфабрикатом	Котлеты с тыквенным полуфабрикатом
Сумма липидов	19,78	18,62	18,63	18,28
Насыщенные жирные кислоты (SFA), г/100 г продукта	7,22	6,51	6,51	6,37
Мононенасыщенные жирные кислоты (MUFA), г/100 г продукта	7,23	6,94	6,94	6,79
Полиненасыщенные жирные кислоты (PUFA), г/100 г продукта в т. ч. w	4,07	4,03	4,03	4,02
C18:2 (линолевая)	3,95	3,91	3,91	3,90
C20:4 (арахидоновая)	0,01	0,01	0,01	0,01
C20:2 (эйкозодиеновая)	0,00	0,00	0,00	0,00
C22:2 (докозодиеновая)	0,00	0,00	0,00	0,00
w				
C18:3 (линоленовая)	0,11	0,10	0,10	0,10
C20:5 (эйкозапентаеновая)	0,00	0,00	0,00	0,00
НЖК:МНЖК:ПНЖК→1	1:1,07:0,63	1:1,07:0,62	1:1,07:0,62	1:1,07:0,63
Соотношение w	36,36	37,83	37,83	38,79
Коэффициент ЖК сбалансированности (U), дол.ед. I=1...3→1* Норма: ≥1.0* [38]	1,566	1,685	1,685	1,698
Индекс атерогенности (IA) Норма: <0.5–1.0** [39]	0,530	0,532	0,532	0,528
Индекс тромбогенности (IT) Норма: <1.0	1,006	1,010	1,010	1,001
Коэффициент биологической ценности липидов, дол.ед.	0,61	0,65	0,65	0,65

Примечание. I=1...3→1 – сбалансированность ΣНЖК, ΣМНЖК, ΣПНЖК.

* Норма: ≥ 1,0 — считается физиологически допустимым балансом [30, с. 171].

** 0.5–1.0 — допустимый уровень [31, Р. 365–379].

Несмотря на удовлетворительное соотношение классов жирных кислот (НЖК : МНЖК : ПНЖК) и значения коэффициента рациональности $UI \geq 1$, липидный профиль исследуемых изделий характеризуется выраженным дисбалансом полиненасыщенных жирных кислот по соотношению $\omega-6 : \omega-3$ (36–38 : 1), что существенно превышает рекомендуемые FAO/WHO значения (4–10 : 1) и должно рассматриваться как нутриентное ограничение продукта [40, 41]. Полученные данные указывают на необходимость рецептурной коррекции с целью увеличения доли $\omega-3$ -жирных кислот.

Индикаторы сбалансированности минерального и витаминного составов (U_v , U_m), отражающие отношение фактического содержания нутриентов к физиологическим нормам рассчитаны по формулам 5 и 6.

На рисунке 2 приведены итоговые данные расчета интегральной оценки пищевой адекватности (сбалансированности).

	контр	морк	капус	тыкв	
1	1.617	1.628	1.626	1.656	U_a - аминокислотный состав
2	0.436	0.477	0.459	0.388	U_m - минеральный состав
3	0.557	0.692	0.565	0.8	U_b - витаминный состав
4	0.262	0.312	0.287	0.376	U_{pv} - пищевые волокна
5	1.566	1.685	1.685	1.689	U_l - липидный состав
6	0.851	0.454	0.406	0.4	U_r - рецептурный состав

$Di_{\text{контр}} = \sqrt[6]{U_a_{\text{Контр}} \cdot U_m_{\text{Контр}} \cdot U_b_{\text{Контр}} \cdot U_{pv}_{\text{Контр}} \cdot U_l_{\text{Контр}} \cdot U_r_{\text{Контр}}}$	$Di_{\text{Морк}} = \sqrt[6]{U_a_{\text{Морк}} \cdot U_m_{\text{Морк}} \cdot U_b_{\text{Морк}} \cdot U_{pv}_{\text{Морк}} \cdot U_l_{\text{Морк}} \cdot U_r_{\text{Морк}}}$
$Di_{\text{Контр}} = 0.623$	$Di_{\text{Морк}} = 0.71$
$Di_{\text{Кап}} = \sqrt[6]{U_a_{\text{Кап}} \cdot U_m_{\text{Кап}} \cdot U_b_{\text{Кап}} \cdot U_{pv}_{\text{Кап}} \cdot U_l_{\text{Кап}} \cdot U_r_{\text{Кап}}}$	$Di_{\text{T}} = \sqrt[6]{U_a_{\text{T}} \cdot U_m_{\text{T}} \cdot U_b_{\text{T}} \cdot U_{pv}_{\text{T}} \cdot U_l_{\text{T}} \cdot U_r_{\text{T}}}$
$Di_{\text{Кап}} = 0.66$	$Di_{\text{T}} = 0.712$

Рис. 2. Пример расчета интегральной оценки пищевой адекватности

Fig. 2. An example of calculating an integral assessment of cutlets with semifinished vegetable purees

Большое значение при оценке индикаторов (показателей) безопасности кулинарных изделий из рубленого мяса имеет их бактериологическое состояние. Результаты по определению микробиологических показателей показали, что все образцы соответствовали установленным требованиям: КМАФАнМ – $0,6 \cdot 10^3$ – $0,8 \cdot 10^3$ КОЕ/г (см^3) (норма содержания не более $2,0 \cdot 10^4$ [42, 43]); патогенные микроорганизмы, дрожжи, плесени, БГКП, *Proteus* и *Staphylococcus aureus* не обнаружены, что соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям. Таким образом, на основании анализа микробиологических показателей, принято оптимальное значение индикатора (показателя) безопасности (U_{sfy}) равного 1 (единице) для всех образцов.

Интегральный показатель гигиенической устойчивости (U_h) рассчитывается как средневзвешенная функция нормированных значений единичных индикаторов.

Т а б л и ц а 7. Оценка гигиенического показателя (здоровьесбережения)
T a b l e 7. Assessment of the hygienic aspect (health saving)

Наименование индикаторов устойчивости	котлеты (контрольный образец)	котлеты с морковным полуфабрикатом	котлеты с капустным полуфабрикатом	котлеты с тыквенным полуфабрикатом
Индикаторы пищевой адекватности				
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (U_a), дол. ед.	1,617	1,628	1,626	1,656
Коэффициент сбалансированности жирнокислотного состава (U_l), дол. ед.)	1,566	1,685	1,685	1,689

Окончание табл. 7

Наименование индикаторов устойчивости	котлеты (контрольный образец)	котлеты с морковным полуфабрикатом	котлеты с капустным полуфабрикатом	котлеты с тыквенным полуфабрикатом
Индикаторы пищевой адекватности				
Коэффициент сбалансированности витаминного состава (U_v), дол. ед.	0,557	0,692	0,565	0,800
Коэффициент сбалансированности минерального состава (U_m), дол. ед.	0,436	0,477	0,459	0,388
Потребление растительной пищи (содержание пищевых волокон), (U_{af}), дол. ед.	0,262	0,312	0,287	0,376
Коэффициент сбалансированности рецептурного состава (U_r), дол. ед.	0,851	0,454	0,406	0,400
Индикатор (показатель) пищевой адекватности (U_{an}), дол. ед.	0.62	0.71	0.66	0.71
Индикаторы безопасности				
Микробиологические показатели: КМАФАнМ, КОЕ/г (см ³)	1	1	1	1
Индикатор (показатель) безопасности (U_{sfy}), дол. ед.	1	1	1	1
Интегральный показатель гигиенического аспекта (здоровьесбережения), U_n. дол.ед.*				
	0,81	0,86	0,83	0,86

* Применяется коэффициент весомости 0,5 для индикатора (показателя) пищевой адекватности (U_{an}) и индикатора (показателя) безопасности (U_{sfy}), дол. ед.

Для интерпретации значений интегрального гигиенического показателя (здоровьесбережения) в соответствии со шкалой желательности Харингтора предложены следующие диапазоны:

- ♦ 0,00–0,20 – «очень плохо» – недостаточная пищевая адекватность;
- ♦ 0,21–0,37 – «плохо» – низкая, нуждается в коррекции;
- ♦ 0,38–0,63 – «удовлетворительно» – частичная сбалансированность;
- ♦ 0,64–0,80 – «хорошо» – соответствует нормам;
- ♦ 0,81–1,00 – «очень хорошо» – оптимальная, функционально полноценная.

С внесением овощных пюре-полуфабрикатов в рецептуры рубленых мясных изделий (в особенности тыквенного и морковного) интегральный показатель U_n увеличивается до уровня «очень хорошо» (0,86) благодаря оптимизации витаминного состава, повышению содержания пищевых волокон при сохранении микробиологической безопасности всех образцов на требуемом уровне. Данный показатель позволяет количественно оценить продукт на стыке требований разных отраслей становится, что делает его не просто констатирующим параметром, а управляющим сигналом в межотраслевом технологическом цикле. Например, низкие его значения для изделия после хранения является сигналом для корректировки «Норматива» (рецептуры, выбора сырья) или этапа «Реализации» (параметров термоконсервации), тем самым замыкая цикл и обеспечивая его адаптивность.

Заключение. В работе обоснована необходимость комплексного товароведного подхода к оценке устойчивости пищевых продуктов. Для этого разработана соответствующая методика на примере кулинарных изделий из рубленого мяса, учитывающая экологические, социальные и экономические аспекты наряду с традиционными характеристиками.

В категориальный аппарат введено понятие «гигиенический аспект (здоровьесбережения) устойчивости». Это комплексная характеристика, отражающая способность продукта обеспечивать безопасность (U_{sfy}) и пищевую адекватность (U_{an}) – соответствие нутриентного состава физиологическим нормам. Новизна подхода – в расширении понимания гигиенической безопасности до активного здоровьесбережения, где нутриентная полноценность становится обязательным условием устойчивости.

Разработанная методика, будучи встроенной в контур межотраслевого технологического цикла формирования рационального ассортимента продуктов, позволяет трансформировать систему управления качеством в социальном питании из реактивной в проактивную. Регуляр-

ная оценка индекса U_h на этапе «Обучение» технологического цикла создаёт доказательную базу для обоснованного изменения рецептур и стандартов («Норматив»), выбора оптимальных технологий обработки и хранения («Реализация»).

Апробация методики на изделиях из рубленого мяса с плодоовощными компонентами показала, что добавление 20–30 % овощных пюре повышает коэффициент пищевой адекватности. Это соответствует целям устойчивого развития ООН (№ 2, 3, 12, 13) и подтверждает эффективность модели. Предложенный подход позволяет проектировать продукцию для устойчивого здорового питания с учетом специфики социального питания в Республике Беларусь.

Таким образом, работа расширяет инструментарий межотраслевого управления качеством. Методика позволяет технологам, диетологам, специалистам по пищевой безопасности, логистике объективно оценивать и корректировать параметры продукта на разных этапах его жизненного цикла в рамках единой системы, способствуя созданию научно обоснованных и устойчивых моделей питания.

Список использованных источников

1. FAO. Sustainable food systems: Concept and framework. – Rome: FAO, 2018. – URL: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/I8969EN/> (дата обращения: 04.05.2025).
2. Всемирная организация здравоохранения. Отчёт технической консультации по измерению здорового питания: концепции, методы и показатели. – Женева: ВОЗ, 2022. – 72 с. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240040274> (дата обращения: 12.09.2024).
3. Всемирная организация здравоохранения. Здоровая диета: информационный бюллетень № 394. – Женева : ВОЗ, 2018. – URL: <https://www.who.int> (дата обращения: 29.09.2024).
4. Ahmed, S. Advancing an integrative framework to evaluate sustainability in national dietary guidelines / S. Ahmed, S. Downs, J. Fanzo // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. – 2019. – Vol. 3. – Art. 76. – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00076/full> (дата обращения: 29.07.2022).
5. Development and validation of an individual sustainable diet index in the NutriNet-Santé cohort / L. Seconda, J. Baudry, P. Pointereau, C. Lacour, B. Langevin, Hercberg S. [et al.] // *British Journal of Nutrition*. – 2019. – Vol. 121, № 10. – P. 1166–1177. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30973117/> (дата обращения: 20.07.2024).
6. A review of a priori diet quality indices in relation to their construction criteria / Burgraff C., Teuber R., Brosig S., Meyer T. A // *Nutrition Reviews*. – 2018. – Vol. 76, № 10. – P. 747–764. – URL: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/76/10/747/5053485> (дата обращения: 24.07.2024).
7. Indicators and recommendations for assessing sustainable healthy diets / M. M. Aldaya, F. C. Ibáñez, P. Domínguez-Lacueva, M. T. Murillo-Arbizu, M. Rubio-Varas, S. Soret [et al.] // *Foods*. – 2021. – Vol. 10, № 5. – Art. 999. – URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/5/999> (дата обращения: 06.03.2025).
8. FAO/WHO. Sustainable healthy diets: Guiding principles. – Rome, 2019. – 44 p. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516648> (date of access: 04.04.2025).
9. FAO. SAFA Guidelines – Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems. Rome: FAO, 2013. – URL: <https://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/library/details/en/c/261333/> (дата обращения: 04.04.2025).
10. Алакиди, А. А. Современные тренды и вызовы индустрии питания / А. А. Алакиди [и др.] // Социально-экономические процессы: новое видение, вызовы, тенденции : монография. – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2022. – С.81–125 DOI:10.46916/04032022-2-978-5-00174-490-0.
11. Рыбакова, Т. М. Устойчивое потребление: применение метода близкрийоскопического охлаждения для термоконсервации кулинарной продукции / Т. М. Рыбакова, С. Л. Масанский // *Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий*. – 2023. – №1. – С. 90–101.
12. Министерство образования Республики Беларусь: [сайт]. – Минск, 2011–2023. – URL: <https://edu.gov.by/pitanie> (дата обращения 15.08.2024).
13. Устинова, А. В. Мясные продукты для детского питания / А. В. Устинова. – М.: ВНИИ мясной промышленности, 1997. – 252 с.
14. Артемова, Е. Н. Растительные добавки в технологии пищевых продуктов: монография / Е. Н. Артемова, З. В. Василенко. – Орел: ОрелГТУ, 2004. – 244 с.
15. Использование овощных пюре-полуфабрикатов для повышения устойчивости кулинарных изделий из рубленого мяса / Т. М. Рыбакова, С. Л. Масанский // *Биотехнология и продовольственная безопасность: Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвящённой 15-летию Института промышленных технологий и инжиниринга : сборник статей. В 3-х томах. Том 1 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень : ТИУ, 2024. – С. 377–380.*

16. Сборник технологических карт блюд и изделий для питания учащихся учреждений, обеспечивающих получение общего среднего и профессионально-технического образования / М-во торговли Респ. Беларусь ; утв. 11 июля 2006 г. № 21. – Минск, 2006. – 318 с.
17. Фатеева, А. В. Изменение зарядового состояния аминокислот в зависимости от pH среды / А. В. Фатеева, С. В. Мурашев // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф., Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г. / Университет ИТМО ; редкол.: А. Н. Слободян [и др.]. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – Ч. 2. – С. 164–168.
18. Тарте, Р. Ингредиенты в производстве мясных изделий. Свойства, функциональность, применение / Р. Тарте. – СПб.: Профессия, 2015. – 450 с.
19. Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation / WHO. – Geneva : WHO, 2007. – 265 p. – (WHO Technical Report Series ; № 935).
20. Guidelines on Nutrition Labelling / Codex Alimentarius Commission. – Rome : FAO, WHO, 2021. – URL: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B2-1985%252FCXG_002e_2021.pdf (дата обращения: 12.01.2024).
21. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г. / Роспотребнадзор. – М., 2021. – 72 с. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/> (дата обращения: 19.03.2025).
22. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 20 нояб. 2012 г. № 180 : в ред. постановления от 16 нояб. 2015 г. № 111 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W21226625> (дата обращения: 19.03.2025).
23. Тутельян, В. А. Безопасность и пищевая ценность продуктов питания / В. А. Тутельян. – М.: Колосс, 2010. – 408 с.
24. Drewnowski, A. Concept of nutrient density: challenges and applications / A. Drewnowski // Journal of Nutrition. – 2005. – Vol. 135, № 4. – P. 892–894.
25. Roy, P. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products / P. Roy, D. Nei, T. Orikasa, Xu Q., H. Okadome, N. Nakamura, T. Shiina // Journal of Food Engineering. – 2009. – Vol. 90, № 1. – P. 1–10.
26. Комплексная оценка рационов питания детей школьного возраста / К.В. Кудрявцева, А. К. Батурич, А. Н. Мартинчик [и др.] // Анализ риска здоровью. 2025. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-ratsionov-pitaniya-detey-shkolnogo-vozrasta> (дата обращения: 03.11.2025).
27. Мартинчик, А. Н. Индексы качества питания как инструмент интегральной оценки рациона питания / А. Н. Мартинчик // Вопр. питания. 2019. Т 88, № 3. С. 5-12.– DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10024.
28. Липатов Н. Н. Принципы проектирования состава и совершенствование технологии многокомпонентных мясных и молочных продуктов : дис. ... д-ра техн. наук. – Москва, 1988. – 356 с.
29. Dietary protein quality assessment in human nutrition : report of an FAO Expert Consultation (Auckland, 31 March – 2 April 2011) / FAO. – Rome : FAO, 2013. – 76 p. – URL: <https://www.fao.org/3/i3124e/i3124e.pdf>
30. Лисин, П. А. Методология оценки сбалансированности аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов / П. А. Лисицын, О. Н. Мусина, И. В. Кистер, Н. Л. Чернопольская // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (11). – С. 30–35.
31. Healthy diet : fact sheet no. 394 / WHO. – Geneva : WHO, 2020. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 12.01.2025).
32. Дорохович, А. М. Модель химического состава идеального пищевого продукта по макронутриентам / А. М. Дорохович, В. В. Дорохович // Инновационные процессы и технологии : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Кутаиси, 24–25 июня 2021 г. / Кутаис гос ун-т ; редкол.: Г. Г. Гелашвили [и др.]. – Кутаиси, 2021. – С. 34–39.
33. FAO/UNU Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. FAO Food and Nutrition Paper 51. – Rome: FAO, 1990. – 66 p.
34. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
35. Тимошенко, Н. В. Приемы оптимизации рецептурных композиций специализированных колбасных изделий для детского питания / Н. В. Тимошенко, С. В. Патиева, А. М. Патиева, К. Н. Аксенова // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 100 (06). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/65.pdf> (дата обращения: 12.01.2025).
36. Ипатова, Л. Г. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев, В. А. Тутельян– М.: ДеЛи принт, 2009. – 396 с.

37. Тутельян, В. А. О нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. – 2009. – № 1. – С. 4–15.
38. Ловкис, З. В. Детское питание: наука, технологии, продукты / З. В. Ловкис. — Минск : ИВЦ Минфина, 2023. — 355 с.
39. Simopoulos, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases // *Experimental Biology and Medicine*. – 2008. – Vol. 233, № 6. – P. 674–688. – DOI: 10.1016/S0753-3322(02)00253-6.
40. Ulbricht, T. L. V., Southgate D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors / T. L. V. Ulbricht, D. A Southgate // *Lancet*. – 1991. – Vol. 338, № 8773. – P. 985–992. DOI: 10.1016/0140-6736(91)91846-M.
41. Fats and Fatty Acids in Human Nutrition : Report of an Expert Consultation / FAO. – Rome : FAO, 2010. – 166 p. – (FAO Food and Nutrition Paper ; № 91).
42. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь : [сайт]. – Минск, 2003–2025. – URL: <https://pravo.by> (дата обращения: 22.05.2025). – Из содерж.: О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011 : техн. регла. Таможенного союза (ред. от 10.03.2022).
43. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственно-го сырья и пищевых продуктов» : ГН 2.3.2.15-52 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь ; утв. 21 июня 2013 г. № 52. – Минск, 2013. – 342 с.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович, главный научный сотрудник республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lovkis_zv@mail.ru

Масанский Сергей Леонидович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры товароведения и организации торговли учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: tot505@yandex.ru

Рыбакова Татьяна Михайловна, старший преподаватель кафедры товароведения и организации торговли учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: tot405@yandex.ru

Information about authors

Lovkis Zenon Valentinovich, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Researcher of the Administration of the Directorate of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food" (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: lovkis_zv@mail.ru

Masansky Sergey Leonidovich, Ph.D (Technical), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity Science and Trade Organization of the Educational Institution "Belarusian State University of Food and Chemical Technologies" (3, Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: tot505@yandex.ru

Rybakova Tatyana Mikhailovna, Senior Lecturer at the Department of Commodity Science and Trade Organization of the Educational Institution Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: tot405@yandex.ru

УДК 613.2:616.12-008.331.1

Поступила в редакцию 30.10.2025

Received 30.10.2025

¹В. В. Шилов, ²А. А. Журня, ²Т. В. Окулова, ¹А. Н. Батян¹*«Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова»**Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь*²*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,**г. Минск, Республика Беларусь*

АНАЛИЗ НУТРИЕНТНОГО ПРОФИЛЯ РАЦИОНА ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Аннотация. В статье представлен анализ потребления различных пищевых продуктов пациентами с артериальной гипертензией (АГ) и их рациона с точки зрения содержания макро- и микроэлементов, витаминов, а также нутриентов, влияющих на состояние сердечно-сосудистой системы. Проведено анкетирование 115 пациентов с АГ для выявления наиболее часто употребляемых продуктов и частоты их потребления. Результаты исследования показали, что рацион пациентов характеризуется несбалансированным питанием: сниженным потреблением белков и полиненасыщенных жирных кислот, а также дефицитом витаминов (В₁, В₂, А, С, РР) и макроэлементов (магний, кальций, калий, цинк). Одновременно выявлено превышение норм потребления жиров и углеводов. Полученные данные свидетельствуют о необходимости коррекции рациона питания больных АГ с целью оптимизации его нутриентного состава и профилактики осложнений заболевания.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, сердечно-сосудистые заболевания, рацион питания, макроэлементы, микроэлементы, витамины, белки, жиры, углеводы, нутриенты, дефицит витаминов, коррекция питания.

¹V. V. Shylau, ²H. A. Zhurnia, ²T. V. Akulava, ¹A. N. Batyan¹*International State Ecological Institute named after A.D. Sakharov of the Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus*²*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

ANALYSIS OF THE NUTRIENT PROFILE OF THE DIETS OF PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

Abstract. The article presents an analysis of the consumption of various food products by patients with arterial hypertension (AH) and their diets in terms of the content of macro- and microelements, vitamins, and nutrients that affect the condition of the cardiovascular system. A survey of 115 patients with AH was conducted to identify the most frequently consumed foods and the frequency of their intake. The results of the study showed that the patients' diets were characterized by nutritional imbalance: reduced intake of proteins and polyunsaturated fatty acids, as well as deficiencies in vitamins (B1, B2, A, C, PP) and macroelements (magnesium, calcium, potassium, zinc). At the same time, excessive consumption of fats and carbohydrates was observed. These findings indicate the need to adjust the diets of patients with AH in order to optimize the nutrient composition and prevent disease complications.

Keywords: arterial hypertension, cardiovascular diseases, dietary intake, macroelements, microelements, vitamins, proteins, fats, carbohydrates, nutrients, vitamin deficiency, dietary correction.

Введение. Артериальная гипертензия (АГ) остается одной из наиболее значимых медико-социальных проблем во всем мире. Высокая распространенность, длительное бессимптомное течение и высокий риск сердечно-сосудистых осложнений определяют ее ведущий вклад в структуру заболеваемости и смертности взрослого населения [1].

В связи с этим, проблемы дальнейшего совершенствования методов лечения и профилактики АГ являются чрезвычайно актуальными и служат предметом многочисленных исследований. Известно, что одним из факторов, вызывающих нарушение гомеостаза сердечно-сосудистой системы (ССС), является несбалансированное питание [2, 3]. Избыточное потребление соли, насыщенных жиров и свободных сахаров, недостаточное потребление овощей и фруктов

относится к ведущим факторам риска сердечно-сосудистых заболеваний и преждевременной смертности [4].

Комитет экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) рассматривает модификацию образа жизни, включая рацион питания, как одно из приоритетных направлений профилактики. Как свидетельствует опыт ряда стран (США, Финляндия, Австралия и др.), оздоровление образа жизни, в котором первостепенную роль играла коррекция питания, позволило добиться за последние десятилетия значительного снижения смертности от осложнений артериальной гипертензии и коронарного атеросклероза — в ряде программ снижение достигало 30–35 % и более [5-7].

В ряде исследований, проведенных в последние годы, отмечено, что структура рациона современного населения существенно изменилась вследствие широкого распространения дефицита многих эссенциальных микронутриентов — витаминов, макро- и микроэлементов. Дефицит микронутриентов выявляется как в развивающихся, так и в развитых странах, что связано как с уменьшением объема потребляемой пищи, так и с более низким содержанием витаминов и минералов в современных продуктах [8, 9].

Анализ нутриентного профиля рациона пациентов с АГ позволяет выявить характерные нарушения пищевого поведения, определить дефициты и избытки отдельных нутриентов и сформировать персонализированные рекомендации по коррекции питания. Такой подход повышает эффективность немедикаментозной терапии и способствует достижению целевых уровней артериального давления [10].

Материалы и методы исследования. Изучение состояния питания осуществлялось с использованием компьютерной программы «Анализ состояния питания человека» (ГУ НИИ питания РАМН), основанной на частоте потребления пищевых продуктов и профиле потребления пищевых веществ. Метод позволяет оценить калорийность рациона, его химический состав, обеспеченность микронутриентами, что позволяет выявить риск развития алиментарно-зависимых заболеваний.

В исследовании приняли участие 115 пациентов с артериальной гипертензией (АГ) I–III ст. (мужчин — 28, женщин — 87). Средний возраст составил $57,3 \pm 0,85$ лет.

Всем участникам проводили антропометрические измерения, которые включали измерение роста, массы тела. На основании полученных данных рассчитывался индекс массы тела (ИМТ).

Результаты и их обсуждение. По результатам исследования установлено, что большинство респондентов имеют нормальную массу тела (54 %), у 38 % выявлена избыточная масса тела, тогда как ожирение I и II степени отмечено у 6 % и 2 % обследованных соответственно. Данные представлены на рисунке 1.

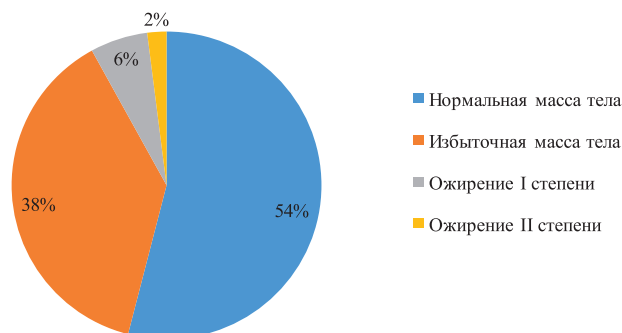


Рис. 1. Индекс массы тела респондентов
Fig. 1. Body Mass Index of the Respondents

Зерномучные продукты традиционно занимают одно из ведущих мест в структуре питания населения и остаются востребованными независимо от уровня доходов. Это обусловлено их высокой пищевой ценностью: данные продукты являются источником углеводов, растительных белков, витаминов группы В и минеральных веществ, что делает их важным компонентом ежедневного рациона [11]. К зерномучным товарам относят зерно, муку, крупы и крупчатые изделия, а также хлеб и хлебобулочные изделия.

Анализ частоты потребления хлеба и хлебобулочных изделий показал, что большинство респондентов включают данную группу продуктов в свой рацион — 78 %. Среди них 35 % употребляют хлеб 1–2 раза в месяц, по 12 % — 3–4 раза в месяц и 2–3 раза в неделю. Ежедневное потребление (1–2 раза в день) отмечено у 11 % опрошенных, тогда как 4 % употребляют хлеб 4–6 раз в неделю или 3–4 раза в день. Следует отметить, что 22 % респондентов полностью исключают хлебобулочные изделия из рациона (рисунок 2).

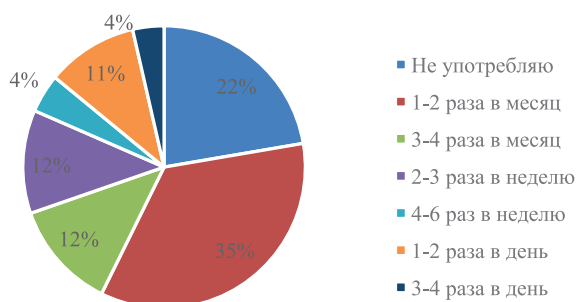


Рис. 2. Частота потребления респондентами хлеба и хлебобулочных изделий, %
 Fig. 2. Frequency of Bread and Bakery Product Consumption by Respondents, %

Наиболее потребляемые респондентами зерномучные продукты и блюда из них представлены на рисунке 3.

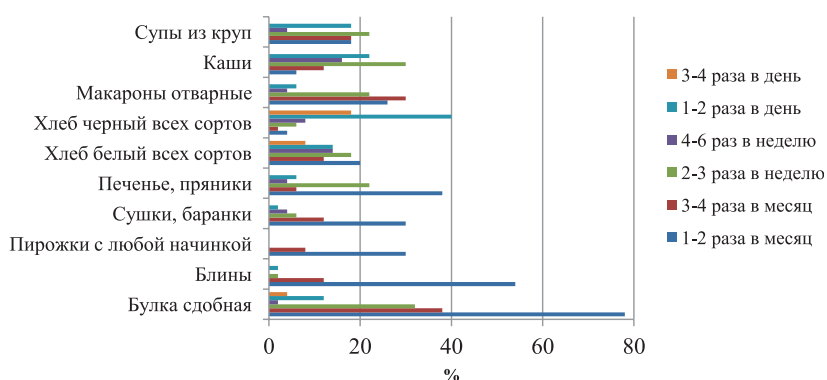


Рис. 3. Виды и частота потребления наиболее предпочитаемых респондентами, зерномучных продуктов, %
 Fig. 3. Types and Frequency of Consumption of the Most Preferred Cereal and Flour-Based Products by Respondents, %

Фрукты и овощи являются необходимыми продуктами питания, обеспечивающими нормальную жизнедеятельность организма человека. В их состав входят: вода (65–95 %), минеральные вещества, углеводы, простые сахара (глюкоза, фруктоза, сахароза), крахмал, клетчатка, органические кислоты, пектины и витамины. Многие овощи в свежем и переработанном виде способствуют более полному перевариванию и усвоению организмом белков, жиров и углеводов, стимулируя секрецию желудочного сока и улучшая процессы пищеварения [12].

В результате проведенного исследования установлено, что 91 % опрошенных употребляют фрукты, овощи и блюда, приготовленные на их основе, тогда как 9 % респондентов не включают данную продукцию в свой рацион. При анализе потребительских предпочтений в отношении плодоовощной продукции были выделены наиболее популярные позиции в данной категории. Обобщенные данные представлены на рисунках 4 и 5.

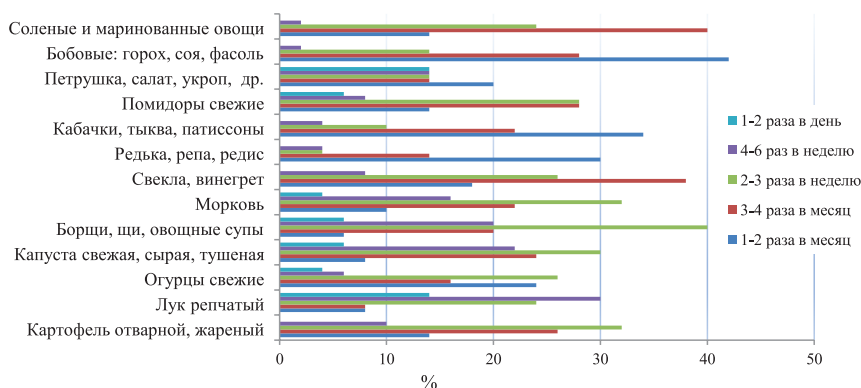


Рис. 4. Предпочтения респондентов в отношении овощной продукции и частота ее потребления %
 Fig. 4. Respondents Preferences for Vegetable Products and Frequency of Their Consumption, %

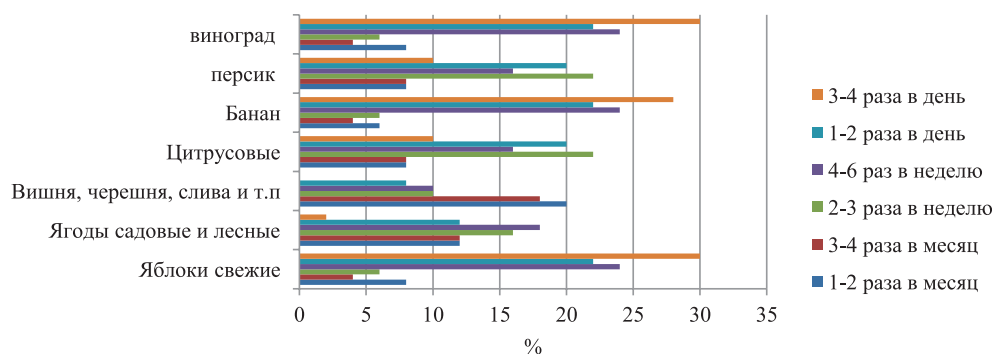


Рис. 5. Предпочтения респондентов в отношении фруктов и частота их потребления, %
Fig. 5. Respondents' Preferences for Fruits and Frequency of Their Consumption, %

Важными продуктами в системе сбалансированного рационального питания являются мясо и мясные продукты. Наибольшую пищевую ценность представляет мышечная ткань мяса. Она является основным хранилищем витаминов — и большей частью это витамины группы В. В различных видах мяса содержатся 0,1–0,2 мг тиамина (B_1), 0,2 мг рибофлавина (B_2), 4,8 мг ниацина (РР) на 100 г влажного продукта. Последний, наряду с еще одним витамином — пиридоксином (B_6) является одним из основных витаминов, получаемых людьми именно из мяса. Основным источником витамина B_{12} для человека являются мясопродукты, в частности — субпродукты: печень, почки [13].

Среди минеральных веществ, входящих в состав мяса, следует отметить железо, цинк, фосфор и калий. Общая доля этих макроэлементов — 1,1 % от общей массы. Что касается жирных кислот, то их содержание в жире животных варьируется от 3 до 25 % в зависимости от вида мяса: в конском мясе их количество максимально, в бараньем — минимально. В говяжьем жире присутствует существенная доля витамина А и β -каротина [14]. Анализ потребления продуктов данной категории представлен на рисунке 6.

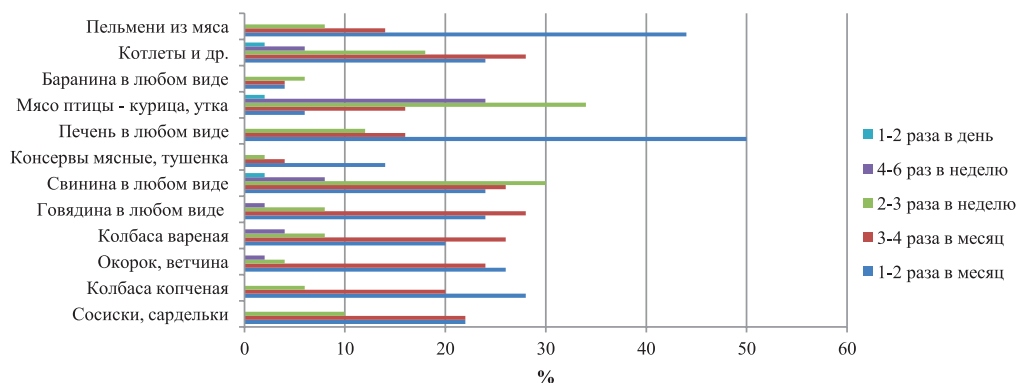


Рис. 6. Предпочтения респондентов в отношении мясной продукции, %
Fig. 6. Respondents' Preferences for Meat Products, %

Рыба и рыбные продукты не уступают мясу по пищевой ценности и являются важной составляющей рационального питания. Они обладают высокими диетическими свойствами, способствуют укреплению здоровья и профилактике ряда заболеваний. Рыба содержит значительное количество полноценных белков, а ее мышечная ткань характеризуется низким содержанием грубой соединительной ткани, что обеспечивает более высокую нежность и сочность по сравнению с мясом теплокровных животных. Кроме того, рыба является источником полиненасыщенных жирных кислот, витаминов А, D и группы В, а также легкоусвояемых минеральных веществ [15].

Анализ ответов респондентов показал, что 74 % опрошенных употребляют рыбную продукцию. Среди них 33 % включают ее в рацион 3–4 раза в месяц, 29 % — 1–2 раза в месяц, 10 % — 2–3 раза в неделю, и 2 % — 4–6 раз в неделю. Не употребляют рыбу 26 % респондентов (рисунок 7).

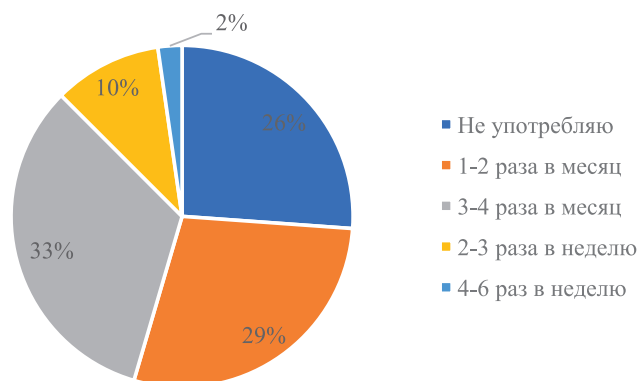


Рис. 7. Потребление респондентами рыбной продукции, %
 Fig. 7. Consumption of Fish Products by Respondents, %

Необходимой составной частью сбалансированного рациона питания человека являются пищевые жиры. Значительная часть жиров расходуется организмом в качестве энергетического материала. При окислении 1 г жира выделяется 37,7 кДж энергии, что примерно в 2,5 раза превышает энергетический выход при окислении 1 г белков или углеводов. Жиры участвуют в построении клеток и выполняют важные физиологические функции, обеспечивая организм незаменимыми жирными кислотами, витаминами, фосфатидами и другими биологически ценными веществами. Недостаток жиров в рационе приводит к нарушению обменных процессов, снижению устойчивости к инфекциям и холоду, а также к ухудшению работы нервной системы. В организме жир расщепляется и эмульгируется под воздействием желчи; избыточное его количество не успевает эмульгироваться, что нарушает пищеварение, снижает усвояемость белков и способствует развитию атеросклероза и ожирения [16]. Наряду с физиологически значимыми жирами, в рацион человека могут поступать продукты с высоким содержанием насыщенных жирных кислот, а также продукты, содержащие транс-изомеры жирных кислот, образующихся в процессе промышленной гидрогенизации жиров. Избыточное потребление насыщенных и особенно транс-жиров ассоциируется с нарушением метаболизма липидов и увеличением риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [17]. Предпочтения респондентов в отношении пищевых жиров представлены на рисунке 8.

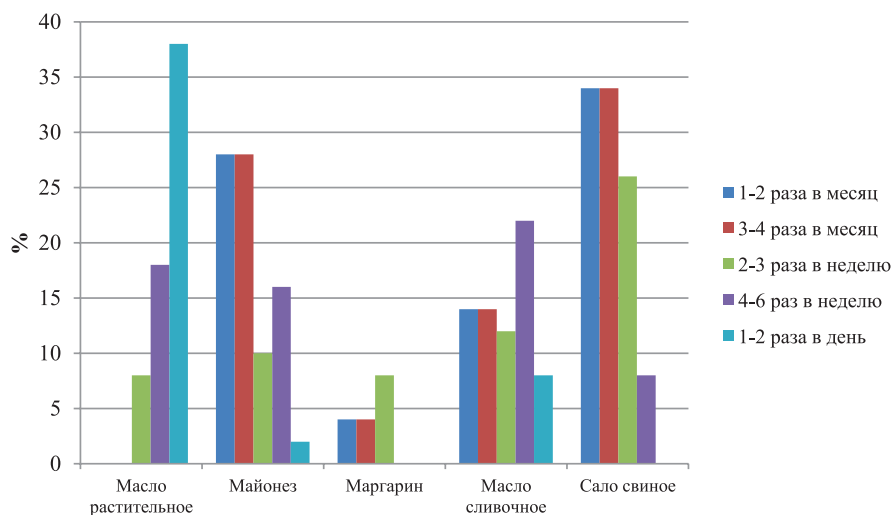


Рис. 8. Потребление респондентами пищевых жиров, %
 Fig. 8. Consumption of Dietary Fats by Respondents, %

Молоко и молочные продукты традиционно занимают важное место в рационе населения Республики Беларусь. В составе молока содержится более сотни биологически активных компонентов, включая белки, жиры, минеральные элементы, витамины и ферменты. Один литр коровьего молока способен полностью покрыть суточную потребность взрослого человека в кальции и фосфоре, а также обеспечить значительную долю потребности в белке и ряде витаминов [18]. Анализ анкетирования позволил определить частоту употребления и

наиболее предпочитаемые виды молочных продуктов среди респондентов. Данные представлены на рис. 9.

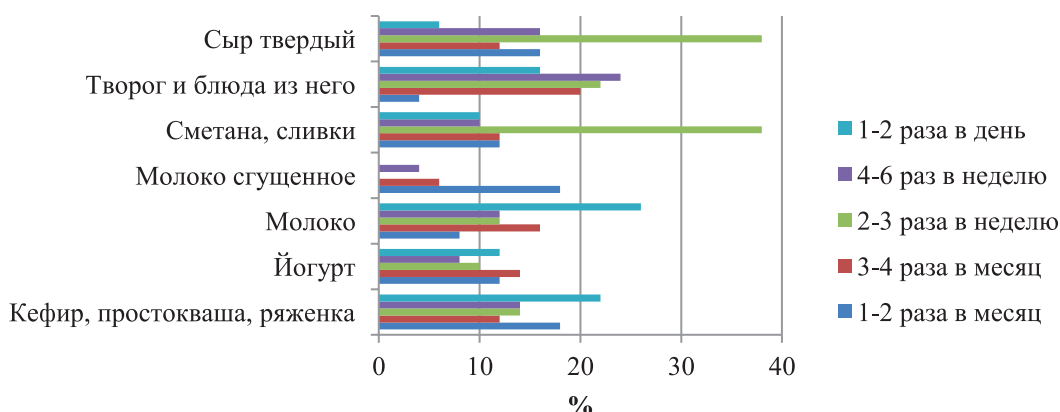


Рис. 9. Потребление респондентами молочной продукции, %
Fig. 9. Consumption of Dairy Products by Respondents, %

Кондитерские изделия, включая мучные и сахаристые продукты, содержащие транс-жиры, значительные количества сахара и различные пищевые добавки, остаются востребованными у части обследуемых. Около 31 % участников включают такие продукты в рацион 1–2 раза в неделю, 22 % — не чаще 1–2 раз в месяц. Ежедневное употребление сладостей отмечено у 15 % респондентов, тогда как 20 % полностью исключают их из питания.

Напитки занимают важное место в структуре рациона, поскольку именно за их счет обеспечивается около 30–50 % суточной потребности организма в жидкости. Потеря более 10 % воды представляет серьезную угрозу для жизнедеятельности, что подчеркивает необходимость регулярного восполнения водного баланса. В то же время чрезмерное потребление жидкости может приводить к дополнительной нагрузке на сердечно-сосудистую систему и почки, а также усиливать выведение минеральных веществ и витаминов [19]. Частота употребления и предпочтения в выборе напитков представлены на рис. 10.

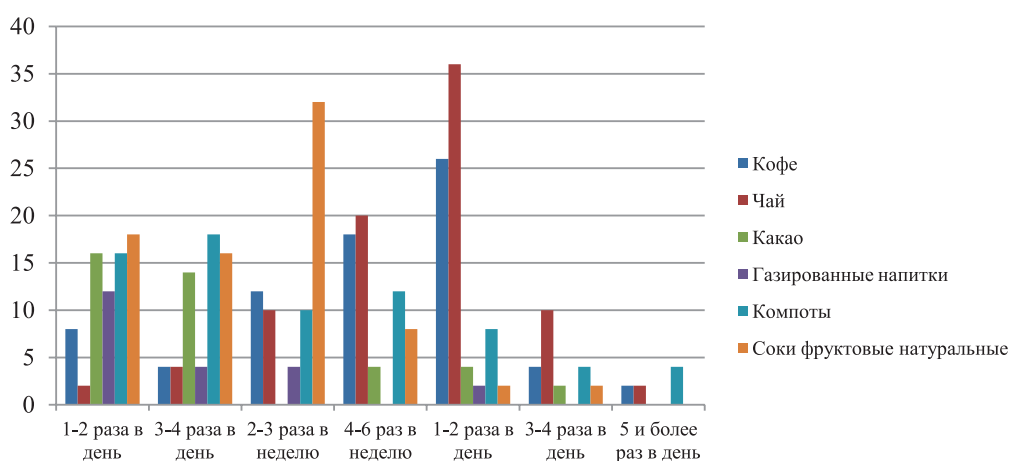


Рис. 10. Потребление респондентами напитков, %
Fig. 10. Consumption of Beverages by Respondents, %

При изучении частоты потребления различных групп продуктов установлено, что у пациентов с артериальной гипертензией имеются различия в структуре питания в зависимости от пола и возраста.

У мужчин отмечено более высокое потребление хлебобулочных изделий и круп — $3,58 \pm 0,35$ порций в сутки, а также мясных продуктов — $2,35 \pm 0,3$ порций в сутки. Потребление картофеля было близким у обоих полов: $1,2 \pm 0,08$ порций у мужчин и $0,9 \pm 0,04$ порций у женщин. Аналогичная ситуация наблюдалась и в отношении рыбы: $0,18 \pm 0,05$ порций у мужчин и $0,25 \pm 0,09$ порций у женщин, что указывает на низкую частоту ее употребления в целом. У женщин выявлено более низкое потребление овощей ($1,80 \pm 0,27$ порций), фруктов ($1,14 \pm 0,2$ порций) и молочных продуктов ($2,23 \pm 0,29$ порций) по сравнению с мужчинами.

Высокое потребление кондитерских изделий характерно как для мужчин ($5,1 \pm 0,28$ порций в сутки), так и для женщин ($5,0 \pm 0,29$ порций в сутки).

Потребление различных групп продуктов также варьировало в зависимости от возраста. У лиц младше 40 лет частота употребления хлебобулочных изделий, круп и макаронных изделий составляла в среднем $3,23 \pm 0,5$ порций в сутки, тогда как у пациентов старше 60 лет – $4,06 \pm 0,34$ порций в сутки. Аналогичная тенденция отмечена в отношении овощей: их потребление увеличивалось с $1,21 \pm 0,13$ до $2,02 \pm 0,19$ порции в сутки соответственно.

Частота употребления кондитерских изделий также была несколько выше в старшей возрастной группе и составляла $4,01 \pm 0,08$ порции в сутки по сравнению с $3,68 \pm 0,09$ порции в сутки у лиц моложе 40 лет. Потребление молочных продуктов существенно не различалось между возрастными группами ($2,30 \pm 0,031$ и $2,40 \pm 0,04$ порции в сутки соответственно).

В то же время с увеличением возраста наблюдалось снижение потребления мяса: с $1,48 \pm 0,3$ порции в сутки у лиц до 40 лет до $1,38 \pm 0,29$ порции в сутки у пациентов старше 60 лет.

В результате проведенных исследований установлено снижение фактического потребления белка, как у мужчин, так и у женщин по отношению к возрастной норме. Наименьшая обеспеченность белком наблюдалась в возрастной группе старше 60 лет и составила 73,5 % от нормы, максимальная обеспеченность белком в структуре рациона установлена в возрастной группе 40–60 лет, но и она в полной мере не обеспечивала физиологическую норму. У женщин также наблюдалась подобная тенденция.

Изучение жирового компонента рациона выявило превышение рекомендуемых норм по содержанию общего жира. Обеспеченность жирами у мужчин составила 146,2 %. У женщин наибольшее значение общих жиров отмечалось в возрастной группе 50–60 лет и составило 154,3 % от нормы. Доля общего жира в структуре суточной энергетической ценности рациона у мужчин составляла 34,6–37,2 %, тогда как у женщин данный показатель был выше и варьировал в пределах 46,7–55,8 % суточной калорийности. В ходе исследований было определено содержание насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, так как они не синтезируются в организме и относятся к незаменимым факторам питания.

В результате установлено, что содержание полиненасыщенных жирных кислот было недостаточным во всех возрастных группах, как у мужчин, так и у женщин. Наименьшее значение ПНЖК у мужчин и у женщин выявлено в возрастной группе до 40 лет и составило 3,8 % и 4,0 % от суточной калорийности при рекомендуемом значении 6–10 %. Максимальным содержанием НЖК было в группе 40–60 лет и составило у мужчин – 12,3 %, у женщин – 13,4 % от суточной калорийности при рекомендуемом значении до 10 %. Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что рационы обследованных нами больных АГ не отвечают гигиеническим требованиям по показателю потребления жиров.

Потребление углеводов также превышало рекомендуемые нормы во всех возрастных категориях. У мужчин поступление углеводов было выше нормы на 14,2 %, у женщин – на 16 %. При этом выявлено недостаточное содержание пищевых волокон, особенно выраженное у мужчин.

Анализ питания больных АГ обнаружил недостаток поступления витаминов у всех обследованных групп. У мужчин потребление витаминов составило: V_1 – 74,6 %, V_2 – 18,2 %, витамина А – 42 %, РР – 80,6 %, витамина С – 68,2 % от нормы физиологической потребности в сутки. У женщин показатели были сопоставимыми: V_1 – 68,6 %, V_2 – 15,3 %, витамина А – 52 %, РР – 86 %, витамина С – 73,2 % от нормы физиологической потребности в сутки. Среди макро- и микроэлементов наиболее выраженный дефицит отмечен по магнию, кальцию, калию и цинку. У мужчин обеспеченность составляла соответственно 70,3 %, 80,2 %, 68 % и 63,5 % от нормы; у женщин – 70,8 %, 83,2 %, 72 % и 62,5 %. Недостаток этих элементов может способствовать прогрессированию артериальной гипертензии и нарушению сосудистой регуляции.

Заключение. Проведенный анализ нутриентного профиля пищевых рационов пациентов с артериальной гипертензией позволил выявить значительные дисбалансы, которые могут усугублять течение заболевания и повышать риск развития осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы. Несмотря на относительное разнообразие потребляемых продуктов, рацион данной группы пациентов характеризуется недостаточным поступлением белков и полиненасыщенных жирных кислот, которые играют ключевую роль в поддержании структурной целостности клеток, регуляции обменных процессов и снижении воспалительных реакций. Одновременно установлено превышение потребления жиров и углеводов, что способствует накоплению избыточной массы тела, нарушению липидного обмена и повышению артериального давления. Особое внимание следует уделить выяв-

ленному дефициту витаминов группы В (В₁, В₂), витаминов РР, А, С, а также важнейших макроэлементов — магния, кальция, калия и цинка. Недостаток этих нутриентов негативно влияет на метаболизм кардиомиоцитов, функциональное состояние сосудистой стенки, регуляцию сосудистого тонуса и антиоксидантную защиту организма. В совокупности это может способствовать прогрессированию гипертензии и развитию ее осложнений, таких как ишемическая болезнь сердца, инсульт и почечная недостаточность. Полученные результаты подчеркивают необходимость системного подхода к коррекции питания у пациентов с артериальной гипертензией. Диетотерапия должна стать неотъемлемой частью комплексного лечения, направленного на оптимизацию нутритивного статуса, нормализацию массы тела и снижение факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний. Внедрение индивидуализированных рекомендаций по рациону позволит повысить эффективность немедикаментозных мер, улучшить качество жизни пациентов и снизить социально-экономическую нагрузку, связанную с лечением и реабилитацией больных АГ.

Список использованных источников

1. Оганов, Р. Г. Артериальная гипертония - проблема поликлиническая / Р. Г. Оганов, В. А. Галкин, Г. Я. Масленникова // *Терапевтический архив*. – 2006. – Т. 78, № 1. – С. 6–9.
2. Абрамович, С. Г. Немедикаментозное лечение гипертонической болезни: проблемы и перспективы / С. Г. Абрамович // *Бюл. ВСНЦ СО РАМН*. – 2004. – Т. 1, № 1. – С. 33–37.
3. Денисова, Н. Н. Анализ питания больных, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями / Н. Н. Денисова, А. В. Погожева, А. К. Батурич // *Вопросы питания*. – 2005. – Т. 74, № 1. – С. 24–27.
4. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs) : fact sheet. – Geneva : WHO, 2023. – URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (дата обращения: 22.02.2026).
5. Puska P., Vartiainen E., Laatikainen T., Jousilahti P., Paavola M. The North Karelia Project: From North Karelia to National Action. Helsinki: National Institute for Health and Welfare; 2009. 233 p.
6. Ford E. S., Ajani U. A., Croft J. B., Critchley J. A., Labarthe D. R., Kottke T.E., Giles W.H., Capewell S. Explaining the decrease in U.S. deaths from coronary disease, 1980–2000. *New England Journal of Medicine*. 2007;356(23):2388–2398.
7. Capewell S., O’Flaherty M. Rapid mortality falls after risk-factor changes in populations. *The Lancet*. 2011;378(9793):752–753.
8. Mensink G. B. M., Fletcher R., Gurinovic M., Huybrechts I., Lafay L., Serra-Majem L., Szponar L., Tetens I., Verkaik-Kloosterman J., Baka A., Stephen A.M. Mapping low intake of micronutrients across Europe. *British Journal of Nutrition*. 2013;110(4):755–773.
9. Bailey R. L., West K.P., Black R.E. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2015;66(Suppl 2):22–33.
10. Будко, Е. А. Влияние различных рационов питания на факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с метаболическим синдромом : специальность 14.00.06 / Будко Елена Анатольевна. – М., 2005. – EDN NPIOJP.
11. Пырьева, Е. А., Анализ мировых трендов использования цельнозерновой продукции в питании населения. / Е. А. Пырьева, А. И. Сафронова, М. А. Гурченкова // *Вопросы питания*. 2023;92(3):20–32.
12. Katsirma Z., Dimidi E., Rodriguez-Mateos A. et al. Fruits and their impact on the gut microbiota, gut motility and constipation // *Food Funct*. – 2021. – Vol. 12, № 19, P. 8850–8866.
13. Esteve M. J., Frígola A., Rodrigo C. Contents of vitamins B₁, B₂, B₆, and B₁₂ in pork and meat products // *Meat Science*. – 2012. – Vol. 90, № 1. – P. 57–63.
14. Meléndez-Martínez A.J., Vicario I.M., Heredia F.J. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2013. – Vol. 12, № 3. – P. 301–314.
15. Малова, И. В. Обоснование применения и нормативное регулирование качества рыбных блюд и продуктов как элемента здорового питания // *Пищевая промышленность*. – 2023. – № 6. – С. 78–87.
16. Турчанинов, Д. В. Пищевое потребление липидов как потенциальный фактор риска хронических неинфекционных заболеваний у населения региона Западной Сибири / Д. В. Турчанинов, Н. Г. Ширлина, И. А. Викторова [и др.] // *Фундаментальные клинические медико-биологические исследования*. – 2023. – Т. 8, № 3. – С. 68–79.
17. Перова, Н. В. Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот повышают риск болезней системы кровообращения, связанных с атеросклерозом / Н. В. Перова, В. А. Метельская, С. А. Бойцов // *Терапевтический архив*. – 2013. – № 9. – С. 40–47.
18. Кудрина, М. А. Пищевая ценность коровьего молока / М. А. Кудрина, И. С. Кожевникова, Н. А. Худякова // *Вестник КрасГАУ*. – 2022. – №12 (189).

Информация об авторах

Шилов Валерий Викентьевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологической медицины и радиобиологии «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (ул. Долгобродская, 23/1, г. Минск, 220070, Республика Беларусь).

E-mail: valery.shilov@gmail.com

Журня Анна Александровна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник сектора комплексных научных исследований питания 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: otpit@tut.by

Окулова Татьяна Витальевна, научный сотрудник сектора комплексных научных исследований питания 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: otpit@tut.by

Батян Анатолий Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой экологической медицины и радиобиологии «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (ул. Долгобродская, 23/1, г. Минск, 220070, Республика Беларусь).

E-mail: ant_b@tut.by

Information about the authors

Shilov Valery Vikentyevich, Ph.D (Biological), Associate Professor at the Department of Environmental Medicine and Radiobiology, A.D. Sakharov International State Environmental Institute of the Belarusian State University (23/1 Dolgobrodskaya Str., Minsk, 220070, Republic of Belarus).

E-mail: valery.shilov@gmail.com

Zhurnia Hanna Alexandrovna, Ph.D (Technical), Leading Research Scientist of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, 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: otpit@tut.by

Akulava Tatsiana Vitalievna, Research Scientist of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, 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: otpit@tut.by

Batyan Anatoly Nikolaevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Environmental Medicine and Radiobiology at the A.D. Sakharov International State Environmental Institute of the Belarusian State University (23/1 Dolgobrodskaya Str., Minsk, 220070, Republic of Belarus).

E-mail: ant_b@tut.by

УДК 338.43: 631.115

Поступила в редакцию 19.02.2026
Received 19.02.2026**С. А. Маток, Н. Г. Королевич***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь***ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ
С ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ
КООПЕРАЦИИ В БЕЛАРУСИ**

Аннотация. В статье рассмотрены сущность и значение личных подсобных хозяйств населения, заготовительных и перерабатывающих структур потребительской кооперации, их роль и значение в современной экономике республики, взаимодействии друг с другом, а также обоснована необходимость государственной поддержки.

Ключевые слова: личные подсобные хозяйства, потребительская кооперация, сущность, функции, продовольственная политика, уровень производства, взаимосвязи, эффективность.

S. A. Matokh, N. G. Korolevich*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus***THE INTERACTION OF PERSONAL SUBSIDIARY FARMS
WITH PROCESSING ORGANIZATIONS OF CONSUMER
COOPERATIVES IN BELARUS**

Abstract. The article examines the essence and importance of personal subsidiary farms of the population, procurement and processing structures of consumer cooperatives, their role and importance in the modern economy of the republic, interaction with each other, and also substantiates the need for state support.

Keywords: personal subsidiary farms, consumer cooperation, essence, functions, food policy, production level, interrelationships, efficiency.

Введение. Успешная реализация ключевых задач современной продовольственной политики в республике во многом определяется эффективностью работы агропромышленного комплекса, включая, в том числе, личные подсобные хозяйства населения (ЛПХ), которые оказались наиболее устойчивой и жизнеспособной формой хозяйствования в длительном историческом периоде в аграрном секторе экономики страны, что обусловлено исторически сложившимся укладом сельской жизни, и, кроме того, наиболее полной реализацией самостоятельности и ответственности этих субъектов хозяйствования, а также заготовительных и перерабатывающих структур потребительской кооперации. В современных условиях проблема эффективности заготовительной и перерабатывающей деятельности становится особенно актуальной, поскольку улучшение работы структур потребительской кооперации способно привлечь на рынок дополнительные товарные ресурсы и расширить ассортимент продукции.

В соответствии с Гражданским Кодексом Республики Беларусь деятельность личных подсобных хозяйств – это самостоятельная деятельность физических лиц, осуществляемая от своего имени, на свой риск и полную имущественную ответственность и направленная на самостоятельное получение прибыли от использования имуществом [1]. Кроме этого действует Закон Республики Беларусь от 11 ноября 2002 г. № 149-З «О личных подсобных хозяйствах граждан» Принятый Палатой представителей 3 октября 2002 г., определяющий правовые основы ведения гражданами Республики Беларусь личного подсобного хозяйства, а также меры по его государственной поддержке.

Результаты проведенных исследований позволили определить личное подсобное хозяйство населения как традиционную для аграрного сектора страны организационно-правовую фор-

му сельскохозяйственного производства, позволяющую участникам хозяйства удовлетворять свои потребности в основных продуктах питания и иметь дополнительный доход от реализации излишков сельскохозяйственной продукции путем рационального использования земельных, материальных, трудовых и финансовых резервов частного подворья, востребованность которого обусловлена более низким уровнем жизни сельского населения. Являясь составной частью многоукладной аграрной экономики, они обеспечивают занятость населения, повышают доходы сельских жителей, вносят значительный вклад в обеспечение продовольственной безопасности республики. При этом данная категория хозяйств активно интегрируется в воспроизводственные процессы агропромышленного комплекса, а уровень развития ЛПХ в значительной мере определяется эффективностью действующих механизмов такого интегрирования.

Что же касается деятельности Белкоопсоюза, то в соответствии с Законом СССР «О кооперации в СССР» от 18 мая 1988 г. основными сферами деятельности потребительской кооперации является торговля, заготовка сельскохозяйственной продукции и сырья, производство продуктов питания и непродовольственных товаров, оказание бытовых услуг и некоторые другие. Благодаря широкому спектру задач, которые решает потребительская кооперация, ее можно рассматривать как неотъемлемую часть агропромышленного комплекса страны. Задача взаимодействия потребительской кооперации с личными подсобными хозяйствами является одной из ключевых.

Результаты исследований и их обсуждение. Как отмечалось выше, важным условием нормального функционирования всей экономической системы выступают личные подсобные хозяйства, характерными чертами которых выступает организационно-хозяйственное новаторство, инициативный поиск и нахождение новых, более эффективных способов использования факторов производства, гибкость, а также готовность постоянно рисковать. По его состоянию и тенденциям развития можно судить об уровне предпринимательской культуры.

История развития личных подсобных хозяйств берет свое начало с 1918 г. когда благодаря Декрету «О земле» все сельское население получило возможность вести свое хозяйство, а крупный аграрный сектор был ликвидирован. Ему на смену пришла такая форма хозяйствования, как крестьянское трудовое хозяйство с использованием только труда членов своей семьи. В 1990 г. сложилась новая экономическая ситуация, обусловившая необходимость расширения производства. Личное подсобное хозяйство стало рассматриваться в тесной увязке с развитием крестьянского (фермерского) хозяйства, которые стали активно создаваться [2].

Современный тип личных подсобных хозяйств начал формироваться в 1991 г. в условиях реформирования аграрных отношений, которые выражаются в трансформации общественного сельскохозяйственного производства, становлением новых форм хозяйствования. ЛПХ оказались наиболее гибкой и устойчивой формой организационно-правовой формой организации в сельском хозяйстве Республики Беларусь.

В силу сложившегося в последние десятилетия углубления разделения производства между сельскохозяйственными организациями и хозяйствами населения, особенно четко выражается в растениеводстве – подавляющее количество картофеля, овощей и фруктов производится населением, а зерновые и технические культуры – в сельскохозяйственных организациях. На соотношение этих двух категорий хозяйств, динамику их удельного веса в валовой продукции сказываются, и в дальнейшем будет определять воздействие на урожайность и валовой сбор, размер посевных площадей и численность сельского населения. занимающегося ведением личного подсобного хозяйства.

Роль и место личных подсобных хозяйств, их значение в производственных и социальных отношениях постоянно изменяются в зависимости от объективных и субъективных факторов. Так, если в прошлом веке, главной целью было обеспечение сельских жителей необходимым минимумом продуктов питания, то, в настоящее время, эти функции расширились, и кроме экономических, стали решать социальные, экологические и рекреационные проблемы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Функции, выполняемые личными подсобными хозяйствами
T a b l e 1. Functions performed by personal subsidiary farms

Экономические
1. Производство сельскохозяйственной продукции, обеспечение продовольственной безопасности
2. Участие в процессе воспроизводства рабочей силы
3. Повышение и выравнивание уровня жизни сельского населения путем увеличения их доходов, улучшения материального потребления

Окончание табл. 1

Экономические
4. Улучшение снабжения городского населения продуктами питания: а) путем продажи продукции через рыночные каналы; б) в виде помощи родственникам, живущим в городе
5. Поставки высококачественной, экологически чистой продукции
6. Использование трудовых ресурсов и средств производства, недоступных общественному хозяйству
7. Укрепление производственных связей и осуществление интеграции с сельскохозяйственными предприятиями
Социальные
1. Повышение социальной стабильности
2. Содействие занятости сельского населения
3. Трудовое воспитание и профориентация сельской молодежи
4. Формирование у молодого поколения хозяйского отношения к природе и земле, воспитание бережливого отношения к ним, уважения к сельскохозяйственному труду, что способствует повышению его престижности
5. Способствует духовному развитию сельских жителей
6. Формирование предпринимательских навыков у сельского населения
Экологические
1. Увеличение потребления экологически чистых продуктов питания
2. Сохранение разнообразия генофонда растений и животных
3. Позволяет ввести в оборот и повысить качество земельных ресурсов
Рекреационные
1. Восстановление работоспособности человека, снятие у него нервно-психического напряжения с помощью естественных факторов природы, занятий физической культурой, психотерапевтических и физиотерапевтических методов оздоровления
2. Удовлетворение специфических потребностей населения в отдыхе, оздоровлении, общении с природой, что способствует укреплению физического и умственного здоровья общества.

Примечание. Собственная разработка.

Необходимо отметить, и то, что личные подсобные хозяйства долгое время существовали в тесной взаимосвязи с крупнотоварным производством – колхозами и совхозами. Эти два вида хозяйствования находились в тесном взаимодействии. Являясь особой формой хозяйственного уклада на селе, ЛПХ традиционно дополняли сельскохозяйственные организации. Поэтому их не правомерно противопоставлять друг другу. Поскольку хозяйства населения участвуют в общественном разделении производства и труда в аграрной экономике, постольку положение с этими хозяйствами нельзя рассматривать вне этих связей с другими секторами и социально-экономическими формами хозяйствования в аграрном секторе и в экономике в целом. Все это увеличивает интерес к личным подсобным хозяйствам, к их социально-экономическому и ресурсному потенциалу как к субъекту и объекту управления. Под потенциалом личных подсобных хозяйств, по нашему мнению, следует понимать систему взаимосвязанных, взаимообусловленных и взаимодействующих факторов, обеспечивающих эффективное и устойчивое развитие хозяйств населения, как в современных условиях, так и на перспективу. Разделение производства между сельскохозяйственными организациями и хозяйствами населения отнюдь не сводится к различиям продуктовой специализации, как в целом по стране, так и по отдельным регионам. Также учитывается товарность и уровень самообеспечения. Сельскохозяйственные организации непосредственно пополняют продовольственный фонд страны, а хозяйства населения удовлетворяют местные продовольственные нужды. Производство сельскохозяйственных организаций в первую очередь обслуживает рынок, а ЛПХ – самообеспечение сельских семей.

В проблеме продовольственного обеспечения за счет хозяйств населения есть внешнеэкономический аспект – задача достижения определенного уровня самостоятельности и продовольственной независимости как страны в целом. Дело в том, что, несмотря на кажущуюся на первый взгляд отдаленность ЛПХ от проблемы продовольственной безопасности республики, они в действительности играют в ее решении далеко не последнюю роль. ЛПХ сокращают или делают вовсе излишним импорт отдельных видов сельскохозяйственной продукции (овощей, ягод и т. д.). К тому же общественное разделение производства между крупно товарными хозяйствами и ЛПХ дополняется разделением между ними по трудовым ресурсам. В сельскохозяйственных организациях доля трудозатрат падает в большей мере на

мужчин в трудоспособном возрасте, тогда как в ЛПХ – на женщин в трудоспособном и пенсионном возрастах.

Побудительным мотивом ведения личного подсобного хозяйства служит, прежде всего, производство основных продуктов питания для собственного потребления. Хозяйства населения в основном приносят доход в натуральной форме, и лишь часть в денежной. Это позволяет сельским жителям приобретать непродовольственные товары и пользоваться различными услугами. Таким образом, хозяйства населения отчасти восполняют дефицит средств для воспроизводства рабочей силы и населения в целом, сложившийся вследствие более низкой оплаты на селе.

На 1 января 2025 г. в республике насчитывалось 922,1 тыс. личных подсобных хозяйств населения или 67,7 % к январю 1995 г. Проведенный нами анализ показал, что снижение численности личных подсобных хозяйств связано с ухудшением демографической ситуации, старением и миграцией сельского населения, особенно молодежи, в поиске более высокооплачиваемой работы в города и даже зарубежные страны. Так, если в 1995 г. численность сельского населения составляла 3335 тыс. чел., или 32,8 % от всех жителей республики, то к концу 2024 г. – 1926,6 тыс. чел (21,1 %) от общей численности [3,4]. Все это повлияло на сокращение посевных площадей, численность скота и птицы. Так, на 1 января 2025 г. население содержало крупного рогатого скота 49,0 тыс. голов, в том числе коров – 34,5 тыс. голов, свиней – 175,1 тыс., птицы всех видов 3609,4 млн голов или 6,0 %, 4,6 %, 11,2 % и 44,9 % от уровня 1995 г. Основные данные развития ЛПХ приведены в табл. 2 [3].

Т а б л и ц а 2. Динамика развития личных подсобных хозяйств населения в Республике Беларусь
Table 2. Dynamics of development of personal subsidiary farms of the population in the Republic of Belarus

Показатели	Год						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2024
Число ЛПХ, тыс. ед.	1361,6	1265,0	1160,0	1170,0	1001,7	955,2	922,1
Площадь сельхозугодий, тыс. га	1466,9	1396,2	1245,2	924,3	809,4	666,1	318,7
Удельный вес во всех сельхозугодиях, %	15,8	15,3	14,1	10,6	9,4	8,1	4,4
Посевные площади всего, тыс. га.:	937,3	1001,1	824,5	590,6	445,2	388,1	230,5
в т. ч. зерновые, тыс. га	145,9	210,7	177,6	112,8	78,8	67,5	29,3
картофеля, тыс. га	602,6	561,5	414,9	311,7	250,1	218,4	112,8
овощей, тыс. га	56,5	77,0	70,9	63,4	47,9	44,5	75,3
Поголовье скота и птицы, тыс. голов:							
КРС, тыс. голов	816,1	663,1	427,1	211,1	108,4	69,1	49,0
в т. ч. коров, тыс. голов	742,0	598,0	362,5	168,5	85,9	51,3	34,5
свиней, тыс. голов	1556,0	1275,0	1007,2	896,0	429,2	287,8	175,1
птицы, млн голов	8043,2	6943,7	6290,5	6290,5	5235,1	4384,4	3609,4
Валовое производство:							
Зерновые и зернобобовые, тыс. т.	302,0	389,0	587,0	350,3	262,7	210,8	82,9
картофеля, тыс. т.	8211,0	7467,0	7499,0	6804,4	4758,2	4317,6	2352,5
овощей, тыс. т.	791,0	1085,0	1727,0	1891,5	1168,3	1187,7	2201,8
молока, тыс. т.	2000,0	1814,0	1494,0	879,1	391,8	235,1	155,0
мяса скота и птицы в живом весе, тыс. т.	232,0	221,2	205,1	1774,0	70,0	50,5	35,0
яиц, млн шт.	13,91	1220,0	1179,0	1138,8	863,7	592,2	489,0
Стоимость продукции в фактических ценах, млрд. долл. США	1,9	1,3	2,3	4,3	1,5	1,8	2,2

Примечание. Собственная разработка.

Что же касается сокращения посевных площадей, то оно в значительной степени обусловлено тем, что если раньше основным средством для обработки земли являлась лошадь сельскохозяйственных организаций (колхозов и совхозов) и которая обходилась работнику практически бесплатно, то в настоящее время – средства малой механизации, находящиеся в

руках частников и за использование которой приходится платить. Если в 1995 г. поголовье лошадей в сельскохозяйственных организациях республики составлял 165 тыс. голов, то сейчас – только 8 тыс. [5].

Принимаемые в настоящее время меры по дальнейшему развитию личных подсобных хозяйств населения предполагают возможность активизации работы в рамках государственной поддержки. В частности, Президент Республики Беларусь А. Г. Лукашенко считает эту проблему актуальной. Об этом прозвучало на выездном по вопросам развития программы возрождения и развития села на 2005–2010 гг. Руководителям хозяйств и сельских советов необходимо обеспечить потребности граждан в сенокосах, пастбищах для содержания и выпаса личного скота, проводить мероприятия по ветеринарному обслуживанию животных, находящиеся в личных подсобных хозяйствах.

В целях стимулирования развития ЛПХ, увеличения в них объема производимой сельскохозяйственной продукции принят Указ Президента Республики Беларусь 14 июня 2010 г. № 302 «**О предоставлении кредитов гражданам, осуществляющим ведение личных подсобных хозяйств**». В целях поддержки личных подсобных хозяйств сельских жителей протоколом Правления ОАО «Белагропромбанк» от 30 декабря 2014 г. № 97 утверждено Положение о порядке и условиях предоставления кредитов ОАО «Белагропромбанк» гражданам, осуществляющим ведение личных подсобных хозяйств. За счет распределения части прибыли ОАО «Белагропромбанк» сформирован Специальный фонд социальных проектов на селе. Средства этого фонда направляются на выдачу льготных кредитов гражданам для ведения личных подсобных хозяйств с уплатой процентов за пользование ими в размере 5 % годовых. По информации ОАО «Белагропромбанк», в 2024 г. с населением заключено 112 кредитных договоров и выданы кредиты на сумму 2190,8 тыс. рублей.

В соответствии с мероприятиями подпрограммы 8 «Развитие и поддержка малых форм хозяйствования» Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 г. № 59, за счет средств республиканского бюджета в 2024 году выплачивались надбавки к закупочным ценам на сельскохозяйственную продукцию, закупаемую у населения (постановление Минсельхозпрода Постановлением Минсельхозпрода от 16 января 2024 г. № 4). В 2024 г. из республиканского бюджета населению выплачены надбавки к закупочным ценам на сельскохозяйственную продукцию в размере 12 437,2 тыс. рублей [3].

Следует отметить, что личное подсобное хозяйство решает задачу не только обеспечения роста производства сельскохозяйственной продукции и устойчивого развития села, но и повышения доходов сельского населения за счет реализации излишков продовольствия, важную роль в которой играет потребительская кооперация. Она выполняет такие социально значимые функции, как обеспечение торгового обслуживания небольших населенных пунктов через стационарные магазины и автолавки, а также закупку сельскохозяйственной и дикорастущей продукции у населения и ее переработку (соление, квашение, консервирование и ряд других).

Среди всех объектов Белкоопсоюза, особое место занимают магазины сетевого формата под брендом «Родны кут», который включает в себя более 2 тыс. магазинов, расположенных по всей территории Республики Беларусь: в сельских населенных пунктах, агрогородках, районных и областных центрах, г. Минске. Оценка эффективности работы потребкооперации показывает, что в среднем уровень рентабельности продаж в целом по республике характеризуется положительно. Сегодня Белкоопсоюз торгует с 45 странами мира и 56 регионами Российской Федерации. Ежегодный объем экспорта продукции составляет около 50 млн долл. США [6].

Союз потребительских обществ сформировался в 1920 г. Его структура и функции соответствовали требованиям новой экономической политики – рыночной экономики, находящейся под жестким контролем государства, разрешающего относительно свободные хозяйственные операции потребительской кооперации. В декабре 1930 г. Правление Белкоопсоюза приняло решение всем районным союзам потребительских обществ и оптовым базам кооперации категорически запрещающую непосредственно закупать товары непосредственно у предприятий с иностранным капиталом. За нарушение этого требования предусматривалось привлечение к уголовной ответственности. Оформлять заказы на приобретение мог только Белкоопсоюз [6].

По территориальному принципу организации потребительской кооперации делились на городские и сельские. Большинство сельских потребительских обществ подчиняются непосредственно Белкоопсоюзу. Во второй половине 20-х годов прошлого века на долю кооперативных организаций приходилось около 35 % закупок зерновых и льна, до 40 % мяса.

Крестьяне, сдававшие сельскохозяйственную и дикорастущую продукцию получали преимущественное право на приобретение дефицитных товаров.

В настоящее время организации потребительской кооперации активно заготавливают картофель, капусту, свеклу, томаты, кабачки, баклажаны, перец, голубику, малину, сливу, яблоки, алычу, грибы и др. Особое внимание уделяется расширению ассортимента. Так, если раньше белорусский арбуз был редкостью на отечественном рынке, то сейчас его можно встретить даже на рынке Российской Федерации. Также сегодня закупают у хозяйств населения абрикосы, клубнику, дыни, виноград, различные виды слив. По состоянию на 18 августа 2025 г. Белкоопсоюз закупил картофеля – 7,2 тыс. т, огурцов – 3,1 тыс. т, капусты – 4,3 тыс. т, томатов – 1,7 тыс. т, клубники – 345 т, смородины – 17 т., голубики – 2,5 т. [6]. Для ведения закупок сельскохозяйственной продукции и сырья задействовано более 780 заготовительных пунктов.

Одной из ключевых функций Белкоопсоюза было и остается удовлетворение потребностей населения в продуктах питания. Исходя из этого, он выстраивает многоплановую структуру собственной перерабатывающей промышленности, которая включает более 300 производственных объектов, выпускающих порядка 3 тыс. наименований продукции. Основные виды продукции, как для реализации в собственной торговой сети, так и за пределы республики выпускают:

- ♦ 54 хлебозавода (хлебобулочные изделия, хлеба традиционные и подовые заварные по многостадийной технологии, булочная продукция, продукция категории «здоровое питание»);
- ♦ 34 кондитерских цеха (печенье, пряники, тортовая продукция);
- ♦ 58 мясоперерабатывающих цехов (как готовые мясные и колбасные изделия современного ассортимента и по «домашним» рецептам, так и различные виды мясных полуфабрикатов, отрубов и блочное мясо);
- ♦ 11 цехов по выпуску рыбной продукции (соленой, копченой, вяленой, сушеной, рыбных пресервов);
- ♦ 2 цеха по выпуску быстрозамороженной плодоовощной продукции (ягоды, грибы);
- ♦ 10 цехов по производству широкого ассортимента безалкогольных напитков (как с использованием сахарного сиропа, так и сахарозаменителей, а также 5 цехов осуществляют розлив природной минеральной и питьевой воды);
- ♦ 17 укрупненных квасильно-засолочных цехов и участков, которые выпускают плодоовощную продукцию (огурцы, томаты, капусту, яблоки), переработанную традиционным методом квашения, соления и мочения по национальным рецептам;
- ♦ 6 винодельческих заводов (вина плодовые крепленые и фруктово-ягодные натуральные), а также цеха и участки по производству картофелепродукта обжаренного, палочек кукурузных, снеков, мучных полуфабрикатов для блинов и оладий, киселя, жареных семечек и арахиса и многое другое [6].

Заключение. Для повышения производства личных подсобных хозяйств и организаций Белкоопсоюза, их безубыточной работы воздействие государства следует рассматривать не как альтернативу функционирующим сельскохозяйственным организациям, а как средство создания в общегосударственном масштабе экономических условий их для дальнейшего развития. Необходима более совершенная нормативно-правовая база, выражающая их интересы, разработка системы более действенных мер финансовой поддержки. Финансирование может осуществляться за счет собственных и привлеченных средств, а также за счет привлеченных бюджетных ресурсов (республиканских и местных).

Государственная поддержка организаций Белкоопсоюза должна быть нацелена, прежде всего, на реконструкцию и техническое переоснащение овощехранилищ, фруктохранилищ, скотобойных пунктов и холодильных установок, перерабатывающих предприятий, приобретения транспортных средств и оборудования, создание пунктов агросервиса, закупку механизмов и оборудования для оказания услуг местным жителям, а также на компенсацию процентных ставок по кредитам, взятым на заготовку сельхозпродукции.

Список использованных источников:

1. Гражданский кодекс Республики Беларусь : Кодекс Республики Беларусь, 7 декабря 1998 г., № 218-3 : в ред. Закона Республики Беларусь от 17.07.2018 г. // КонсультантПлюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2023.
2. Матох, С. А. Личные подсобные хозяйства и их развитие в Республике Беларусь / С. А. Матох // Аграрное предпринимательство: история, тренды, горизонты развития» 09–10 апреля 2024 : // материалы II

- международной научно-практической конференции – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева. – 2024. – С. 222—227.
3. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: https://mshp.gov.by/ru/farmer_lph-ru/ (дата доступа: 05.01.2026).
 4. Сельское хозяйство Республики Беларусь : стат. буклет. — Минск : Нац стат. комитет Респ. Беларусь, 2025. — 35 с.
 5. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: стат. ежегодник. . — Минск : Нац стат. комитет Респ. Беларусь, 2024. — 492 с.
 6. Белорусский республиканский союз потребительских обществ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bks.gov.by/> (дата доступа: 05.01.2026).

Информация об авторах

Маток Сергей Александрович, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики организации предприятий АПК УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, г. Минск, 220023, Республика Беларусь).

E-mail: matokh@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: ngkorolevich.eop@bsatu.by

Information about the authors

Matokh Sergey Aleksandrovich, Ph D (Economic), Associate Professor, Associate Professor 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: matokh@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: ngkorolevich.eop@bsatu.by

УДК 664.642:664.654:579.674

Поступила в редакцию 13.02.2026

Received 13.02.2026

В. З. Зубель, И. Е. Сус, Н. С. Лаптенюк

Научно-производственное республиканское дочернее унитарное предприятие «Белтехнохлеб» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ КОНСОРЦИУМОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ГУСТОЙ РЖАНОЙ ЗАКВАСКИ

Аннотация. Качественные характеристики и микробиологическая стабильность ржаных заквасок напрямую зависят от метаболической активности используемых штаммов микроорганизмов. В рамках реализации стратегии импортозамещения актуальным направлением является поиск и внедрение новых отечественных культур молочнокислых бактерий с высоким биотехнологическим потенциалом. В статье представлена комплексная оценка пяти консорциумов молочнокислых бактерий отечественной селекции в составе композиций с дрожжами для выведения густой ржаной закваски. Установлено, что разработанные композиции формируют стабильные ассоциации микроорганизмов и способствуют формированию гармоничного органолептического профиля.

Ключевые слова: густая ржаная закваска, молочнокислые бактерии, консорциум микроорганизмов, брожение, разводочный цикл, технология производства заквасок.

V. Z. Zubel, I. E. Sys, N. S. Laptsenak

Scientific–industrial republican subsidiary unitary enterprise «Beltekhnohleb» Republican unitary enterprise «Scientific and practical center for foodstuffs of National academy of sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT AND BIOTECHNOLOGICAL EVALUATION OF COMPOSITIONS BASED ON CONSORTIUMS OF LACTIC ACID BACTERIA AND YEAST FOR THICK RYE SOURDOUGH

Abstract. Quality characteristics and microbiological stability of rye sourdoughs are directly dependent on the metabolic activity of the microbial strains used. Within the framework of the import substitution strategy, the search for and implementation of new domestic lactic acid bacteria cultures with high biotechnological potential is a highly relevant direction. The article presents a comprehensive evaluation of five locally selected lactic acid bacteria consortia as part of compositions with yeast for the propagation of thick rye sourdough. It was established that the developed compositions form stable microbial associations and contribute to the formation of a harmonious organoleptic profile.

Keywords: thick rye sourdough, lactic acid bacteria, microbial consortium, fermentation, propagation cycle, sourdough production technology.

Введение. Производство ржаного и ржано-пшеничного хлеба является стратегически важным сектором пищевой промышленности Республики Беларусь, обеспечивающим население продуктами первой необходимости. Традиционные технологии производства таких изделий базируются на применении густой закваски, качество которой напрямую зависит от используемых чистых культур микроорганизмов. На сегодняшний день отечественная хлебопекарная отрасль использует заквасочные культуры зарубежной селекции. В связи с этим, разработка и внедрение конкурентоспособных отечественных консорциумов молочнокислых бактерий для выведения густых ржаных заквасок, является актуальной задачей. Это позволит не только реализовать программу импортозамещения, но и гарантировать стабильно высокое качество и микробиологическую безопасность хлебобулочных изделий при сохранении их традиционного вкусового профиля.

Ферментация заквасок представляет собой сложный биотехнологический процесс, в основе которого лежит специфическая метаболическая активность симбиотических сообществ молочнокислых бактерий и дрожжей, обеспечивающая комплексную модификацию компонентов муки [1]. Снижение рН ржаного теста за счет накопления органических кислот в процессе брожения является ключевым фактором ингибирования эндогенных α -амилаз, предотвращая избыточную липкость мякиша и обеспечивая стабильный объем готовых изделий. Параллельно кислая среда улучшает набухающие свойства ржаных пентозанов, что формирует эластичную структуру мякиша. Синергетическое действие синтезируемых органических кислот и экзополисахаридов в сочетании с активацией ферментативных систем муки улучшают реологические свойства и замедляют ретроградацию крахмала, существенно продлевая свежесть готовой продукции [2–4]. Сенсорный профиль хлеба на закваске определяется сложным метаболическим взаимодействием: протеолитическая активность молочнокислых бактерий, повышает концентрацию свободных аминокислот, которые в дальнейшем преобразуются дрожжами в летучие ароматические соединения. Присутствие обоих симбионтов позволяет синтезировать уникальные метаболиты (например, 2-ацетил-1-пирролин), недостижимые при монокультурировании [4–7]. Кроме того, накопление таких метаболитов как уксусной, молочной кислот, бактериоцинов и др. эффективно подавляет рост плесневых грибов и спорообразующих бактерий рода *Bacillus* (возбудителей картофельной болезни), предотвращая порчу хлеба [8, 9].

Целью настоящего исследования является разработка и комплексная биотехнологическая оценка консорциумов молочнокислых бактерий отечественной селекции в составе композиций с дрожжами *Candida milleri* для выведения густой ржаной закваски, обеспечивающей стабильность качественных показателей и высокие органолептические свойства готовой продукции.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись пять разработанных консорциумов молочнокислых бактерий, сформированных из штаммов коллекции Института микробиологии НАН Беларуси (виды *Levilactobacillus brevis*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus paraplantarum*, *Limosilactobacillus fermentum* и бактерии *Weissella cibaria*-M58), а также комплексные микробные композиции на их основе, включающие чистую культуру дрожжей *Candida milleri* (устар. *S. minor*) «Чернореченский» из Коллекции СПбФ ФГАНУ НИИХП (далее – дрожжи *Candida milleri*). В качестве контрольного объекта использовали промышленный консорциум молочнокислых бактерий и дрожжей, применяемый в классической «Ленинградской» схеме выведения заквасок.

Методы культивирования чистых культур, наращивания биомассы и ведения разводочного цикла густой ржаной закваски исследовали в соответствии с технологическими инструкциями [10, 11]. Исследование кислотообразующей активности осуществляли путем определения общей титруемой кислотности (ГОСТ 5670-96) [12]. Морфологические характеристики микроорганизмов исследовали методом светопольной микроскопии фиксированных окрашенных препаратов в соответствии с ГОСТ 9225-84 [13]. Подъемную силу оценивали по методу «шарика» [14]. Приготовление густой закваски при дискретном режиме работы [15]. Оценка жизнеспособности и регенерационной способности микробиоты заквасок при низкотемпературном хранении [10].

Результаты исследования и их обсуждение. С целью получения полноценных заквасочных культур и изучения биотехнологических свойств комплексных композиций в условиях разводочного цикла, пять ранее сформированных бактериальных консорциумов были объединены с кислотоустойчивыми дрожжами *Candida milleri*:

- ♦ образец № 1: *Levilactobacillus brevis*-11, *Levilactobacillus brevis*-20, *Lactiplantibacillus plantarum*-M61 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 2: *Levilactobacillus brevis*-14, *Lactiplantibacillus plantarum*-M53, *Weissella cibaria*-M58 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 3: *Levilactobacillus brevis*-13, *Limosilactobacillus fermentum*-M56, *Lactiplantibacillus paraplantarum*-M62 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 4: *Levilactobacillus brevis*-11, *Levilactobacillus brevis*-20, *Lactiplantibacillus plantarum*-M63 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 5: *Levilactobacillus brevis*-14, *Weissella cibaria*-M58, *Lactiplantibacillus plantarum*-M63 и дрожжи *Candida milleri*.

В качестве контрольного образца использовали консорциум молочнокислых бактерий и дрожжи для приготовления густой закваски по Ленинградской схеме, который состоит из смеси штаммов:

- ♦ контрольный образец: *Lacticaseibacillus paracasei*-5 (ранее *L. brevis*), *Lacticaseibacillus paracasei/casei*-63 (ранее *L. plantarum*), *Lactiplantibacillus plantarum*-78 (ранее *L. brevis*) и дрожжи *Candida milleri*.

На первом этапе подготовки консорциумов чистые культуры молочнокислых бактерий последовательно наращивали на стерильном нефильтрованном солодовом сусле с массовой

долей сухих веществ 12 %. Показатели конечной титруемой кислотности жидких культур по завершении трех фаз разведения приведены в таблице 1.

Анализ микробиоты в процессе ферментации водно-мучной смеси путем микроскопирования препаратов подтвердил доминирование молочнокислых бактерий и дрожжей, начиная с первой фазы разводочного цикла. В динамике наблюдали увеличение кислотообразующей активности во всех опытных образцах. Титруемая кислотность по Нейману исследуемых композиций на III фазе варьировалась в пределах 12,4–13,8 °Н, в то время как контрольный образец – 11,0 °Н. Полученные данные, систематизированные в таблице 2, свидетельствуют о высоком биотехнологическом потенциале и метаболической активности разработанных консорциумов.

Т а б л и ц а 1. Конечная титруемая кислотность жидких культур молочнокислых бактерий
T a b l e 1. Final titratable acidity of lactic acid bacteria liquid cultures

Наименование и состав образцов консорциумов		Конечная кислотность, °Н
Контрольный образец	<i>L. paracasei-5</i>	8,6
	<i>L. paracasei/casei-63</i>	8,8
	<i>L. plantarum-78</i>	8,0
Образец № 1	<i>L. brevis-11</i>	10,6
	<i>L. brevis-20</i>	9,0
	<i>L. plantarum-M61</i>	9,8
Образец № 2	<i>L. brevis-14</i>	10,4
	<i>L. plantarum-M53</i>	9,0
	<i>Weissella sibiria-M58</i>	10,2
Образец № 3	<i>L. brevis-13</i>	9,0
	<i>L. fermentum-M56</i>	12,2
	<i>L. paraplantarum-M62</i>	9,8
Образец № 4	<i>L. brevis-11</i>	10,6
	<i>L. brevis-20</i>	9,0
	<i>L. plantarum-M63</i>	9,0
Образец № 5	<i>L. brevis-14</i>	10,4
	<i>Weissella sibiria-M58</i>	10,2
	<i>L. plantarum-M63</i>	9,0

Высокая кислотность на жидкой солодовой среде подтверждает хорошую адаптивность штаммов к углеводному составу сырья, что является необходимым условием для их успешного перехода в водно-мучную среду.

Подготовку дрожжевого компонента осуществляли путем накопления биомассы чистой культуры *Candida milleri* до объема 500 см³ посредством последовательных трехступенчатых пересеивов на солодовом сусле с массовой долей сухих веществ 8 %.

Приготовление опытных композиций проводили по трехфазной схеме, аналогичной классической технологии выведения густой ржаной закваски [10]. После накопления необходимого объема, заквасочные культуры в жидком виде вносили в водно-мучную смесь. На каждой фазе брожения осуществляли контроль титруемой кислотности и на III фазе определяли подъемную силу дрожжей по методу «шарика».

Т а б л и ц а 2. Морфологические особенности и показатели титруемой кислотности композиций, культивируемых в водно-мучной питательной смеси
T a b l e 2. Morphological characteristics and titratable acidity values of compositions cultivated in a flour-water nutrient mixture

Композиция	Морфология клеток	Титруемая кислотность, ° Н		
		I фаза	II фаза	III фаза
Контрольный образец молочнокислые бактерии: <i>L. paracasei-5</i> , <i>L. paracasei/casei-63</i> , <i>L. plantarum-78</i> , дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (1,2-2,2×0,6 мкм) и более короткие и (0,8-1,2×0,4 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,2-4,6×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	7,8	9,2	11,0
Образец № 1 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis-11</i> , <i>L. brevis-20</i> , <i>L. plantarum-M61</i> , дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,7–1,0 мкм) и более короткие палочки (1,6×0,8 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,5×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	8,0	10,6	12,4

Окончание табл. 1

Композиция	Морфология клеток	Титруемая кислотность, °Н		
		I фаза	II фаза	III фаза
Образец № 2 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -14, <i>L. plantarum</i> -M53, <i>Weissella sibirica</i> -M58, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,9 мкм) и более короткие палочки (1,5×0,7 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,6×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,2	11,4	12,8
Образец № 3 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -13, <i>L. fermentum</i> -M56, <i>L. paraplantarum</i> -M62, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,9 мкм) и более короткие палочки (1,6×0,8 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,4–4,5×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,2	11,8	13,0
Образец № 4 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -11, <i>L. brevis</i> -20, <i>L. plantarum</i> -M63, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,7–1,0 мкм) и более короткие палочки (1,5×0,9 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,5×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,0	11,0	12,4
Образец № 5 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -14, <i>Weissella sibirica</i> -M58, <i>L. plantarum</i> -M63, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,1–2,2×0,9 мкм) и более короткие палочки (1,6×0,9 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,6×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,6	12,6	13,8

Продолжительность брожения I фазы разводочного цикла составила 10 часов при 28 °С, влажность водно-мучной питательной смеси составила 58–60 %. Переход ко II и III фазам осуществляли путем освежения выброженной массы питательной смесью из ржаной обдирной муки и воды до достижения влажности 48–50 % (густая консистенция) с дальнейшим брожением в течение 4 часов. В качестве основного сырья использовали муку ржаную обдирную (ГОСТ 7045-2017) производства ОАО «Лидахлебопродукт» и ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов».

Визуальный контроль процесса ферментации показал, что все пять исследуемых композиций по динамике созревания были сопоставимы с контрольным образцом (рис. 1). Органолептическая оценка подтвердила соответствие опытных образцов характеристикам густой ржаной закваски: полуфабрикаты имели вязко-пластичную консистенцию и выраженный кисло-молочный аромат. При этом образцы № 2, 4 и 5 отличались более интенсивным ароматическим профилем и гармоничным вкусом. В процессе брожения зафиксировано увеличение объема образцов примерно в 2,5 раза, что свидетельствует о высокой газообразующей способности микробиоты. При микроскопировании препаратов во всех пробах обнаруживались типичные палочковидные формы молочнокислых бактерий с округлыми концами (одиночные, парные и в виде цепочек), а также почкующиеся клетки дрожжей округлой и овальной формы. Исследуемые образцы заквасок в динамике характеризовались интенсивным кислотонакоплением. Титруемая кислотность композиций превышала показатели контроля на 1,4–2,8 °Н. Показатели подъемной силы дрожжей в опытных образцах № 1, 2, 3, 4, 5 составила 20, 22, 24, 19, 20 мин соответственно, в то время как для контрольного образца – 22 мин.

Результаты апробации разработанных композиций в трехфазном разводочном цикле подтверждают их функциональную адекватность и стабильность. Сформированные микробные ассоциации обеспечивают получение полуфабрикатов, полностью соответствующих по морфологическим, биохимическим и органолептическим характеристикам зрелой густой ржаной закваске. Устойчивое доминирование целевой микробиоты в сочетании с нормативными показателями подтверждает формирование эффективного симбиоза между штаммами молочнокислых бактерий и дрожжей.

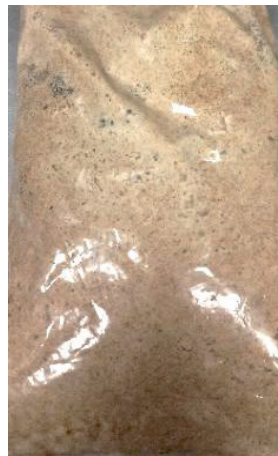
Для оценки адаптационной способности разработанных композиций в условиях дискретного производственного режима в соответствии с технологической инструкцией ведения густой ржаной закваски было проведено исследование их метаболической активности при пониженных положительных температурах путем освежения и консервации заквасок на 10 часов при температуре 20 °С и на 16 часов при температуре 18 °С в хладотермостате.

Установлено, что процесс ферментации в образцах, заквашенных исследуемыми композициями, протекал стабильно, обеспечивая органолептические показатели на уровне кон-

трольного образца. Установлено, что при температурах 20 °С и 18 °С значения титруемой кислотности исследуемых композиций превышали показатели контроля (9,0 °Н и 8,6 °Н) на 1,2–2,8 °Н и 0,4–1,2 °Н соответственно. Показатели подъемной силы составили 19–25 мин при 20 °С и 20–25 мин при 18 °С, что подтверждает сохранение высокой газообразующей активности микробиоты в условиях консервации, в то время как в контрольном образце данные значения составили 23 и 24 мин соответственно.



Контрольный образец
Молочнокислые бактерии:
L. paracasei-5,
L. paracasei/casei-63,
L. plantarum-78,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 1
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-11,
L. brevis-20,
L. plantarum-M61,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 2
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-14,
L. plantarum-M53,
Weissella sibirica-M58,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 3
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-13,
L. fermentum-M56,
L. paraplantarum-M62,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 4
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-11,
L. brevis-20,
L. plantarum-M63,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 5
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-14,
Weissella sibirica-M58,
L. plantarum-M63,
Дрожжи:
Candida milleri

Рис. 1. Внешний вид образцов густой ржаной закваски
Fig. 1. Visual appearance of thick rye sourdough samples

Высокая адаптационная способность всех исследуемых композиций к водно-мучной среде в условиях пониженных температур (18 °С и 20 °С) подтверждает их значительный биотехнологический потенциал. Установлено, что применение разработанных параметров освежения густой закваски в дискретном режиме гарантирует стабильность биохимических и технологических показателей, обеспечивая сохранность качественных характеристик закваски при производственных перерывах продолжительностью до 24 часов.

Важным аспектом биотехнологической оценки разработанных композиций является изучение их жизнеспособности при длительном хранении в замороженном состоянии. Для оценки воспроизводимости технологических свойств образцы заквасок подвергали криоконсервации при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ на сроки 1 и 6 месяцев. Процесс восстановления микробиоты включал стадию дефростации (24 ч при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) и последующее двухступенчатое освежение при $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно установленному лабораторному циклу.

В результате установлено, что длительное хранение (6 месяцев) при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к необратимой потере жизнеспособности микробиоты во всех исследуемых композициях (образцы № 1, 2, 3, 4, 5). Органолептические показатели заквасок после дефростации не соответствовали нормативным требованиям: образцы приобретали темный цвет и нетипичный посторонний запах. Консистенция заквасок оставалась плотной, без признаков газообразования. Титруемая кислотность после II фазы освежения не превышала $3\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{H}$, у контрольного – $5,5\text{ }^{\circ}\text{H}$, а подъемная сила составила более 3 часов для всех образцов. Полученные данные свидетельствуют о том, что длительное замораживание ведет к разрушению симбиотической системы закваски.

В отличие от длительного хранения, кратковременная криоконсервация (1 месяц при $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) не оказала критического влияния на жизнеспособность консорциумов. Восстановление ферментативной активности образцов № 1, 2, 3, 4, 5 до нормативных значений достигалось после 2–3 циклов освежения. После II фазы освежения органолептические показатели всех опытных образцов полностью соответствовали характеристикам зрелой густой закваски. Титруемая кислотность варьировалась в пределах $6\text{--}8\text{ }^{\circ}\text{H}$ (контрольный образец – $7,6\text{ }^{\circ}\text{H}$), а подъемная сила составила 30–35 мин, что сопоставимо с показателями контрольного образца – 32 мин.

Заключение. На основании проведенных исследований по разработке и биотехнологической оценке композиций на основе консорциумов отечественных штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей для выведения густой ржаной закваски можно сделать вывод об их высокой функциональной эффективности и перспективности для промышленного применения. Установлено, что сформированные на основе отечественных штаммов молочнокислых бактерий консорциумы обладают выраженной метаболической активностью, обеспечивая интенсивное кислотонакопление и стабильную газообразующую способность. Установленный в процессе ферментации устойчивый симбиоз между бактериальным и дрожжевым компонентами обеспечивает не только микробиологическую стабильность полуфабрикатов, но и формирование гармоничного органолептического профиля с выраженным ароматом, что критически важно для сохранения традиционных потребительских свойств ржаного хлеба. Высокая адаптационная способность разработанных композиций к условиям дискретного режима производства гарантирует сохранение качественных характеристик заквасок при технологических перерывах до 24 часов, обеспечивая гибкость технологического процесса без риска микробиологической порчи. В то же время изучение пределов криорезистентности композиций показало, что при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ их регенерационная способность сохраняется в течение одного месяца, тогда как более длительное замораживание ведет к деградации симбиотической системы, что определяет границы использования метода простого замораживания для хранения данных заквасок. Разработанные композиции по совокупности физико-химических, микробиологических и органолептических показателей являются полноценной и конкурентоспособной альтернативой импортным чистым культурам молочнокислых бактерий. Внедрение данных разработок в практику хлебопекарных предприятий Республики Беларусь позволит успешно реализовать стратегию импортозамещения, обеспечить стабильность технологического процесса и гарантировать высокие потребительские характеристики ржаного и ржано-пшеничного хлеба.

Список использованных источников

1. Banu, I. Quaity evaluation of the sourdough rye breads / I. Banu, I. Vasilean, I. Aprodu // The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology. – 2011. – Vol. 35. – №. 2. – P. 94-105. – URL: <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/food/article/view/3524> (дата обращения: 26.01.2026).
2. Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: Isolation, properties, characterization, and health benefits / K. M. Lynch, E. Zannini, A. Coffey, E. K. Arendt // Annual review of food science and technology. – 2018. – Vol. 9. – №. 1. – P. 155-176. – URL: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-food-030117-012537> (дата обращения: 26.01.2026).

3. Arendt, E. K. Impact of sourdough on the texture of bread / E. K. Arendt, L. A. M. Ryan, F. Dal Bello // Food microbiology. – 2007. – Vol. 24. – №. 2. – P. 165-174. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002006001614> (дата обращения: 26.01.2026).
4. Gänzle, M. Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality / M. Gänzle, V. Ripari // International Journal of Food Microbiology. – 2016. – Vol. 239. – P. 19-25. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160516302148> (дата обращения: 26.01.2026).
5. Galle, S. Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria / S. Galle, E. K. Arendt // Critical reviews in food science and nutrition. – 2014. – Vol. 54. – №. 7. – P. 891-901. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160516302148> (дата обращения: 26.01.2026).
6. Overview of sourdough technology: From production to marketing / F. B. Siepmann, V. Ripari, N. Waszczynskij, M. R. Spier // Food and Bioprocess Technology. – 2018. – Vol. 11. – P. 242-270. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-017-1968-2> (дата обращения: 26.01.2026).
7. Карельская, С. Хлебные закваски / С. Карельская // Хлебопечение/ Кондитерская сфера. – 2015. – Т. 58. – № 1. – С. 36–37. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30281696> (дата обращения: 26.01.2026).
8. Bartkiene, E. Bread sourdough lactic acid bacteria-technological, antimicrobial, toxin-degrading, immune system-, and faecal microbiota-modelling biological agents for the preparation of food, nutraceuticals and feed / E. Bartkiene, F. Özogul, J. M. Rocha // Foods. – 2022. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8834576/> (date of access: 26.01.2026).
9. Sourdough/lactic acid bacteria / M. Gobetti, M. De Angelis, R. Di Cagno [et al.] // Gluten-free cereal products and beverages. – 2008. – P.267-288. – URL: <https://www.science direct.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780123737397500149> (date of access: 26.01.2026).
10. Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий: в 2 т. Т. 1 / Государственное предприятие «Белтехнохлеб»; разработ. Л. С. Колосовская, А. И. Базан, Л. И. Севастей [и др.]. – Минск: Бизнесофтсет, 2011. – 348 с.
11. Афанасьева, О. В. Каталог культур микроорганизмов *У* Молочнокислые бактерии и дрожжи для хлебопекарной промышленности из Коллекции Санкт-Петербургского филиала ГНУ ГОСНИИХП Россельхозакадемии / О. В. Афанасьева, Е. Н. Павловская, Л. И. Кузнецова. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 98 с.
12. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности. – Взамен ГОСТ 5670-51, ГОСТ 7128-91; введ. РФ 01.08.1997. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, 2006. – II, 5 с.
13. ГОСТ 9225-84. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. – Взамен ГОСТ 9225-68; введ. 01.01.86. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 15 с.
14. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий / К. Н. Чинова, Т. И. Шкваркина, Н. П. Волкова, А. М. Чинчук – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 192 с.
15. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / Под общ. ред. члена-корреспондента Российской академии сельскохозяйственных наук А. П. Косована. – М.: ГНУ ГосНИИ хлебопекарной промышленности, 2008. – 268 с.

Информация об авторах

Зубель Вероника Зеноновна, инженер-микробиолог испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: weroniczub@gmail.com

Сыс Ирина Евгеньевна, ведущий инженер-микробиолог испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: hleblab@mail.ru

Лаптенюк Наталья Сергеевна, кандидат технических наук, директор Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: laptenokn@mail.ru

Information about authors

Zubel Veronika Zenonovna, Microbiologist Engineer of the Testing Laboratory of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya Str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: weroniczub@gmail.com

Sys Irina Evgenievna, Leading Microbiologist Engineer of the Testing Laboratory of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya Str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: hleblab@mail.ru

Laptenok Natalia Sergeevna, Ph.D. (Technical), Director of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya Str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: laptenokn@mail.ru

С. А. Гордынец, Л. А. Чернявская, В. М. Напреенко

РУП «Институт мясо-молочной промышленности»г. Минск, Республика Беларусь

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОЛБАСНЫХ ВАРЕННЫХ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ ДИЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты разработки и научного обоснования технологических приемов изготовления изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли, обладающих диетическими профилактическими свойствами. Технологическое решение заключается во введении в рецептуру растительных ингредиентов (амарантовой и льняной муки, фитокомплексов) и установлении рациональных параметров приготовления мясных фаршевых систем. Комплексное исследование качественных характеристик готовой продукции, включающее анализ химического состава, оценку биологической ценности и физиологическую апробацию, позволило отнести разработанные изделия к категории функциональных пищевых продуктов, что обуславливает возможность их позиционирования как продукции, оказывающей благоприятное воздействие на организм при систематическом потреблении.

Ключевые слова: технологические приемы, изделия колбасные вареные, поваренная соль, химический состав, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, витаминный состав, минеральный состав, физиологические исследования, социально-значимый продукт.

S. A. Gordynets, L. A. Charniauskaya, V. M. Napreenko

RUE “Institute for Meat and Dairy Industry” Minsk, Republic of Belarus

TECHNOLOGICAL METHODS FOR THE PRODUCTION OF COOKED SAUSAGE PRODUCTS WITH REDUCED SODIUM CHLORIDE CONTENT FOR DIETARY PREVENTIVE PURPOSES

Abstract. The article presents the results of the development and scientific substantiation of technological methods for the production of cooked sausage products with reduced sodium chloride content possessing dietary preventive properties. The technological solution consists in the introduction of plant-based ingredients (amaranth and flaxseed flour, phytocomplexes) into the formulation and the establishment of rational parameters for the preparation of meat mince systems. A comprehensive study of the quality characteristics of the finished product, including the analysis of chemical composition, assessment of biological value and physiological testing, allowed the developed products to be classified as functional food products. This substantiates the possibility of positioning them as products exerting a beneficial effect on the human body with systematic consumption.

Keywords: technological methods, cooked sausage products, table salt, chemical composition, amino acid composition, fatty acid composition, vitamin composition, mineral composition, physiological studies, socially significant product.

Введение. Во второй половине XX века угрозу для здоровья населения развитых стран стали представлять неинфекционные заболевания, среди которых ведущее место занимают патологии сердечно-сосудистой системы [1]. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, смертность в 2022 г. от сердечно-сосудистых заболеваний достигла 459,5 случая на 100000 населения, что, по оценке академика Г. И. Сидоренко, в 3–4 раза превышает аналогичные показатели стран Восточной Европы [2–4].

Одним из ключевых алиментарных факторов риска развития сердечно-сосудистой патологии является избыточное потребление хлорида натрия [5]. В Российской Федерации,

Республике Беларусь и ряде зарубежных стран фактическое потребление поваренной соли составляет 7,5–12,0 г в сутки, что значительно превышает рекомендованные Государственной программой «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь» на 2021–2025 гг. 5 г в сутки [6]. Одним из основных источников натрия в рационе современного человека выступают продукты промышленного производства, в частности изделия колбасные вареные, в рецептуру которых поваренная соль вводится не только как вкусообразующий, но и как технологически необходимый компонент, обеспечивающий функционально-технологические свойства мясных фаршевых систем и пролонгирование сроков хранения [6–8].

Решение проблемы пониженного содержания хлорида натрия в мясных продуктах при сохранении их качественных характеристик привлекает внимание многих исследователей. Работами Туниевой Е. К. (2018), Лисичкиной И. Н. (1997), Спиричева В. Б. (2002), Чокораиной М. Д. (1997) и других авторов предложены различные технологические подходы к снижению содержания поваренной соли, включающие как рецептурные модификации, так и использование специального оборудования и сложных способов подготовки ингредиентов [9–14]. Большинство разработанных решений требуют значительных производственных затрат, что ограничивает их практическое применение.

Анализ ассортимента изделий колбасных вареных, представленных на рынке Республики Беларусь, показал, что традиционная продукция характеризуется низким содержанием белка (8,58–10,24 г/100 г) и высоким содержанием жира (23,0–32,4 г/100 г) при высоком уровне поваренной соли (2,3–2,4 г/100 г), соответствующим верхним границам нормативных требований. При этом мясные продукты с пониженным содержанием хлорида натрия и повышенной биологической ценностью на отечественном рынке отсутствуют [15].

Перспективным направлением решения обозначенной проблемы является разработка технологии изготовления изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли с функциональными ингредиентами растительного происхождения. Особый научно-практический интерес представляют фитокомплексы на основе пряно-ароматических растений («Кредо» и «Салюс-1»), а также амарантовая и льняная мука, как источники биологически ценных веществ [16].

Учитывая необходимость увеличения доли продуктов здорового питания в структуре потребления, предусмотренной Доктриной национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 г., разработка технологии производства изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического назначения представляется актуальной народно-хозяйственной задачей, решение которой будет способствовать как расширению ассортимента отечественной продукции функциональной направленности, так и реализации стратегии профилактики алиментарно-зависимых заболеваний среди населения [17].

Целью работы является разработка научно обоснованных технологических приемов изготовления изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического назначения.

Результаты исследований и их обсуждение. Разработка технологии производства изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли, предназначенных для диетического профилактического питания требует комплексного подхода, не ограничивающегося корректировкой рецептурного состава. Применение традиционной технологии производства изделий колбасных вареных, включающей стандартные операции подготовки сырья, измельчения, посола и созревания, формования и термической обработки, не учитывает специфических свойств вводимых растительных компонентов. Введение в рецептуру амарантовой и льняной муки в качестве функциональных ингредиентов обуславливает необходимость включения в технологический цикл двух операций: подготовка муки и установление рациональной продолжительности процесса перемешивания. Равномерность распределения растительных ингредиентов в мясной фаршевой системе выступает определяющим фактором, влияющим как на качественные характеристики готового продукта (консистенцию, вкус, внешний вид), так и на его выход, обусловленный влагоудерживающей способностью. Эффективность диспергирования частиц муки в белково-жировой эмульсии непосредственно определяет гомогенность системы, ее влагоудерживающую способность и, как следствие, консистенцию готового продукта. В связи с этим, экспериментальное обоснование рациональных режимов перемешивания являлось приоритетной задачей данного этапа исследования.

Перемешивание фарша с амарантовой и льняной мукой осуществляли в куттере «Ласка» КР 330 2V (Австрия). Рациональное время перемешивания определяли по равномерности распределения в фарше индикаторного компонента, в качестве которого использовали крахмал. Степень однородности определяли по формуле 1 [18].

$$K_0 = \left(1 - \frac{1}{I_{cp}} \cdot \sqrt{\frac{\sum(I_i - I_{cp})^2}{i-1}}\right) \cdot 100, \quad (1)$$

где K_0 – степень однородности, %; I_{cp} – среднее количество индикаторного компонента в пробах, кг/т; I_i – содержание индикаторного компонента в пробе, кг/т; i – количество проб.

Также определяли влагоудерживающую способность фарша с целью технологического контроля, обеспечивающего предотвращение дефектов изделий колбасных вареных. Обязательным контролируемым параметром являлась температура фарша, значение которой не должно превышать 14 °С.

Зависимости степени однородности перемешивания сырья и влагоудерживающей способности фарша от времени перемешивания представлены на рисунках 1–4.

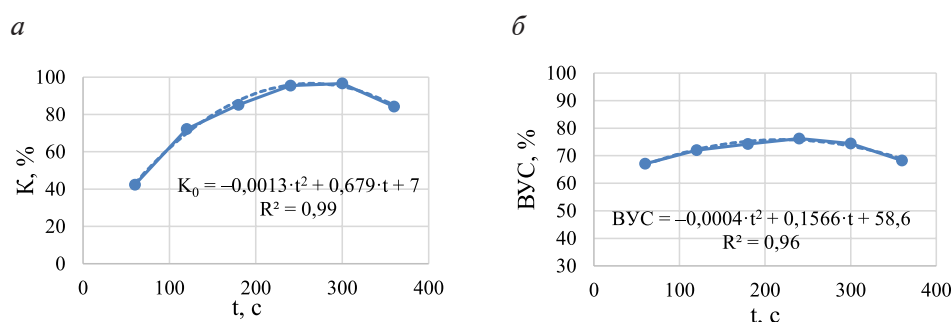


Рис. 1. Зависимость степени однородности сырья (а) и влагоудерживающей способности фарша из говядины с льняной мукой (б) от времени перемешивания

Fig. 1. Dependence of the degree of homogeneity of raw materials (a) and water-holding capacity of minced beef with flaxseed flour (b) on mixing time

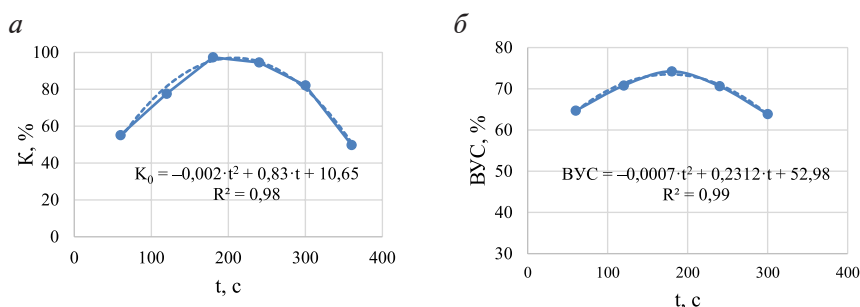


Рис. 2. Зависимость степени однородности сырья (а) и влагоудерживающей способности фарша из свинины с амарантовой мукой (б) от времени перемешивания

Fig. 2. Dependence of the degree of homogeneity of raw materials (a) and water-holding capacity of minced pork with amaranth flour (b) on mixing time

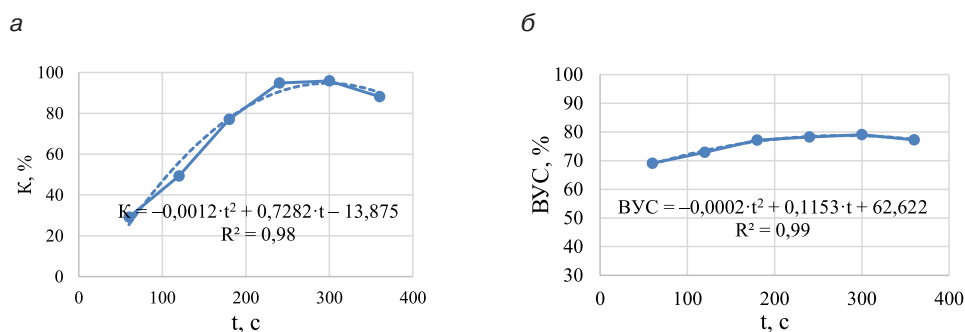


Рис. 3. Зависимость степени однородности сырья (а) и влагоудерживающей способности фарша из филе индейки с амарантовой и льняной мукой (б) от времени перемешивания

Fig. 3. Dependence of the degree of homogeneity of raw materials (a) and water-holding capacity of minced turkey with amaranth and flaxseed flour (b) on mixing time

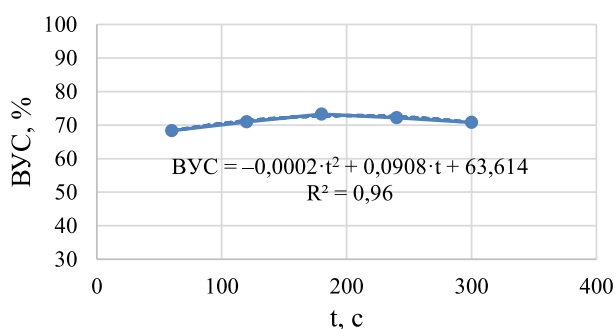


Рис. 4. Зависимость влагоудерживающей способности фарша из мяса кролика от времени перемешивания
 Fig. 4. Dependence of water-holding capacity of minced rabbit meat on mixing time

Экспериментально установлено, что требуемая степень однородности перемешивания мясной фаршевой системы с растительными компонентами (95 % и выше) достигается при различных временных режимах в зависимости от вида сырья. Для свинины с добавлением амарантовой муки данный показатель обеспечивается через 178–237 с перемешивания при влагоудерживающей способности (ВУС) 68,5–72,0 %; для говядины с льняной мукой – через 242–264 с (ВУС = 72,1–73,1 %); для филе индейки с комбинацией амарантовой и льняной муки – через 267–339 с (ВУС = 78,7–79,1 %).

В связи с отсутствием в рецептуре фарша из мяса кролика растительных добавок, исследования для данного вида

сырья ограничились оценкой влагоудерживающей способности. Установлено, что максимальное значение ВУС (73,92 %) достигается через 227 ± 4 с от начала процесса перемешивания.

На основании полученных экспериментальных данных разработана технология производства изделий колбасных вареных (вареных колбас) с пониженным содержанием поваренной соли, предназначенных для диетического профилактического питания, которая отличается от традиционной включением этапов предварительной подготовки растительных ингредиентов:

- ♦ просеивание через сито с диаметром отверстий 0,45–1,0 мм для отделения крупных фракций, последующая магнитная сепарация и тонкое измельчение до размера частиц не более 150 мкм;
- ♦ просеивание фитокомплексов «Кредо» и «Салюс-1» через сито с диаметром ячейки 500 мкм и магнитная сепарация без последующего измельчения.

Также установлены оптимальные концентрации внесения амарантовой или льняной муки взамен пшеничной в изделия колбасные вареные диетического профилактического назначения: из говядины жилованной высшего сорта или из свинины жилованной нежирной – 6 и 2 %, соответственно, из филе индейки или из мяса кролика – 8 и 3 %, соответственно. Оптимальные концентрации фитокомплекса «Кредо» составили: 1,5 % (из говядины и свинины), 1,3 % (из филе индейки), 1,6 % (из мяса кролика); фитокомплекса «Салюс-1»: 6 % (из говядины и свинины), 2 % (из филе индейки) и 2,2 % (из мяса кролика).

Рациональная продолжительность перемешивания ингредиентов фарша с мукой на второй стадии его приготовления дифференцирована в зависимости от мясного сырья и вида муки: для изделий из говядины с льняной мукой – 242–264 с, из свинины с амарантовой мукой – 178–237 с, из филе индейки с амарантовой и льняной мукой – 267–339 с. Для изделий из мяса кролика установлена общая продолжительность второй стадии приготовления фарша – 227 ± 4 с.

Последующие технологические этапы не имеют отличительных особенностей от традиционной схемы и включают формование, термическую обработку, охлаждение, упаковку и маркировку.

Дальнейшие исследования были направлены на оценку качества разработанных изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического питания. В таблице 1 представлены данные их химического состава в сравнении с контрольным образцом – колбасой «Докторская по-волковисски», изготовленной по СТБ 126–2016.

Т а б л и ц а 1. Химический состав изделий колбасных вареных
 T a b l e 1. Chemical composition of cooked sausage products

Наименование образца	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля поваренной соли, %	Массовая доля крахмала, %
Контроль – Вареное колбасное изделие мясное. Колбаса «Докторская по-волковисски»	$9,44 \pm 0,42$	$23,00 \pm 1,05$	$2,40 \pm 0,10$	–
Образец № 1 – Колбаса вареная из говядины с льняной мукой и фитокомплексом «Кредо»	$18,21 \pm 0,82$	$4,20 \pm 0,20$	$1,60 \pm 0,02$	$1,9 \pm 0,10$

Окончание табл. 1

Наименование образца	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля поваренной соли, %	Массовая доля крахмала, %
Образец № 2 – Колбаса вареная из говядины с льняной мукой и фитокомплексом «Салюс-1»	18,48 ± 0,83	4,10 ± 0,20	1,60 ± 0,02	1,8 ± 0,10
Образец № 3 – Колбаса вареная из свинины с амарантовой мукой и фитокомплексом «Кредо»	16,74 ± 0,75	5,60 ± 0,25	1,60 ± 0,02	2,0 ± 0,15
Образец № 4 – Колбаса вареная из свинины с амарантовой мукой и фитокомплексом «Салюс-1»	17,49 ± 0,79	5,50 ± 0,25	1,60 ± 0,02	2,0 ± 0,15
Образец № 5 – Колбаса вареная из филе индейки с амарантовой и льняной мукой и фитокомплексом «Кредо»	18,34 ± 0,83	6,50 ± 0,30	1,60 ± 0,02	4,8 ± 0,25
Образец № 6 – Колбаса вареная из филе индейки с амарантовой и льняной мукой и фитокомплексом «Салюс-1»	18,38 ± 0,83	6,40 ± 0,30	1,60 ± 0,02	5,1 ± 0,25
Образец № 7 – Колбаса вареная из мяса кролика с фитокомплексом «Кредо»	17,86 ± 0,80	8,20 ± 0,35	1,60 ± 0,02	отс.
Образец № 8 – Колбаса вареная из мяса кролика с фитокомплексом «Салюс-1»	18,22 ± 0,82	8,10 ± 0,35	1,60 ± 0,02	отс.

Комплексный анализ химического состава опытных образцов № 1–8 позволил установить их существенные отличия от контрольного образца и подтвердил соответствие разработанным критериям диетической профилактической продукции для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Установлена положительная динамика нутриентного профиля: содержание белка варьируется в пределах $16,74 \pm 0,75 - 18,48 \pm 0,83$ %, что в 1,8–2,0 раза превышает значения контрольного образца, при одновременном снижении массовой доли жира до $4,10 \pm 0,20 - 8,20 \pm 0,35$ %, что в 2,8–5,6 раза ниже контрольного образца. Содержание хлорида натрия снижено на 30 % относительно традиционной рецептуры; массовая доля крахмала находится в интервале $1,8 \pm 0,10 - 5,1 \pm 0,25$ %. Полученные показатели полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделиям данной группы, и регламентируются ТУ ВУ 100098867.470–2018 «Изделия колбасные вареные с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического питания» (№ гос. регистрации 054276/02 от 08.08.2025).

Поскольку химический состав отражает преимущественно количественные характеристики продукта, для углубленной оценки его качества на следующем этапе работы был исследован аминокислотный состав белков контрольного и опытных образцов, что позволяет дополнительно оценить биологическую ценность продукта.

Установлено, что белки разработанных изделий колбасных вареных характеризуются высоким суммарным содержанием незаменимых аминокислот ($36,05 - 42,15$ г/100 г белка), превышающим контрольный образец на $1,99 - 8,09$ г/100 г белка.

Аминокислотный скор белков всех исследованных образцов по всем незаменимым аминокислотам превышает 100 %, варьируясь в диапазоне от 106,52 до 219,20 %. Данный факт указывает на отсутствие лимитирующую пищевую ценность аминокислот, что характеризует белки разработанных продуктов как биологически полноценные.

Также был рассчитан индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) [19], который для опытных образцов № 1–8 находится в интервале 1,36–1,55, что в 1,08–1,23 раза превышает значение контроля (1,26). Наиболее высокие значения ИНАК отмечены для образцов на основе говядины (образцы № 1, 2) и филе индейки (образцы № 5, 6) – 1,50–1,55, что свидетельствует о высокой сбалансированности их аминокислотного состава.

Учитывая функциональную направленность разрабатываемых продуктов, особое внимание было уделено изучению содержания аминокислот, играющих ключевую роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний – лизина, метионина и цистеина. Содержание серосодержащих аминокислот (метионин+цистеин) в разработанных изделиях составляет $0,44 \pm 0,02 - 0,58 \pm 0,03$ г/100 г продукта, что в 1,57–2,07 раза превышает показатель контрольного образца. Это позволяет удовлетворить от 24 до 32 % суточной потребности организма в данных аминокислотах. Содержание лизина в опытных образцах варьируется от $1,41 \pm 0,07$ до $2,16 \pm 0,11$ г/100 г продукта, что в 2,13–3,27 раза выше контрольных значений и обеспечивает 34–53 % от суточной нормы потребления.

Наряду с аминокислотным составом, важным критерием оценки пищевой ценности продуктов диетической профилактической направленности является характеристика их липидного состава. В связи с этим на следующем этапе исследований был проведен анализ жирнокислотного состава липидов разработанных изделий, который показал, высокое содержание мононенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Установлено, что содержание ПНЖК в опытных образцах № 1–8 находится в интервале от $13,21 \pm 1,09$ % до $16,09 \pm 1,19$ % от суммы жирных кислот. Минимальное значение ПНЖК зафиксировано в образце № 1 ($13,21 \pm 1,09$ %), что незначительно ниже контрольного образца ($13,83 \pm 1,15$ %), тогда как максимальное содержание отмечено в образце № 8 ($16,09 \pm 1,19$ %), превышающее контроль на 16,3 %. Остальные опытные образцы характеризуются стабильно высоким уровнем ПНЖК в пределах 13,48–15,56 %, что сопоставимо с контрольным образцом либо превосходит его. Установлено, что содержание МНЖК в липидах контрольного образца составляет $22,82 \pm 1,95$ % от суммы жирных кислот, что в 5,69–23,19 раза ниже, чем в опытных образцах № 1–8. Данный фактор является определяющим для продуктов профилактической направленности, предназначенных для снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Важным критерием сбалансированности липидного компонента является соотношение суммы ПНЖК и МНЖК к насыщенным жирным кислотам (НЖК). Согласно рекомендациям ФАО/ВОЗ, эталонное значение данного показателя составляет 1,0 [20]. Установлено, что для липидов контрольного образца соотношение (ПНЖК+МНЖК)/НЖК равно 0,58, тогда как для опытных образцов данный показатель варьирует в интервале 0,81–1,50. Таким образом, разработанные изделия колбасные вареные характеризуются более сбалансированным жирнокислотным составом по сравнению с контролем.

Биологическая эффективность ПНЖК оценивается также по соотношению семейства ω -6 и ω -3 жирных кислот, рекомендуемое значение которого согласно нормам ФАО/ВОЗ находится в пределах от 1:1 до 10:1 [20]. В контрольном образце данное соотношение составляет 19,22:1, что существенно превышает рекомендуемый диапазон. В разработанных изделиях соотношение ω -6: ω -3 находится в интервале от 3,35:1 до 10,31:1, что практически соответствует физиологическим нормам и свидетельствует о сбалансированности жирнокислотного состава опытных образцов.

Наряду с липидным составом, важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний играют эссенциальные микронутриенты, в частности минеральные вещества и витамины. Наиболее значимыми для поддержания функции сердечно-сосудистой системы являются калий и магний. Содержание данных элементов в разработанных изделиях колбасных вареных и степень удовлетворения суточной потребности при их потреблении в количестве 100 г представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2. Минеральный состав изделий колбасных вареных и удовлетворение суточной потребности

Table 2. Mineral composition of cooked sausage products and satisfaction of daily requirements

Наименование образца	Калий		Магний	
	содержание, мг/100 г	удовлетворение суточной потребности, %	содержание, мг/100 г	удовлетворение суточной потребности, %
Контроль	$225,82 \pm 22,60$	9,03	$11,23 \pm 1,15$	2,81
Образец № 1	$390,28 \pm 39,05$	15,61	$47,15 \pm 4,75$	11,79
Образец № 2	$315,03 \pm 31,50$	12,60	$44,17 \pm 4,40$	11,04
Образец № 3	$373,61 \pm 37,40$	14,94	$47,79 \pm 4,80$	11,95
Образец № 4	$334,30 \pm 33,40$	13,37	$44,34 \pm 4,40$	11,09
Образец № 5	$354,16 \pm 35,40$	14,17	$45,75 \pm 4,60$	11,44
Образец № 6	$347,05 \pm 34,70$	13,88	$41,86 \pm 4,20$	10,47
Образец № 7	$364,92 \pm 36,50$	14,60	$44,06 \pm 4,40$	11,02
Образец № 8	$342,50 \pm 34,25$	13,70	$42,32 \pm 4,20$	10,58

Анализ данных, представленных в таблице 2, свидетельствует, что оптимизация рецептурного состава за счет подбора мясного сырья и введения растительных ингредиентов обеспечивает существенное повышение содержания эссенциальных минеральных веществ в разработанных изделиях колбасных вареных. Установлено, что содержание калия в опытных образцах № 1–8 увеличивается на 64,46–89,21 мг/100 г по сравнению с контролем, что позволяет удовлетворить 12,60–15,61 % суточной потребности организма в данном элементе. Содержание магния увеличивается на 31,09–36,56 мг/100 г, обеспечивая 10,47–11,95 % от суточной нормы потребления.

Помимо минеральных веществ, важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний играют витамины, среди которых особое значение имеют витамин В₆ (пиридоксин) и витамин РР (ниацин). В ходе исследований установлено, что содержание витамина В₆ в опытных образцах № 1–8 в 1,16–1,95 раза превышает показатель контрольного образца, а содержание витамина РР – в 2,08–2,48 раза. Потребление 100 г разработанных изделий обеспечивает удовлетворение суточной потребности организма в витамине В₆ на 11,35–19,10 %, в витамине РР – на 15,40–34,65 %.

Согласно общепринятым критериям, продукт может быть отнесен к категории функциональных, если содержание в нем нутриента составляет не менее 15 % от суточной физиологической потребности. Таким образом, по содержанию витамина РР разработанные изделия колбасные вареные соответствуют требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам питания.

Наряду с химическим составом и биологической ценностью, определяющими профилактическую эффективность продукта, важнейшим критерием его потребительской приемлемости являются органолептические характеристики. Именно сенсорные свойства в значительной степени формируют потребительский спрос и конкурентоспособность готовой продукции. В связи с этим на следующем этапе исследований была проведена органолептическая оценка разработанных изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли диетической профилактической направленности в сравнении с контрольным образцом. Дегустационный анализ осуществляли по четырем ключевым показателям: внешний вид, консистенция, запах и вкус. Результаты балльной оценки представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3. Органолептическая оценка качества изделий колбасных вареных
T a b l e 3. Sensory evaluation of the quality of cooked sausage products

Наименование образца	Органолептические показатели				Средний оценочный балл
	внешний вид	вкус	запах	консистенция	
Контроль	5,00 ± 0,00	4,70 ± 0,09	4,80 ± 0,10	4,80 ± 0,07	4,83 ± 0,05
Образец № 1	5,00 ± 0,00	4,81 ± 0,08	4,88 ± 0,08	4,88 ± 0,11	4,89 ± 0,04
Образец № 2	5,00 ± 0,00	4,88 ± 0,08	4,94 ± 0,05	5,00 ± 0,00	4,96 ± 0,02
Образец № 3	5,00 ± 0,00	4,74 ± 0,05	4,63 ± 0,07	4,88 ± 0,06	4,81 ± 0,02
Образец № 4	5,00 ± 0,00	4,76 ± 0,05	4,69 ± 0,07	4,93 ± 0,07	4,84 ± 0,02
Образец № 5	5,00 ± 0,00	4,89 ± 0,07	4,81 ± 0,11	4,81 ± 0,11	4,88 ± 0,05
Образец № 6	5,00 ± 0,00	4,88 ± 0,10	4,94 ± 0,07	4,81 ± 0,09	4,91 ± 0,05
Образец № 7	5,00 ± 0,00	4,81 ± 0,09	4,94 ± 0,05	4,88 ± 0,10	4,91 ± 0,04
Образец № 8	5,00 ± 0,00	4,81 ± 0,07	4,94 ± 0,07	4,88 ± 0,12	4,91 ± 0,02

Анализ данных, приведенных в таблице 3, свидетельствует о высоких сенсорных характеристиках разработанных изделий колбасных вареных. Установлено, что все опытные образцы № 1–8 получили максимальную оценку (5,00 ± 0,00 баллов) по показателю «внешний вид». Оценки консистенции колбас находились в диапазоне от 4,81 ± 0,09 до 5,00 ± 0,00 баллов, запаха – от 4,63 ± 0,07 до 5,00 ± 0,00 баллов, вкуса – от 4,74 ± 0,05 до 4,89 ± 0,07 баллов.

Сравнительный анализ органолептических показателей подтвердил соответствие разработанных изделий требованиям ТУ ВУ 100098867.470–2018 «Изделия колбасные вареные с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического питания». Средний оценочный балл опытных образцов (4,81 ± 0,02–4,96 ± 0,02) сопоставим с контрольным образцом (4,83 ± 0,05), а по отдельным рецептурам (образцы № 2, 6, 7, 8) превышает его, что свидетельствует о конкурентоспособности разработанной продукции.

На следующем этапе исследований совместно со специалистами ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси» были проведены физиологические исследования разработанных изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли.

Исследования проводили на лабораторных крысах-самцах линии Вистар с моделированной сердечно-сосудистой недостаточностью. В ходе эксперимента установлено, что регулярное в течение трех недель употребление разработанных изделий колбасных вареных сопровождается снижением повышенного артериального давления: на 46 % через 45 минут после потребления и на 64 % через трое суток. Полученные данные подтверждают наличие выраженного гипотензивного эффекта при систематическом включении в рацион продуктов со сниженным содержанием натрия.

Таким образом, на основании комплекса проведенных исследований (технологических, биохимических и физиологических), разработанные изделия колбасные вареные с пониженным содержанием поваренной соли могут быть отнесены к категории продуктов функцио-

нального питания, что позволяет сопровождать их соответствующей информацией о благоприятном влиянии на организм при систематическом потреблении.

Заключение. Результатом проведенных научных исследований явилась разработка и научное обоснование технологических приемов изготовления изделий колбасных вареных с пониженным содержанием поваренной соли диетического профилактического назначения. Установлены рациональные режимы перемешивания фарша, дифференцированные по виду используемого мясного сырья и растительных ингредиентов: для говядины с льняной мукой – 242–264 с, для свинины с амарантовой мукой – 178–237 с, для филе индейки с комбинацией амарантовой и льняной муки – 267–339 с, обеспечивающие требуемую степень однородности фаршевых систем (не менее 95 %) и высокую влагоудерживающую способность, что является гарантией стабильно высокого качества готовой продукции. Для фарша из мяса кролика оптимальная продолжительность перемешивания, обеспечивающая максимальную влагоудерживающую способность (73,92 %), составляет 227 ± 4 с.

Комплексная оценка показателей качества разработанных изделий колбасных вареных подтвердила их соответствие критериям, предъявляемым к продуктам диетического профилактического питания. Принципиальной особенностью новых видов изделий колбасных вареных является снижение массовой доли поваренной соли на 30 %, при сохранении высоких органолептических характеристик, а также высокое содержание белка и низкое содержание жира. Систематическое употребление таких продуктов прогнозирует снижение риска развития алиментарно-зависимых заболеваний, прежде всего сердечно-сосудистой патологии.

Таким образом, разработанные изделия колбасные вареные с пониженным содержанием поваренной соли представляют собой продукцию диетического профилактического назначения, обладающую значительным социальным потенциалом. Изделия предназначены для систематического употребления различными группами населения, включая лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями, и полностью соответствуют современной концепции здорового питания, что позволяет позиционировать их как продукт для широкого круга потребителей, ориентированных на сохранение здоровья и профилактику патологий.

Список использованных источников

1. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний : рекомендации / С. А. Бойцов, А. Г. Чучалин, М. Г. Бубнова [и др.] ; Гос. науч.-исслед. центр профилактич. медицины М-ва здравоохранения Рос. Федерации [и др.]. – М. : [б. и.], 2013. – 136 с. – URL: <https://gnicpm.ru/wp-content/uploads/2024/03/5-pr-mr.pdf> (дата обращения: 19.05.2023).
2. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний // Туапсинская центральная районная больница № 1 Министерства здравоохранения Краснодарского края. – URL: <https://www.trb1-tuapse.ru/patsientam/profilaktika-zabolevanij/437-profilaktika-serdechno-sosudistykh-zabolevanij-2.html> (дата обращения: 25.08.2021).
3. Программа достижения показателя Цели устойчивого развития 3.4.1. «Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (на 100 000 чел.)» // Республиканский научно-практический центр «Кардиология». – URL: <http://www.cardio.by/files/299/TSUR-programma-dlya-sayta.pdf> (дата обращения: 07.05.2024).
4. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в странах Европы: связь с показателями системы здравоохранения (медико-демографическое исследование) / В. П. Войтенко, А. В. Писарук, Н. Г. Ахаладзе [и др.] // Кровообіг та гемостаз. – 2014. – № 3–4. – С. 103–111.
5. Магеро, А. В. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний / А. В. Магеро // 10-я городская клиническая больница. – URL: <https://www.10gkb.by/informatsiya/stati/factory-riska-serdechno-sosudistykh-zabolevanij> (дата обращения: 19.05.2023).
6. Об утверждении Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь» на 2016–2020 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 19 января 2021 г. № 28 // Эталон : информ.-поисковая система (дата обращения: 19.02.2024).
7. Алексеевнина, О. Я. Перспективы использования посолочных смесей с пониженным содержанием натрия в технологии мясных продуктов / О. Я. Алексеевнина, И. С. Патракова // Теоретические и практические аспекты управления технологиями пищевых продуктов в условиях усиления международной конкуренции : 17-я Междунар. науч.-практ. конф., 11 дек. 2014 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т мяс. пром-сти. – М., 2014. – С. 11–12.
8. Способы увеличения сроков годности мясной продукции / А. А. Семенова, В. В. Насонова, Л. А. Веретов, Е. В. Милеенкова // Все о мясе. – 2016. – № 5. – С. 32–37.
9. Горбунова, Н. А. Мировые инновационные тенденции снижения содержания поваренной соли в мясных продуктах (обзор по материалам иностранных научно-исследовательских работ) / Н. А. Горбунова, Е. К. Туниева // Все о мясе. – 2014. – № 5. – С. 40–46.

10. Туниева, Е. К. Альтернативные методы технологической обработки для снижения содержания соли в мясных продуктах / Е. К. Туниева, Н. А. Горбунова // Теория и практика переработки мяса. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 47–56.
11. Туниева, Е. К. Солезаменители – альтернатива хлорида натрия в мясной продукции / Е. К. Туниева // Все о мясе. – 2018. – № 5. – С. 6–9.
12. Патент RU 2087105, МПК6 A23L 1/237. Вкусовая добавка-заменитель хлористого натрия : № 94030887/13 : заявлено 22.08.1994 : опубл. 20.08.1997 / Лисичкина И. Н., Виноградова А. И., Беликов В. М. ; заявитель Ин-т пищевых веществ РАН. – 3 с.
13. Патент RU 2185751, МПК7 A23L 1/237. Соль пищевая антигипертензивная : № 2000119575/13 : заявлено 24.07.2000 : опубл. 27.07.2002 / Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н., Бондарева Е. Д. ; заявитель ЗАО «Валетек Продимпэкс». – 5 с.
14. Патент RU 2077229, МПК6 A23L 1/22. Вкусовая приправа и способ ее получения : № 95104809/13 : заявлено 10.04.1995 : опубл. 20.04.1997 / Чокораи М. Д. ; заявитель Чокораи М. Д. – 4 с.
15. Гордынец, С. А. Изучение состава изделий колбасных вареных, представленных на рынке Республики Беларусь / С. А. Гордынец, Л. А. Чернявская, В. М. Напреенко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочно-го сырья : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, Ин-т мясо-молоч. пром-сти ; ред. Г. В. Гусаков [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 17. – С. 255–261.
16. Фитокомплексы для мясных продуктов с пониженным содержанием поваренной соли / С. А. Гордынец, В. М. Напреенко, С. И. Михнова, Т. А. Мадзиевская // Актуальные вопросы переработки мясного и молочно-го сырья : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, Ин-т мясо-молоч. пром-сти ; ред. А. В. Мелешеня [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 12. – С. 189–197.
17. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 15 дек. 2017 г. № 962. – Минск : Беларус. навука, 2018. – 54 с.
18. Лисин, П. А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности : учеб. пособие / П. А. Лисин. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2023. – 256 с.
19. Оценка аминокислотного состава рецептурной смеси пищевых продуктов / П. А. Лисин, Е. А. Молибога, Ю. А. Канушина, Н. А. Смирнова // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 3 (95). – С. 26–28.
20. Пешук, Л. В. Исследование жирнокислотного состава отдельных видов животного сырья / Л. В. Пешук, И. Г. Радзиевская // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 5–6 окт. 2011 г.) : в 2 ч. / НАН Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по продовольствию ; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2011. – Ч. 2. – С. 214–222.

Информация об авторах

Гордынец Светлана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otmp210@yandex.by

Чернявская Лилия Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий сектором научно-прикладных разработок отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lilia-pavlova@mail.ru

Напреенко Виктория Михайловна, магистр технических наук, научный сотрудник сектора научно-прикладных разработок отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: vika19930505@ mail.ru

Information about authors

Gordynets Svetlana Anatolyevna, Ph.D. (Agricultural), Associate Professor, Head of the Department of Meat Product Technologies, RUE “Institute for Meat and Dairy Industry” (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otmp210@yandex.by

Chernyavskaya Lilia Alexandrovna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Head of the Sector of Scientific and Applied Research, Department of Meat Product Technologies, RUE “Institute for Meat and Dairy Industry” (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: lilia-pavlova@mail.ru

Napreenko Victoria Mikhailovna, Master of Technical Sciences, Researcher at the Sector of Scientific and Applied Research, Department of Meat Product Technologies, RUE “Institute for Meat and Dairy Industry” (172 Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: vika19930505@ mail.ru

УДК 637.5.05

Поступила в редакцию 13.02.2026

Received 13.02.2026

О. Г. Ходорева, К. А. Марченко, С. А. Гордынец*Институт мясо-молочной промышленности, г. Минск, Республика Беларусь***СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУБПРОДУКТОВ СВИНЫХ**

Аннотация. Представлены результаты исследований по определению функционально-технологических (влагосвязывающая, влагоудерживающая и жироудерживающая способности) и структурно-механических (предельное напряжение сдвига, удельное усилие резания, адгезионное напряжение, модуль упругости и соотношение упругой и пластической деформации) свойств для свиных субпродуктов (печень, сердце, мозги, почки, легкие, желудок, щековина, уши, ноги, шкурка), а также проведен их сравнительный анализ со свиной (тазобедренная часть).

Ключевые слова: субпродукты свиные; функционально-технологические свойства; структурно-механические свойства; реологические свойства.

O. G. Khodoreva, K. A. Marchenko, S. A. Gordynets*Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus***STRUCTURAL AND MECHANICAL, FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PORK BY-PRODUCTS**

Abstract. The results of studies on determination of functional and technological properties (water-binding, water-retaining and fat-retaining properties) and structural and mechanical properties (ultimate shear stress, specific cutting force, adhesive stress, modulus of elasticity and ratio of elastic and plastic deformation) for pork by-products (liver, heart, brains, kidneys, lungs, stomach, cheek, ears, legs, skin) are presented, and their comparative analysis with pork (hip part) was also carried out.

Keywords: pork by-products; functional and technological properties; structural and mechanical properties; rheological properties.

Введение. В настоящее время актуальным является повышение эффективности использования на пищевые цели белоксодержащих ресурсов, в том числе посредством более полного вовлечения в производственный оборот субпродуктов, получаемых при переработке скота в качестве побочных продуктов убоя [1, 2]. В свою очередь возможность использования субпродуктов при производстве мясной продукции на основе субпродуктов с высокими потребительскими характеристиками позволит обеспечить все слои населения доступным и качественным животным белком. Для решения данной задачи необходимо изучение комплекса свойств субпродуктов, актуальных для современного уровня развития технологий мясной промышленности и требований к их качеству. Нами в рамках исследований свойств субпродуктов ранее были получены данные по содержанию белка, а также его аминокислотному составу и сбалансированности, которые подтвердили возможность использования субпродуктов при производстве мясной продукции с высокой биологической ценностью при соблюдении принципов взаимосбалансирования и комбинирования рецептурных компонентов [3].

В то же время высокая степень разнородности морфологического и химического состава субпродуктов усложняет их дальнейшее применение в производстве и может приводить к значительным колебаниям качества готовой продукции, в связи с чем необходим специ-

альный подход при их переработке [4]. Принимая во внимание специфичность субпродуктов, для определения их технологической совместимости и прогнозирования поведения во время промышленной переработки, целесообразным и актуальным является изучение совокупности их функционально-технологических и структурно-механических (реологических) свойств.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования использовались субпродукты свиные различного анатомического происхождения и морфологического строения – печень, сердце, мозги, почки, легкие, желудок, щековина, уши, ноги, шкурка; а также с целью осуществления сравнительного анализа – свинина (тазобедренная часть).

Примечание – Испытания ног проводились на их мякотной части, полученной после обвалки (отделения от кости), испытания структурно-механических свойств шкурки – на ее внешней стороне.

Определение влагосвязывающей способности (ВСС) методом прессования по методу Грау и Хамма в модификации Воловинской, определение влагоудерживающей способности (ВУС) и определение жирудерживающей способности (ЖУС) осуществляли по методикам, изложенным в [5]. Определение массовой доли влаги для расчета ВСС по ГОСТ 9793-2016.

Изучение структурно-механических (реологических) свойств субпродуктов проводили методом анализа профиля текстуры (ТРА) на анализаторе текстуры «Brookfield СТЗ» (Brookfield, США) по методике, приведенной в [6]. Испытания проводились в трехкратной повторности по каждому наименованию образца с вычислением среднего значения.

Определение предельного напряжения сдвига проводили при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=1$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=1$ мм/с, глубина внедрения индентора $H=4,5, 10$ или 15 мм, наличие реверсионного движения с аналогичными характеристиками. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали конус с углом при вершине $\alpha=60^\circ$.

Определение усилия резания проводили при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=0,5$ мм/с, глубина внедрения индентора $H=4, 5, 10$ или 15 мм. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали металлический нож длиной 70 мм и толщиной у основания $0,15$ мм.

Адгезионное напряжение определяли путем измерения усилия отрыва индентора от исследуемого образца, при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=0,5$ мм/с, длительность стабилизации $\tau = 10$ с, глубина внедрения индентора $H=4, 5, 10$ или 15 мм. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали цилиндр эбонитовый диаметром $12,7$ мм.

Модуль упругости определяли путем сжатия образца, при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=1,0$ мм/с, глубина внедрения индентора H (мм) принята как $1/3$ первоначальной высоты образца. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали цилиндрический датчик (диск) диаметром $38,1$ мм. Отношение упругой деформации к пластической определяли при выполнении исследований на сжатие при параметрах испытания, аналогичных определению модуля упругости.

Результаты и их обсуждение. Функционально-технологические свойства (ФТС). Под ФТС мясного сырья понимают комплекс показателей, которые характеризуют его способность связывать и удерживать влагу и жир, формировать стабильные эмульсии и т. д. ФТС определяют способность конкретного пищевого ингредиента выполнять те или иные структурные функции в пищевых системах.

В настоящей работе изучены такие ФТС субпродуктов свиных, как влагосвязывающая (ВСС), влагоудерживающая (ВУС) и жирудерживающая (ЖУС) способности. Способности мясного сырья связывать и удерживать влагу и жир могут оказывать влияние на характеристики мясных продуктов: сочность, нежность, товарный вид, потери при термической обработке и т. д.

На рис. 1 приведены результаты изучения ФТС субпродуктов свиных и свинины. Значение показателя ВСС для ног свиных не определялось, поскольку данный вид сырья нецелесообразно использовать в сыром виде, что обусловлено высокой сложностью и трудоемкостью процесса их обвалки (отделения мякотных тканей от кости).

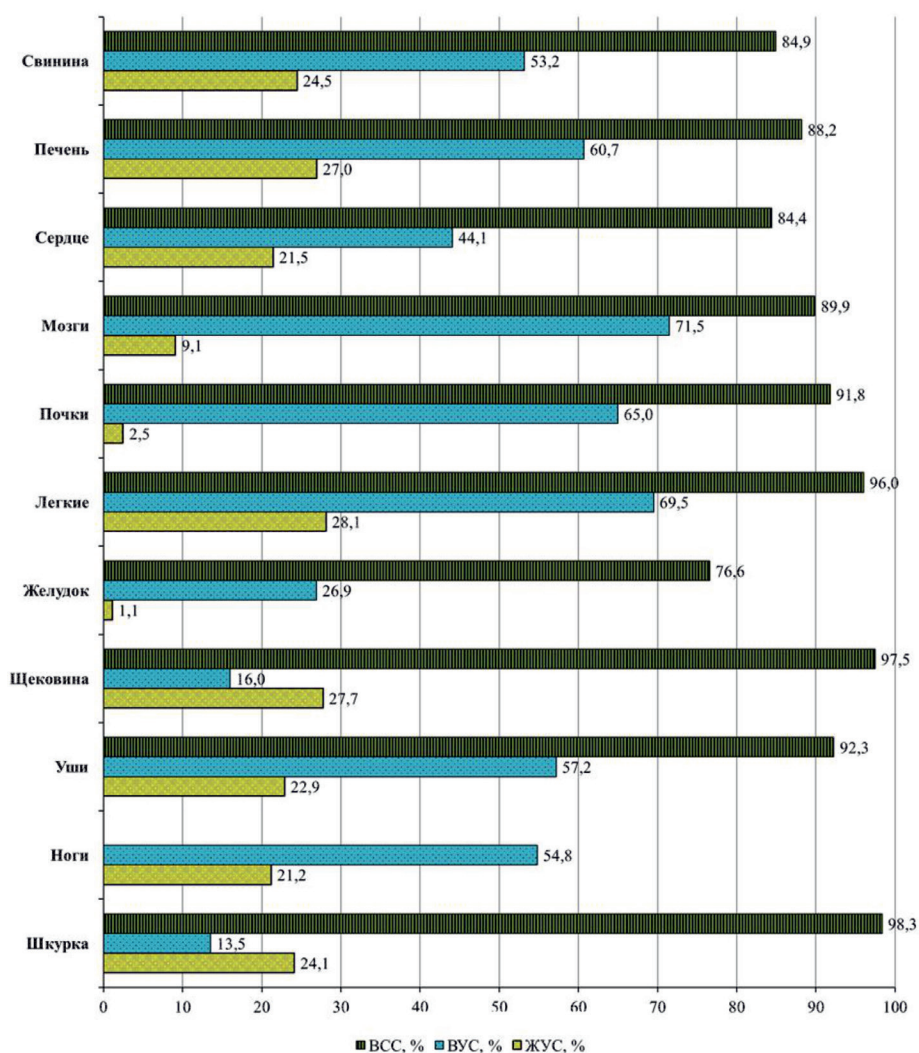


Рис. 1. Функционально-технологические свойства субпродуктов свиных и свинины
 Fig. 1. Functional and technological properties of pork and pork by-products

Согласно полученным результатам (рис. 1) по величине ВСС большинство исследуемых субпродуктов превосходят свинину – шкурка (на 15,8 %), щековина (на 14,8 %), легкие (на 13,1 %), уши (на 8,7 %), почки (на 8,1 %), мозги (на 5,9 %), печень (на 3,9 %). Сердце по величине ВСС наиболее приближено к свинине (уступает лишь на 0,6 %). Меньшей ВСС обладает желудок и уступает показателю для свинины на 9,8 %.

По величине ВУС (рис. 1) большей величиной по отношению к свинине характеризовались мозги (выше на 34,4 %), легкие (выше на 30,6 %), почки (выше на 22,2 %), печень (выше на 14,1 %), уши (выше на 7,5 %) и ноги (выше на 3,0 %). Полученные высокие значения показателя у мозгов и легких могут быть обусловлены строением в виде мягких и губчатых паренхиматозных тканей, где большая доля влаги представлена капиллярно связанной (задерживаемой в капиллярах или порах), при этом при измельчении такого сырья влагоудерживающая способность может иметь тенденцию к снижению. Для остальных наименований субпродуктов способность удерживать влагу в большей степени определяется удерживаемой белками влагой (адсорбционной). При этом, для ушей и ног, учитывая наличие в их составе соединительнотканых белков наряду с мышечными, при увеличении продолжительности термической обработки и степени измельчения ВУС будет иметь тенденцию к увеличению. Уступали свинине по величине ВУС в меньшей степени сердце (ниже на 14,1 %), в большей степени желудок (ниже на 49,4 %), щековина (ниже на 69,9 %) и шкурка (ниже на 74,6 %). Низкие значения показателя для желудка обусловлены особенностями морфологического строения, для щековины – высоким содержанием жира и низким содержанием белка. Для шкурки свиньи низкое значение обусловлено лишь применяемой методикой исследований

(малая продолжительность термообработки и измельчения), поскольку шкурка представлена преимущественно соединительнотканными белками, основным из которых является коллаген, который после тщательного измельчения образует водно-белковые эмульсии. При воздействии на коллаген высокой температуры в условиях повышенной влажности он превращается в желатин, обладающий высокой влагосвязывающей и студнеобразующей способностью. Таким образом, при использовании данного сырья целесообразна его предварительная обработка, способствующая более полному гидролизу коллагена и значительному увеличению влагоудерживающей способности. Принимая во внимание достаточно высокие потери влаги при тепловой обработке для отдельных наименований исследуемых субпродуктов, которые могут привести к снижению качества готового продукта (образованию бульонных отеков, рыхлой, сухой консистенции), с целью повышения ВУС мясной системы при составлении рецептур целесообразно предусматривать применение функциональных ингредиентов, в т. ч. растительного происхождения.

По величине ЖУС (рис. 1) большей величиной по отношению к свинине характеризовались легкие (на 14,7 %), щековина (на 13,1 %) и печень (на 10,2 %). Незначительно меньшей величиной ЖУС по отношению к свинине характеризовались шкурка (на 1,6 %), уши (на 6,5 %), сердце (на 12,2 %) и ноги (на 13,5 %). Низкой ЖУС характеризовались мозги (9,1 %), почки (2,5 %) и желудок (1,1 %). Высокие потери жира при термообработке могут приводить к снижению качества готового продукта (образованию бульонно-жировых отеков, наплывов жира под оболочкой), что следует учитывать при составлении рецептур.

Структурно-механические (реологические) свойства. Реологическими или структурно-механическими называются механические свойства материалов, проявляющиеся в процессе их деформации, течения и разрушения. Изучены такие реологические свойства субпродуктов свиных, как предельное напряжение сдвига, удельное усилие резания, адгезионное напряжение, упруго-пластические свойства (модуль упругости, отношение упругой деформации к пластической).

Предельное напряжение сдвига. Предельным напряжением сдвига называется минимальное напряжение, при котором происходит пластическое или вязкое течение материала. Предельное напряжение сдвига определяет способность материала сохранять свою форму под действием сил тяжести и данный показатель, как сдвиговое реологическое свойство, принято считать основным. С его помощью оценивают качество продукта, обосновывают оптимальные технологические условия процессов.

На рис. 2 представлены полученные результаты, отражающие зависимость прилагаемого усилия от глубины погружения конуса в испытуемые образцы, а также результаты расчетов по определению предельного напряжения сдвига субпродуктов свиных и свинины.

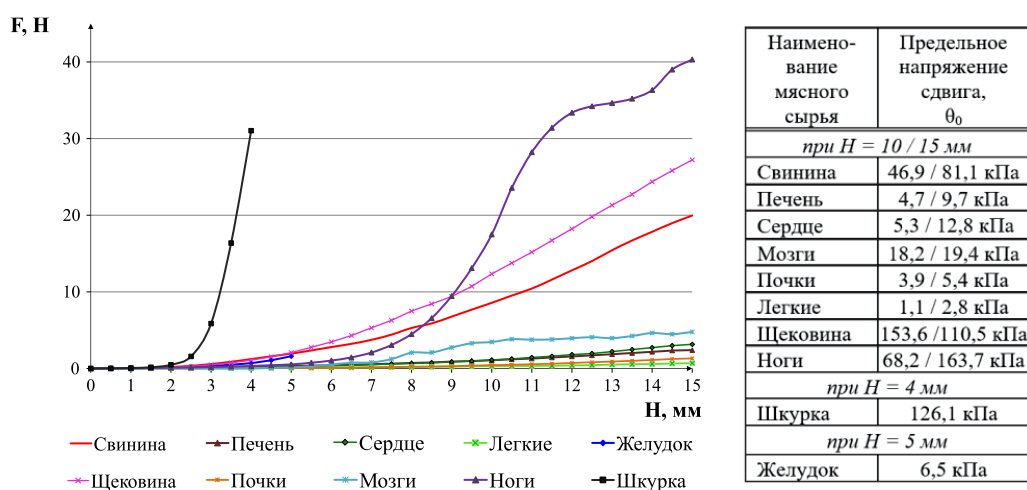


Рис. 2. Зависимость усилия, приложенного вдоль индентора (конуса), от глубины погружения индентора и предельное напряжение сдвига субпродуктов свиных и свинины

Fig. 2. Dependence of the force applied along the indenter (cone) on the depth of immersion of the indenter and the ultimate shear stress of pork and pork by-products

Анализ полученных результатов (рис. 2) показал, что большими прочностными свойствами в сравнении со свининой характеризуются шкурка и ноги, что обусловлено прочностными связями коллагеновых волокон. Так, при погружении конуса в образец шкурки прилага-

емое усилие в 25 раз превышает усилие при погружении в образец свинины на аналогичную глубину, в образце ног – в 2 раза. Кроме того, большим значением предельного напряжения сдвига по отношению к свинине характеризовалась щековина (выше на 36 %), что может быть обусловлено наличием плотной жировой ткани и прослойками мышечной, затрудняющих погружение конуса.

Результаты расчетов предельного напряжения сдвига свиных субпродуктов (рис. 2), полученные при проведении испытаний, можно расположить в следующей последовательности в порядке убывания с учетом сопоставимости при глубине внедрения индентора 15 мм – ноги (163,7 кПа), щековина (110,5 кПа), мозги (19,4 кПа), сердце (12,8 кПа), печень (9,7 кПа), почки (5,4 кПа), легкие (2,8 кПа). Сопоставимые (при глубине внедрения индентора 10–15 мм) с остальными субпродуктами данные для шкурки и желудка получить не удалось, поскольку их нативное состояние не позволяет провести испытания на соответствующей глубине.

Оценить предельное напряжение сдвига ушей свиных не удалось ввиду неоднородности структуры по всей поверхности образца.

Резание. Резание относится к важнейшим технологическим операциям при производстве пищевых продуктов. Основным показателем, характеризующим процесс резания, является усилие резания, которое зависит как от физико-механических свойств материала, так и от формы и размеров применяемого инструмента.

На рис. 3 представлены полученные результаты, отражающие зависимость прилагаемого усилия от глубины погружения ножа в испытуемые образцы, а также расчеты по определению удельного усилия резания субпродуктов свиных и свинины.

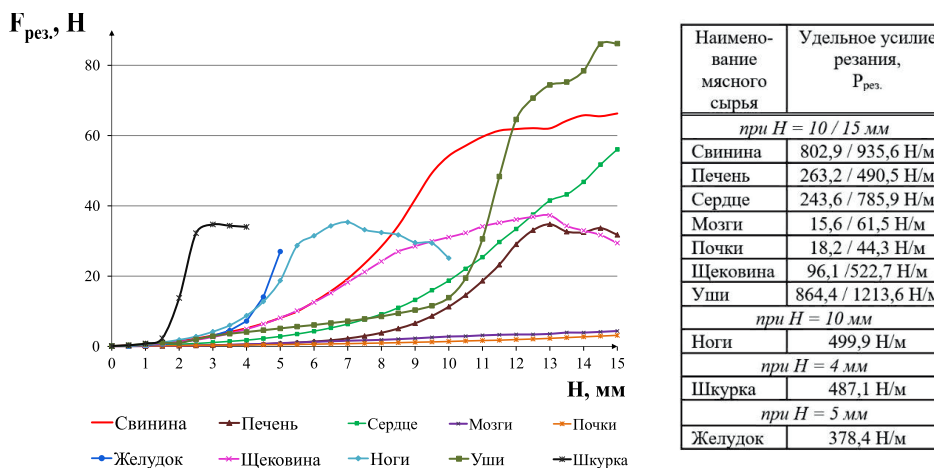


Рис. 3. Зависимость усилия резания от глубины погружения индентора (ножа) и удельное усилие резания субпродуктов свиных и свинины
 Fig. 3. Dependence of the cutting force on the immersion depth of the indenter (knife) and the specific cutting force of pork and pork by-products

Анализ данных, представленных на графике (рис. 3) показывает зависимость усилия резания исследуемого сырья от наличия в его составе соединительной ткани. Большим усилием резания в сравнении со свининой характеризуются шкурка, ноги, уши, желудок.

Учитывая меньшую глубину внедрения ножа, обусловленную особенностями нативного строения отдельных видов сырья (шкурка, желудок, ноги), сравнительный анализ усилия резания со свининой и другими видами сырья производился на аналогичной глубине погружения согласно графику (рис. 3):

- ♦ для шкурки усилие резания при погружении ножа на 4 мм выше свинины в 6,5 раз, для желудка усилие резания при погружении ножа на 5 мм выше свинины в 3,3 раза;
- ♦ для ног усилие резания выше свинины при погружении до 7 мм в 1,8 раза, а при дальнейшем погружении ножа до 10 мм немного снижается, что может быть обусловлено разнородным строением (слоями жировой и мышечной тканей, сухожилиями, шкуркой).

Для ушей, как видно на графике (рис. 3), усилие резания при погружении до 10 мм было ниже свинины, после чего наблюдался резкий скачок роста. Это обусловлено тем, что испытания проводились у основания начиная с внутренней стороны, когда на начальном этапе погружения строение представляло собой мышечную и жировые ткани, а затем соединительную ткань и шкурку. На момент окончания погружения (15 мм) усилие резания превышало значение для свинины в 1,3 раза.

Меньшей величиной удельного усилия резания в сравнении со свиной (935,6 Н/м) характеризовались в порядке убывания – сердце (785,9 Н/м), щековина (522,7 Н/м), печень (490,5 Н/м), мозги (61,5 Н/м) и почки (44,3 Н/м). Следует отметить, что для щековины заметный на графике (рис. 3) рост усилия резания и его уменьшение при дальнейшем погружении ножа обусловлены наличием прослойки мышечной ткани.

Полученные значения усилия резания для сырья с высоким содержанием соединительной ткани (коллагена) указывают на необходимость проведения предварительной технологической обработки с целью ослабления прочностных связей коллагеновых волокон.

Усилие резания легких определить не удалось ввиду их губчатой структуры, состоящей из мягкой паренхиматозной ткани – при резании происходит продавливание образца, без его разрезания.

Адгезия. Важной реологической характеристикой мясного сырья и мясных систем является показатель адгезии (липкости), который определяет связность структуры готового продукта. Величина адгезии, как поверхностного свойства, частично может характеризовать консистенцию продукта. Адгезия обнаруживается при разделении разнородных тел, соприкасающихся своими поверхностями, как усилие, противодействующее разделению (отрыву).

На рис. 4 приведены результаты лабораторных исследований и расчетов по определению адгезионного напряжения субпродуктов свиных и свиной.

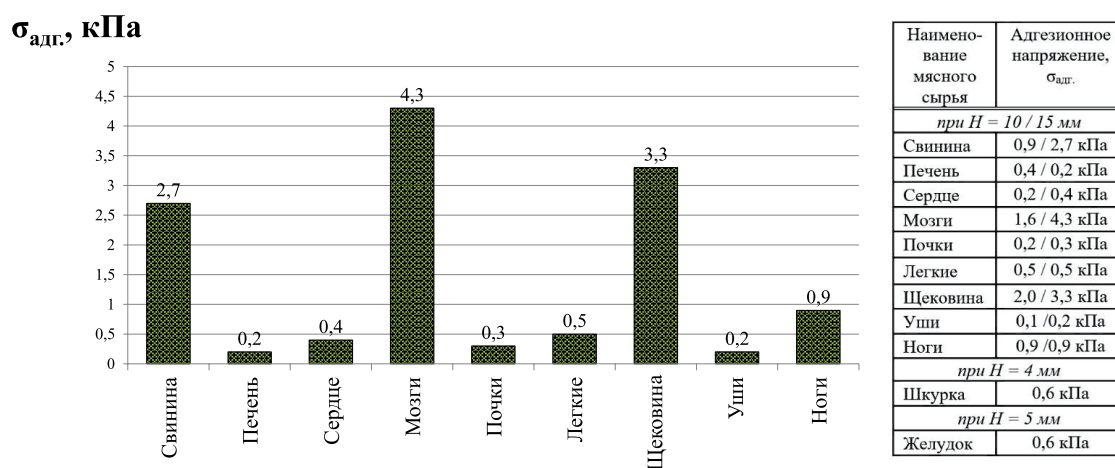


Рис. 4. Адгезионное напряжение субпродуктов свиных и свиной
Fig. 4. Adhesive tension of pork and pork by-products

Полученные результаты (рис. 4) показали, что наибольшим адгезионным напряжением характеризовались мозги (4,3 кПа) и щековина (3,3 кПа), что выше значения для свиной на 59,2 % и 22,2 % соответственно. В остальных исследуемых образцах адгезионное напряжение значительно ниже, чем в свиной: в ногах – в 3 раза (0,9 кПа), легких – в 5,4 раза (0,5 кПа), сердце – в 6,8 раз (0,4 кПа), почках – в 9 раз (0,3 кПа), печени и ушах – в 13,5 раз (0,2 кПа).

Сопоставимые (при глубине внедрения идентора 10–15 мм) с остальными субпродуктами данные для шкурки и желудка получить не удалось, поскольку его нативное состояние не позволяет провести испытания на соответствующей глубине.

Упруго-пластические свойства. Большинство пищевых материалов проявляют как упругие, так и пластические свойства. Упругость – это способность тела восстанавливать форму и размеры после снятия нагрузки. Если тело возвращается к исходным размерам и форме после того, как внешнее усилие прекращает свое воздействие, то его называют упругим, а его деформацию считают упругой. Для любого тела существует предел приложенного усилия, после которого деформация перестает быть упругой, тело не возвращается в исходную форму и к исходным размерам, а остается в деформированном состоянии или разрушается, такую деформацию считают пластической.

Для оценки упруго-пластических свойств субпродуктов использовали такие характеристики, как модуль упругости, а также отношение упругой деформации к пластической.

В табл.1 приведены полученные данные по величине модуля упругости, соотношения упругой и пластической деформации субпродуктов свиных и свиной.

Т а б л и ц а 1. Деформационные характеристики субпродуктов свиных и свинины
T a b l e 1. Deformation characteristics of pork and pork by-products

Наименование мясного сырья	Среднее арифметическое исследуемого значения (на приборе)	Модуль упругости, Е	Отношение упругой деформации к пластической деформации, $h_{упр.}/h_{пл.}$
Свинина	$F_{н.} = 1448$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	37,4 кПа	2,51 мм/4,49 мм = 0,56
Печень	$F_{н.} = 623$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	16,1 кПа	4,06 мм/2,94 мм = 1,38
Сердце	$F_{н.} = 836$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	21,6 кПа	3,34 мм/3,66 мм = 0,91
Мозги	$F_{н.} = 1308$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	33,8 кПа	1,30 мм/5,70 мм = 0,23
Почки	$F_{н.} = 128$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	3,3 кПа	5,31 мм/1,69 мм = 1,22
Легкие	$F_{н.} = 144$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	3,7 кПа	5,00 мм/2,00 мм = 2,50
Щековина	$F_{н.} = 881$ г, $h_{обр.} = 21$ мм, $\Delta h = 7$ мм	22,75 кПа	2,83 мм/4,17 мм = 0,68
Ноги	$F_{н.} = 445$ г, $h_{обр.} = 15$ мм, $\Delta h = 5$ мм	11,5 кПа	4,35мм/0,65мм = 6,69
Шкурка	$F_{н.} = 4426$ г, $h_{обр.} = 4$ мм, $\Delta h = 2$ мм	76,21 кПа	1,84мм/0,16мм = 11,50

На рис. 5 представлены результаты изучения упругой и пластической деформации субпродуктов свиных в виде доли от абсолютной (общей) деформации, что позволит наглядно оценить, какой вид деформации преобладает в данных видах сырья и косвенно оценить их упругие свойства.

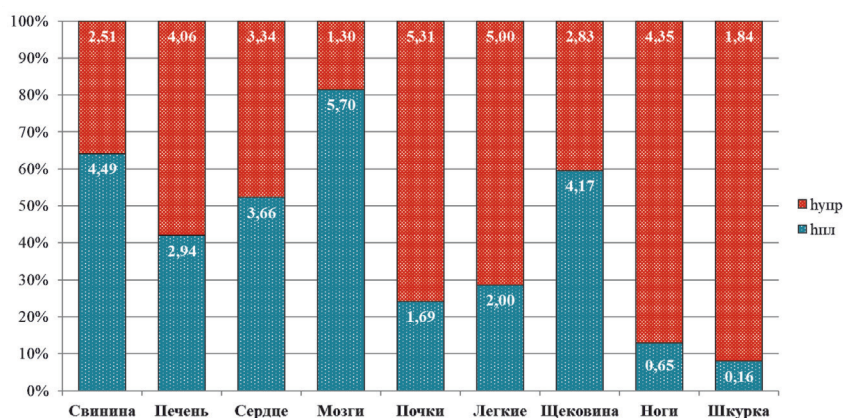


Рис. 5. Соотношение упругой и пластической деформации субпродуктов свиных и свинины
Fig. 5. The relationship between elastic and plastic deformation of pork and pork by-products

Сравнительный анализ полученных данных (рис. 5) показал, что в шкурке, ногах, легких, почках и печени преобладает упругая деформация. При этом, самыми высокими упругими свойствами характеризуются шкурка и ноги, что обусловлено высоким содержанием соединительной ткани (коллагена). В свинине, сердце, мозгах и щековине преобладает пластическая деформация, что связано прежде всего с их морфологическим строением, представленным мягкими тканями – мышечной, жировой, паренхиматозной.

Оценить упруго-пластические свойства ушей и желудка свиных не удалось, что обусловлено естественным строением испытуемых образцов (неоднородной структурой и малой толщиной соответственно).

Заключение. Полученные результаты исследований функционально-технологических и структурно-механических свойств субпродуктов свиных позволят объективно оценить технологические возможности данных видов сырья с учетом его дальнейшего использования, оптимизировать параметры отдельных технологических операций, прогнозировать измене-

ния свойств мясных систем в процессе производства, улучшить качество готового продукта – предотвратить возможность возникновения технологических дефектов, получаемых в процессе производства мясной продукции (бульонно-жировых отёков, рыхлой консистенции, разрыва оболочки и т. д.).

Результаты исследований могут служить справочно-информационным материалом для определения сочетаемости компонентов в рецептуре, оптимизации выбора соотношений ингредиентов, с учетом вероятности взаиморегулирования свойств, как отдельных составляющих, так и получаемой системы в целом.

Исследования проводились в рамках НИР 5 «Изучение структурно-механических свойств субпродуктов и их сочетаемости с мясным сырьем при изготовлении новых видов мясной продукции с высокими потребительскими характеристиками» задания 5.7 «Разработка организационно-технологических способов и рекомендаций по повышению качественных характеристик и сбалансированности состава мясных продуктов, обеспечивающих улучшение их потребительских свойств» подпрограммы «Продовольственная безопасность» государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», 2021–2025 годы.

Список использованных источников

1. Насонова, В. В. Перспективные пути использования субпродуктов // Теория и практика переработки мяса – 2018. – №3. – С.64–73.
2. Лебедева, Л. И. Использование субпродуктов в России и за рубежом / Л. И. Лебедева, В. В. Насонова, М. И. Вережкина // Все о мясе – 2016. – №5. – С.8–12.
3. Ходорева, О. Г. Субпродукты свиные: аминокислотный состав и сбалансированность белка / О. Г. Ходорева, К. А. Марченко, С. А. Гордынец // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2022. – № 3 (57). – С. 79–85.
4. Антипова, Л. В. Прикладная биотехнология. УИРС для специальности 270900 : учебное пособие для вузов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, А. И. Жаринов ; Науч. ред. Л. В. Антипова. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 288 с.
5. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – 376 с.
6. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум / А. С. Максимов, В. Я. Черных. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 176 с.

Информация об авторах

Ходорева Ольга Геннадьевна, заведующий сектором стандартизации и нормирования мясной отрасли РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (220075, Минск, Партизанский пр-т, 172).

E-mail: olga_khodoreva@mail.ru

Марченко Кристина Александровна, научный сотрудник сектора стандартизации и нормирования мясной отрасли РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (220075, Минск, Партизанский пр-т, 172).

E-mail: k.a.marchenko@mail.ru

Гордынец Светлана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (220075, Минск, Партизанский пр-т, 172).

E-mail: otmp210@yandex.by

Information about authors

Khodoreva Olga Gennadievna, head of the sector for standardization and rationing of the meat industry RUE «Institute of Meat and Dairy Industry» (220075, Minsk, Partizansky Ave, 172).

E-mail: olga_khodoreva@mail.ru

Marchenko Kristina Alexandrovna, researcher of sector of standardization and rationing of meat industry RUE «Institute of Meat and Dairy Industry» (220075, Minsk, Partizansky Ave, 172).

E-mail: k.a.marchenko@mail.ru

Gordynets Svetlana Anatolievna, Ph. D. (Agriculture), head of meat products technology department RUE «Institute of Meat and Dairy Industry» (220075, Minsk, Partizansky Ave, 172).

E-mail: otmp210@yandex.by

УДК 628.35

Поступила в редакцию 06.01.2026

Received 06.01.2026

А. В. Куликов, Д. А. Зайченко, А. А. Садовский*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь***УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО
КАРТОФЕЛЬНОГО ПЮРЕ ЗА СЧЕТ ПЕРЕРАБОТКИ
КАРТОФЕЛЕКРАХМАЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ**

Аннотация. В статье описаны результаты исследований физико-химических показателей картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре и ее оценка по основным нормируемым показателям по загрязнениям. Обоснованы способы, обеспечивающие снижение взвешенных веществ и очистку данной суспензии. Изучены образующиеся фракции после переработки суспензии, даны рекомендации по их использованию. По результатам проведенных исследований сформирована усовершенствованная аппаратурно-технологическая схема производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии.

Ключевые слова: технология, показатели, картофельное пюре, картофелекрахмальная суспензия, переработка, очистка, взвешенные вещества, микроорганизмы.

A. V. Kulikou, D. A. Zaichenko, A. A. Sadouski*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus***IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCING DRY MASHED
POTATOES BY PROCESSING POTATO STARCH SUSPENSION**

Abstract. This article describes the results of a study of the physicochemical properties of a potato starch suspension formed during the production of dry mashed potatoes and its evaluation against key standardized contaminant parameters. Methods for reducing suspended solids and purifying this suspension are substantiated. The resulting fractions after processing the suspension are studied, and recommendations for their use are provided. Based on the results of the study, an improved equipment and process flow diagram for the production of dry mashed potatoes through the processing of potato starch suspensions has been developed.

Keywords: technology, indicators, mashed potatoes, potato starch suspension, processing, cleaning, suspended solids, microorganisms.

Введение. При производстве сухого картофельного пюре образуется 2 вида отходов: твердые и жидкие, из которых используются в основном только твердые в качестве кормового продукта для животных, так как они являются продуктами транспортабельными и более ценными по своим свойствам. Образующиеся жидкие отходы (картофелекрахмальная суспензия) в силу своей малой эффективности из-за низкого содержания сухих веществ 2–4 % используется в незначительной степени, хотя по подсчетам в ней остается до 50 % всех сухих веществ картофеля, переходящего в отходы. По своему физическому состоянию данная суспензия представляет собой полидисперсную систему, дисперсионной средой в которой является вода с частью растворенных в ней компонентов картофеля, а дисперсной фазой являются частицы разрушенного клейстеризованного крахмального зерна, а также частицы разваренного и сырого картофеля различных размеров, образовавшиеся в процессе его механической и термической обработки [1]. При этом более 25 % сухих веществ в картофелекрахмальной суспензии составляют растворимые сухие вещества, выделить которые известными механическими способами разделения суспензий практически невозможно.

Данная суспензия зачастую сбрасывается на поля фильтрации, где происходит образование осадка, легко переходящего в гнилостное состояние, с выделением при этом сероводорода, имеющего неприятный запах, развития грибковых обрастаний по ложу фильтрационных полей, уход-

шая экологическую ситуацию на предприятии и близлежащих территориях [2-4]. При сбросе ее в городские канализационные сети предприятия вынуждены выплачивать штрафы с повышенным коэффициентом из-за высокого содержания загрязняющих компонентов, ХПК, БПК и др.

Анализ литературных данных, а также патентных исследований (RU2644904C1, RU9456U1, РФ2439001, RU195070U1, CN101423298A, JP2008264755A и др.) показал, что для очистки различных видов производственных суспензий и сточных вод эффективно используются специализированные микроорганизмы-деструкторы органических веществ.

Процесс биологической очистки основан на способности микроорганизмов использовать для своего питания, находящиеся в сточных водах и суспензиях органические вещества (углеводы, белки, жиры и др. вещества). Азот, который необходим бактериям для жизнедеятельности, они извлекают из аммиака, нитратов, аминокислот, фосфор и калий – из минеральных солей, содержащихся в стоках [5].

Однако, на отечественных предприятиях по производству сушеных картофелепродуктов отсутствуют системы микробной очистки картофелекрахмальных суспензий.

На основании вышеизложенного **целью исследований** являлось усовершенствование технологии производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии и ее рециклинга, используя комбинацию механических и биологических методов обработки.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлся процесс очистки картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре, физико-механическими (отстаивание, центрифугирование, фильтрация) и биологическими методами путем применения микроорганизмов-деструкторов органических веществ.

Анализ основных нормируемых показателей по загрязнениям данной суспензии (ХПК, N, P) проводили с использованием общепринятых методик по руководствам:

- ♦ ГОСТ 31859-2012 Вода. Метод определения химического потребления кислорода;
- ♦ ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ;
- ♦ ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 Методика выполнения измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом;
- ♦ ПНД Ф 14.1:2:4.254-09 Методика измерений массовых концентраций взвешенных и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом.

Результаты и их обсуждение. Для оценки возможного использования и переработки картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре исследованы ее физико-химические показатели, представленные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. Физико-химические показатели картофелекрахмальной суспензии, полученной при производстве сухого картофельного пюре
T a b l e 1. Physicochemical properties of potato starch suspension obtained in the production of dry mashed potatoes

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Массовая доля сухих веществ / в растворенном состоянии	% к массе суспензии	2,8 / более 0,7
Массовая доля жиров	%	0,1
Массовая доля белков	%	0,08
Массовая доля углеводов (включая клетчатку)	%	2,38 (0,8)
Массовая доля золы (макро и микроэлементы)	%	0,24
Плотность	кг/м ³	1,06

Анализ таблицы 1 показывает, что картофелекрахмальная суспензия содержит ценные компоненты, в основном углеводного (85 % по массе) происхождения – крахмал, клетчатку.

Если же при определенных условиях основная масса сухих веществ данной суспензии может быть извлечена, а затем совместно с твердыми отходами посредством дополнительного обезвоживания доведена до состояния равновесной влажности, то полученный таким образом продукт может более длительное время сохраняться и использоваться для кормовых целей. С другой стороны, образующийся в процессе обезвоживания суспензии осадок можно будет в дальнейшем использовать как удобрение полей сельскохозяйственного назначения.

Далее была проведена мониторинговая оценка картофелекрахмальной суспензии по основным нормируемым показателям, результаты которой представлены в таблице 2.

Таблица 2. Анализ картофелекрахмальной суспензии по основным нормируемым показателям в разрезе основных фракций
Table 2. Analysis of potato starch suspension according to the main standardized indicators in the context of the main fractions

Показатель	ПДК	Фракция картофелекрахмальной суспензии:		
		исходная фракция	осветленная фракция (после отстаивания)	осадок
Химическое потребление кислорода, мг O ₂ /л	1 250	12 000–50 000	8 150–13 628	107 320
Аммонийный азот, мг/л	35	14,17	11,82	55,02
Фосфор общий мг/л	10	125,72	172,68	612,4
Взвешенные вещества, мг/л	500	51 750	1 740	135 490

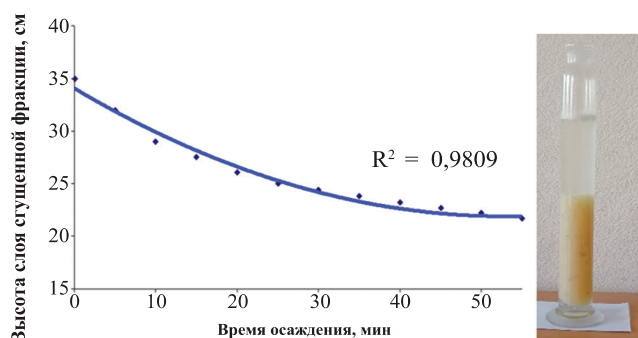


Рис. 1. Зависимость высоты слоя сгущенной фракции от времени осаждения
Fig. 1. Dependence of the height of the thickened fraction layer on the sedimentation

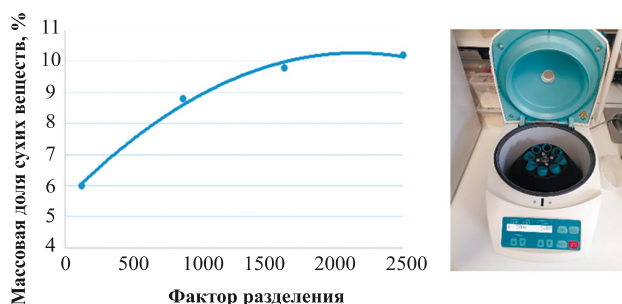


Рис. 2. Зависимость массовой доли сухих веществ картофелекрахмальной суспензии от фактора разделения центрифуги
Fig. 2. Dependence of the mass fraction of dry substances of potato starch suspension on the centrifuge separation factor

суспензии массовая доля сухих веществ осадка увеличивается до 11 %, при этом объем осадка составляет 12 % от исходного, а показатель ХПК снижается с 12000 до 7660 мг O₂/л (на 36 %).

Установлено, что фильтрация данной суспензии невозможна из-за гелеобразной структуры осадка.

Далее осуществлены исследования по очистке картофелекрахмальной суспензии микроорганизмами-деструкторами органических веществ, которые позволили снизить показатель по ХПК с 8 145 до 1 184 мг O₂/л за 14 суток при использовании предварительного отстаивания (степень очистки – 85,5 %), по аммонийному азоту до 22,6 мг/л, по общему фосфору до 46,3 мг/л. Установлено, что без использования предварительного отстаивания либо центрифугирования, продолжительность микробной очистки данной суспензии до показателя по ХПК=1 184 мг O₂/л составляет 21 сутки, т. е. увеличивается на 33 %.

На рисунке 3 представлена визуализация очистки картофелекрахмальной суспензии в течение 14 суток.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что нормируемые показатели картофелекрахмальной суспензии значительно превышают предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ за исключением аммонийного азота. Превышение ПДК по ХПК составляет до 40,1 раз, по общему фосфору – в 12,6 раз, по взвешенным веществам – в 103,5 раз.

С целью снижения взвешенных веществ проведены исследования по очистке данной суспензии физико-механическими методами: отстаиванием, центрифугированием, фильтрацией.

На рисунке 1 представлена зависимость высоты слоя сгущенной фракции суспензии от времени осаждения.

Исследования показали, что при отстаивании картофелекрахмальной суспензии массовая доля сухих веществ осадка увеличивается с 2,8 % до 6 %, при этом объем осадка составляет около 50 % от исходного; рациональная продолжительность процесса составляет около 60 мин; показатель ХПК снижается с 12000 до 8145 мгO₂/л (на 32 %).

На рисунке 2 представлена зависимость массовой доли сухих веществ картофелекрахмальной суспензии от фактора разделения при очистке на центрифуге лабораторной.

Исследования показали, что при центрифугировании картофелекрахмальной

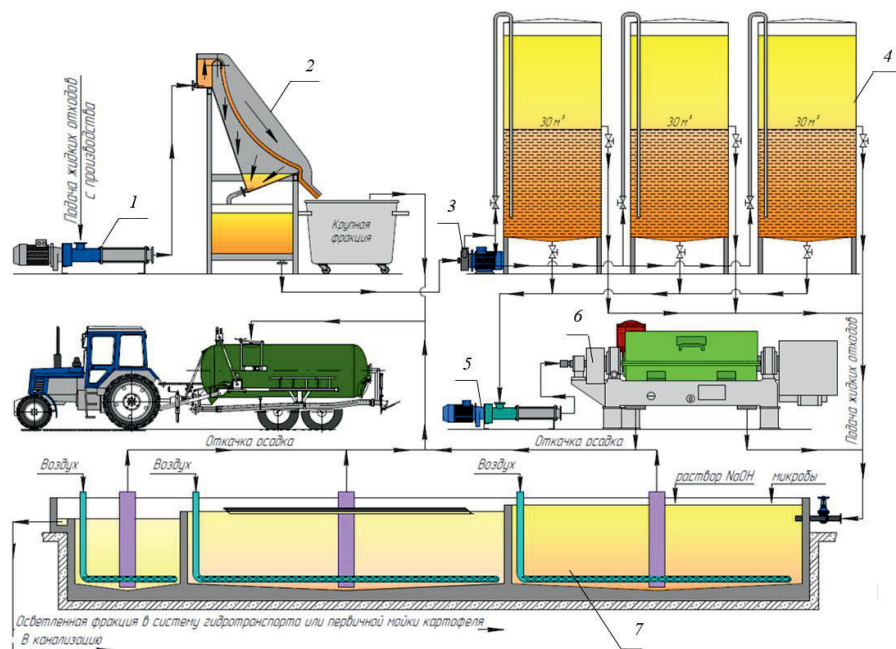
Осуществлено сравнение показателей по загрязнению осветленной фракции картофелекрахмальной суспензии после микробной обработки и транспортно-моечных вод производства сухого картофельного пюре. Проведенный сравнительный анализ показал, что микробиологические показатели осветленной после микробной очистки жидкой фракции суспензии (ОМЧ= $8,0 \times 10^5$ КОЕ/мл, количество граммотрицательных энтеробактерий – $6,4 \times 10^3$ КОЕ/мл) ниже, чем в производственной транспортно-моечной воде (ОМЧ= $1,2 \times 10^7$ КОЕ/мл, количество граммотрицательных энтеробактерий – $4,2 \times 10^4$ КОЕ/мл), а также органолептические показатели были лучше, что указывает на возможность использования осветленной фракции суспензии в технологии производства сухого картофельного пюре для первичной мойки или гидротранспортирования картофеля.

Проведены исследования образующегося осадка в процессе обработки картофелекрахмальной суспензии. На основании установленных показателей осадка (содержание сухого вещества – 7,5 %, рН – 4,01, общий азот – 1,5 кг/т, общий фосфор – 0,5 кг/т, общий калий – 1,3 кг/т, содержание свинца <0,03 мг/кг, содержание кадмия <0,01 мг/кг, класс опасности по свойству «токсичность» – 4), получено заключение от РУП «Институт почвоведения и агрохимии» о возможности использования получаемого осадка в качестве компонента органических удобрений.

Учитывая результаты проведенных исследований разработана схема переработки картофелекрахмальной суспензии в процессе производства сухого картофельного пюре (рисунок 4).



Рис. 3. Визуализация очистки картофелекрахмальной суспензии
Fig. 3. Visualization of potato starch suspension purification



1,5 – винтовой насос, 2 – дуговое сито, 3 – центробежный насос, 4 – емкость для отстаивания, 6 – центрифуга, 7 – аэротенк для микробной очистки частично осветленной фракции картофелекрахмальной суспензии после отстаивания

Рис. 4. Схема переработки картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре

1.5 – screw pump, 2 – arc sieve, 3 – centrifugal pump, 4 – settling tank, 6 – centrifuge,

7 – aeration tank for microbial purification of the partially clarified fraction of the potato starch slurry after settling

Fig. 4. Schematic diagram of the potato starch slurry processing system generated during the production of dry mashed potatoes

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что реализация усовершенствованной технологии производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии позволит предприятиям сократить общие затраты за сброс отходов в городские очистные сооружения и за счет экономии воды, использовать осветленную фракцию суспензии в оборотном водоснабжении предприятия, образующийся осадок применять в качестве компонента органических удобрений для полей с/х назначения, при этом улучшить экологическую ситуацию на предприятии и близлежащих территориях.

Список использованных источников

1. Куликов, А. В. Характеристики сырья и отходов в картофелеперерабатывающей промышленности Республики Беларусь / А. В. Куликов, О. М. Куликова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 3. – С. 31–37.
2. Юрченко, А. Е. Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности (образование и использование). Справочник / А. Е. Юрченко. – М.: Экономика, 1984. – 327 с.
3. Серпова, О. С. Ресурсосберегающие технологии переработки картофеля: Научный аналитический обзор / О. С. Серпова, Л. А. Борченкова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 84 с.
4. Калашников, Г. В. Анализ вторичного пищевого сырья при производстве быстрорастворимых картофельных хлопьев и переработки картофеля / Г. В. Калашников, Л. В. Шухмина, Д. В. Назаретьян // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. – 2016. – № 6 (14). – С. 69–74.
5. Максимов, С. П. Обзор методов биологической очистки сточных вод / С. П. Максимов, И. А. Алексеев // Технические науки – от теории к практике: материалы XLI международной научно-практической конференции № 12(37). – Новосибирск: СибАК, 2014. – С. 95–101.

Информация об авторах

Куликов Алексей Валентинович, кандидат технических наук, доцент, 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: newteh@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: zaichenko@belproduct.com

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

Information about the authors

Kulikou Alexey Valentinovich, PhD. (Technical), Associate Professor, Senior Researcher of the Department of New Technologies and Engineering 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

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD. (Technical), Associate Professor, Deputy General Director for Scientific and Innovative 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: zaichenko@belproduct.com

Sadouski Alexander Alexandrovich, PhD. (Technical), Department head of New Technologies and Engineering 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

А. Б. Торган

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ТЕСТА, ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕССУЮЩЕГО КОРПУСА И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ШНЕКА НА ПРОЦЕСС ФОРМОВАНИЯ

Аннотация. Экструзионное формование является одним из ключевых этапов производства макаронных изделий, определяющим их структурно-механические свойства, качество и энергетическую эффективность технологического процесса. В работе исследовано влияние основных технологических и режимных параметров — влажности теста, температуры прессующего корпуса и частоты вращения шнека — на производительность макаронного пресса, удельную энергоёмкость процесса и качество готовых изделий при использовании конфузочно-диффузорных вставок в предматричном пространстве и колодцах матрицы.

Экспериментальные исследования проведены на лабораторном макаронном прессе, оснащённом системой контрольно-измерительной аппаратуры и компьютерным контролем параметров процесса. В качестве сырья использовали пшеничную муку высшего сорта и воду, соответствующие действующим нормативным документам.

Показано, что оптимальная влажность теста составляет 30–32 %, при которой достигаются минимальные потери сухих веществ при варке, максимальная производительность и наименьшая удельная энергоёмкость. Оптимальная частота вращения шнека находится в диапазоне 2,4–2,7 об/с, обеспечивая наилучшее сочетание производительности и качества продукции. Оптимальный температурный режим прессующего корпуса составляет 50–55 °С, при котором снижаются энергозатраты и улучшается структурная целостность макаронных изделий.

Ключевые слова: макаронные изделия, влажность теста, температура прессующего корпуса, частота вращения шнека, производительность, удельная энергоёмкость, массовая доля сухого вещества, матрица, формирующие отверстия, конфузор, диффузор, уплотнение, пластикация, разогрев теста, вязкость.

A. B. Torgan

Educational Institution “Belarusian State Agrarian Technical University”, Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF THE INFLUENCE OF DOUGH MOISTURE CONTENT, PRESSING BARREL TEMPERATURE, AND SCREW ROTATION SPEED ON THE FORMING PROCESS

Abstract. Extrusion molding is one of the key stages in the production of pasta products, determining their structural and mechanical properties, quality, and energy efficiency of the technological process. This study investigates the influence of the main technological and operating parameters—dough moisture content, pressing barrel temperature, and screw rotation speed—on pasta press productivity, specific energy consumption, and the quality of finished products when using converging–diverging inserts in the pre-die space and die wells.

Experimental studies were carried out on a laboratory pasta press equipped with a system of measuring and control instruments and computerized process parameter monitoring. Premium-grade wheat flour and water complying with current regulatory standards were used as raw materials.

It was shown that the optimal dough moisture content is 30–32 %, at which minimal dry matter losses during cooking, maximum productivity, and the lowest specific energy consumption are achieved. The optimal screw rotation speed lies in the range of 2,4–2,7 rpm, providing the best combination of productivity and product quality. The optimal pressing barrel temperature is 50–55 °C, at which energy consumption is reduced and the structural integrity of pasta products is improved.

Согласно патенту на изобретение РБ № 23082 макаронное тесто с помощью шнека нагнетающего типа 2, расположенного в шнековой камере 1, преодолевая сопротивление перфорированной направляющей решетки 3 для выравнивания скоростей окончательного перемещения теста, поступает в прессовую головку 4, где попадает в конфузур 8, в котором происходит стабилизация теста и его пластификации. Из горловины 9 тесто направляется в диффузор 10, в котором имеет место расширение потока, снижение скорости движения теста, при этом часть кинетической энергии потока переходит в потенциальную, необходимую для преодоления гидравлического сопротивления последующих отверстий 6, а теплота трения из механической энергии движения повышает температуру теста и уменьшает его динамическую вязкость.

Так как тесто предварительно уплотнено, дополнительно пластифицировано и частично подогрето, оно плавно проходит через формирующие отверстия 6 при минимально возможном гидравлическом сопротивлении (без гидравлического удара).

Конфузорно-диффузорная вставка играет ключевую роль в подготовке тестовой массы и существенно влияет на эффективность процесса формования макаронных изделий в формирующих механизмах. Она обеспечивает:

- ♦ предварительное и равномерное уплотнение теста в конфузуре и горловине вставки, сопровождающееся его пластификацией;
- ♦ частичное подогревание теста за счёт тепла трения при прохождении через конфузур и горловину, что снижает его вязкость и облегчает прохождение через формирующие отверстия;
- ♦ снижение гидравлического сопротивления благодаря оптимальной конструкции, что позволяет поддерживать требуемое давление без потерь;
- ♦ увеличение скорости выдавливания теста за счёт предварительного уплотнения, дополнительной пластификации, стабилизации потока и снижения гидравлических потерь, что повышает производительность оборудования и улучшает качество полуфабрикатов.

Контроль и стабилизация тестового потока в колодцах матрицы является одним из перспективных направлений модернизации прессового оборудования для производства макаронных изделий. Установка перед фильерами специальных конфузурно-диффузорных вставок с расширяющейся конфузурной частью 2, диффузором 1 и цилиндрическим переходом 3 (горловиной) между ними способствует выравниванию и стабилизации потока теста рис. 2 [15].

а



б

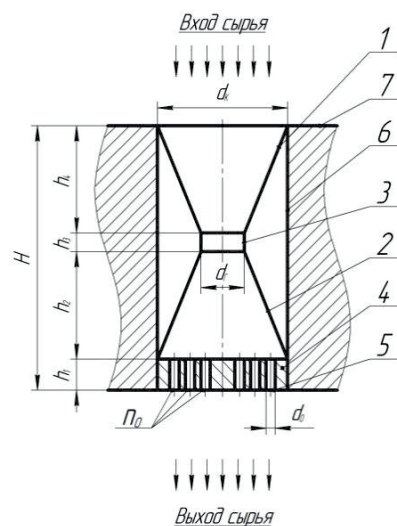


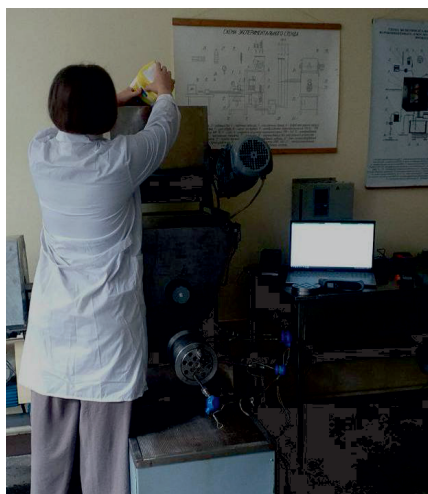
Рис. 2. Общий вид (а) и конструктивная схема (б) матрицы с конфузурно – диффузорными вставками
Fig. 2. General view (a) and structural diagram (b) of the die with converging–diverging inserts

В диффузоре – конической части вставки, примыкающей расширенной частью к вкладышу 4 с формирующими отверстиями 5, постепенно снижается скорость теста и выравнивается давление по плоскости фильеры. При этом важно отметить, что в конфузуре, горловине и диффузоре вставки имеет место не только постепенное уплотнение тестового потока, но также дополнительный его разогрев. Таким образом, тесто подходит к вкладышу 4 предварительно уплотненным и разогретым, а затем плавно входит в формирующие отверстия 5.

Вставка установлена в колодце *б* на фильерном вкладыше *4* плотно (с натягом) без возможности проворачивания, при этом диаметр диффузора *2* равен диаметру вкладыша *4*, что обеспечивает свободный проход теста из диффузора *4* в формующие отверстия *5* матрицы *7*. Рабочее положение матрицы – горизонтальное. Под матрицей устанавливается вращающийся нож для отрезания отформованных изделий (не показан). Стрелками указано направление движения исходного сырья.

Вставку целесообразно изготавливать из того же материала, что и сама матрица, иначе при контакте с тестом может возникнуть гальваническая пара и возникающие в ее системе слабые токи приведут к коррозии металла. Матрицы изготавливают из антикоррозионных и прочих материалов, таких как бронза Бр-АЖ9-4, латунь ЛС59-1, нержавеющая сталь 1Х18Н9Т. Внутренние поверхности вставки (конфузор, горловина и диффузор) желателно полировать или хромировать, но лучшее покрытие – тефлон (фторопласт).

а



б



а – загрузка муки в бункер смесителя; *б* – регулирование контрольно-измерительных приборов и компьютерной системы контроля основных параметров процесса и измерение температуры теста в прессующем корпусе
Рис. 3. Проведение испытаний на экспериментальном стенде
Fig. 3. Conducting tests on the experimental test bench

Экспериментальные исследования. Для проведения эксперимента использовали муку хлебопекарную высшего сорта М 54-28 (СТБ 1666-2006). Данная мука используется на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскхлебпродукт», ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов» и ОАО «Лидяхлебопродукт».

Вода, соответствующая СТБ 1188-99 [16].

Для среднего замеса теста необходимо знать влажность муки, чтобы определить количество воды для получения теста влажностью 29,1–31,10 %, необходимого для получения макаронных изделий данного наименования.

Методика подготовки сырья и теста включает следующие этапы:

- ♦ определение влажности муки;
- ♦ определение количества воды, необходимой для замеса теста;
- ♦ составление рецептурной смеси заданной влажности;
- ♦ проверка влажности теста.

Влажность муки для замеса теста определялась по ГОСТ 9404-88 [16] в соответствии с СТБ 1666-2006 [17].

Влажность муки определяется методом по ГОСТ 9404-60. Данный метод предусматривает высушивание навесок муки в электрических сушильных шкафах типа СЭШ.

Оценку качественных показателей проводили в соответствии с СТБ 1963-2009 [18]. Основные моменты проводимых испытаний представлены на рисунке 3.

Программа и методика проведения эксперимента. Исследования процесса формования проводили на экспериментальном стенде с контрольно-измерительной аппаратурой для измерения основных параметров процесса формирования макаронных изделий, соединенным с компьютерной системой контроля, которая в себя включает персональный переносной компьютер ASUS VivoBook 17X M3704YA-AU071, измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ-148 ТУ 4217-004-46526536-2006 и преобразователь интерфейсов АС4 ТУ 4218-003-46526536-2006 (сертификат соответствия № 03.009.0331.) [19].

Стенд представлен на рис. 4.

Для определения наиболее важных факторов, влияющих на процесс формования макаронных изделий, была проанализирована априорная информация, основанная на ранее проведенных аналитических и экспериментальных исследованиях. Для определения факторов варьирования для экспериментальных исследований была проведена серия «отсеивающих экспериментов».

После обобщения результатов предварительной серии экспериментов для проведения экспериментальных исследований процесса формирования макаронных изделий на экспериментальном прессе факторами варьирования были выбраны следующие параметры:

- ♦ температура прессующего корпуса (t_k , °C);
- ♦ частота вращения шнека ($n_{ш}$, с⁻¹);
- ♦ влажность теста (W_T , %).

В табл. 1 представлены интервалы варьирования исследуемых факторов.



- 1 – смесительный бункер; 2 – бункер прессующего корпуса; 3 – прессующий корпус с предматричным пространством в виде конфузorno-диффузорной вставки; 4 – матрица; 5 – датчик давления АИР 10; 6 – преобразователи термоэлектрические ТХК (L); 7 – узел обдува; 8 – измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ – 148; 9 – контрольно-измерительные приборы; 10 – весы электронные портативные; 11 – персональный компьютер ASUS VivoBook 17X M3704YA-AU071; 13 – векторный преобразователь частоты со встроенным PLC-контроллером E2 – 8300-007H; 14 – рама пресс-автомата; 15 – привод смесителя и прессующего корпуса

Рис. 4. Внешний вид экспериментального стенда

Fig. 4. External view of the experimental test bench

Т а б л и ц а 1. Интервалы варьирования исследуемых факторов

Т а в л е 1. Variation ranges of the studied factors

Фактор	Обозначение	Единицы измерения	Минимальное значение	Максимальное значение
Температура прессующего корпуса	t_k	°C	40,0	55,0
Частота вращения шнека	$n_{ш}$	с ⁻¹	2,0	2,8
Влажность теста	W_T	%	28,0	32,5

В качестве выходных параметров выбраны производительность макаронного пресса (P , кг/ч), удельная энергоёмкость процесса ($N_{уд}$, кВт·ч/кг) и массовая доля сухого вещества, перешедшая в варочную воду ($m_{с.в.}$, %).

Результаты эксперимента. Экспериментальные исследования процесса формирования макаронных изделий с конфузorno-диффузорными вставками проводили на экспериментальном макаронном прессе, соответствующие многофакторному плану эксперимента.

После обработки результатов эксперимента получены графические зависимости производительности макаронного пресса P , массовой доли сухого вещества, перешедшей при варке

макаронных изделий в воду $m_{с.в.}$, и удельной энергоёмкости $N_{уд}$ макаронного пресса от технологических и режимных параметров его работы: температуры прессующего корпуса (t_k), влажности теста (W_T) и частоты вращения шнека в прессующем корпусе ($n_{ш}$).

На рисунке 5 представлена зависимость массовой доли сухого вещества, перешедшей при варке в воду, и удельной энергоёмкости макаронного пресса от влажности теста при $t_k = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n_{ш} = 2,4 \text{ с}^{-1}$.

Кривая зависимости удельной энергоёмкости от влажности теста имеет параболический характер с максимумом при низких значениях влажности (около 26–28 %). При низкой влажности теста около 26 % наблюдается повышенная энергоёмкость до 0,059 кВт·ч/кг. С увеличением влажности до 33–34 % энергоёмкость постепенно снижается до минимального значения до 0,045 кВт·ч/кг. Это объясняется тем, что при увеличении влажности тесто становится более пластичным, снижается внутреннее трение между частицами, что облегчает процесс прессования и снижает потребление энергии экструдера.

Массовая доля сухого вещества, перешедшего в воду при варке, также изменяется по параболическому закону, но с минимумом при влажности теста около 31 %. При низкой влажности около 26–27 % показатель мс.в., достигает максимума, что свидетельствует о повышенной хрупкости и недостаточной структурной целостности изделий. При оптимальной влажности около 30–32 % наблюдается минимум, что указывает на наилучшее качество макаронных изделий — минимальные потери сухих веществ при варке. При дальнейшем увеличении влажности до 33–34 % доля сухих веществ снова увеличивается, что связано с переувлажнением теста, ослаблением клейковинного каркаса и ухудшением структуры изделий.

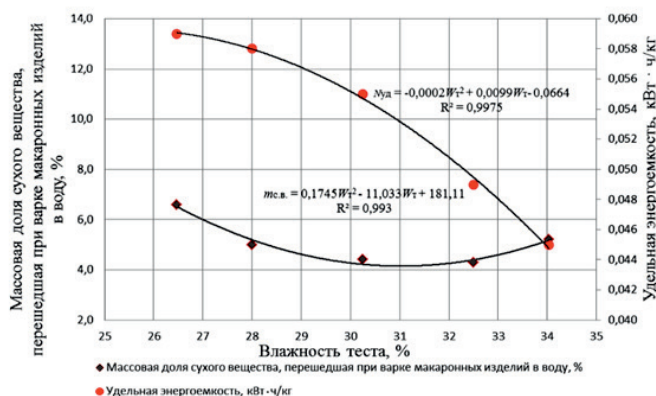


Рис. 5. Зависимость массовой доли сухого вещества, перешедшей в варочную воду мс.в., и удельной энергоёмкости $N_{уд}$ от влажности теста W_T при $t_k = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n_{ш} = 2,4 \text{ с}^{-1}$

Fig. 5. Dependence of the mass fraction of dry matter transferred into cooking water мс.в., and the specific energy consumption $N_{уд}$ on dough moisture content W_T at $t_k = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ and $n_{ш} = 2,4 \text{ с}^{-1}$

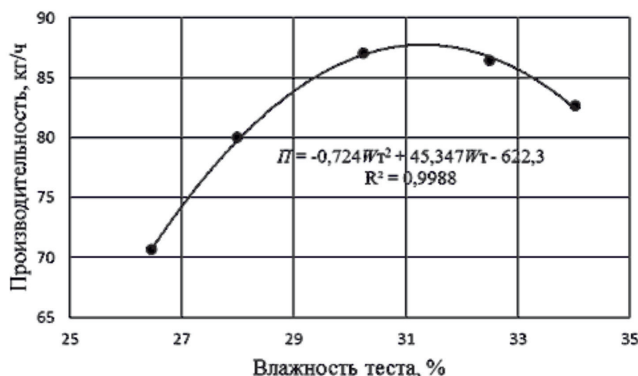


Рис. 6. Зависимость производительности Π от влажности теста W_T при $t_k = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n_{ш} = 2,4 \text{ с}^{-1}$

Fig. 6. Dependence of productivity Π on dough moisture content W_T at $t_k = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ and $n_{ш} = 2,4 \text{ с}^{-1}$

ности до 33–34 % доля сухих веществ снова увеличивается, что связано с переувлажнением теста, ослаблением клейковинного каркаса и ухудшением структуры изделий.

Анализ обеих зависимостей показывает, что при снижении энергоёмкости прессования до определённого уровня одновременно наблюдается минимум потерь сухих веществ при варке. Таким образом, существует оптимальный диапазон влажности теста 30–32 %, который обеспечивает минимальные энергетические затраты на процесс и максимальную структурную прочность и качество готового продукта.

На рисунке 6 представлена зависимость производительности макаронного пресса от влажности теста при $t_k = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n_{ш} = 2,4 \text{ с}^{-1}$.

Кривая имеет параболический характер с ярко выраженным максимумом. При увеличении влажности теста от 26 % до 32 % наблюдается рост производительности. При дальнейшем повышении влажности свыше 32 % производительность снижается. Таким образом, оптимальная влажность теста составляет 32 %, при которой достигается максимальная производительность около 87 кг/ч.

При низкой влажности 26 % тесто имеет повышенную вязкость, плохо перемещается в канале шнека, что снижает производительность. С увеличением влажности тесто становится более податливым и пластичным, улучшается его транспортировка и формование. Однако при влажности выше 32 % излишняя жидкость приводит к ухудшению условий захвата массы витками

шнека, возможному проскальзыванию и снижению подачи. Оптимальная влажность 30–32 % обеспечивает наибольшую производительность и энергетическую эффективность процесса.

На рисунке 7 представлена зависимость производительности макаронного пресса и массовой доли сухого вещества, перешедшего при варке макаронных изделий в воду, от частоты вращения шнека в прессующем корпусе при $t_k = 47,5$ °C и $W_T = 30,25$ %.

Кривая зависимости производительности от частоты вращения шнека имеет параболическую форму с максимумом. При увеличении частоты вращения от 1,7 до 2,8 об/с производительность экструдера возрастает, достигая максимального значения порядка 87,5 кг/ч. Дальнейшее увеличение скорости вращения приводит к незначительному снижению производительности, что объясняется ростом внутреннего сопротивления теста, ухудшением условий уплотнения и повышением обратного потока материала.

Таким образом, оптимальная частота вращения шнека составляет около 2,6 об/с, при которой обеспечивается наибольшая производительность при умеренных энергозатратах.

Кривая зависимости массовой доли сухого вещества, перешедшего в воду при варке макаронных изделий, показывает обратную тенденцию. При увеличении частоты вращения шнека показатель м.с.в. снижается с 5,7 % до примерно 4,4 %, достигая минимума в диапазоне 2,4–2,8 об/с, после чего слегка повышается. Это указывает на то, что при оптимальной частоте вращения структура теста формируется наиболее равномерно, а плотность и целостность макаронных изделий повышается, что снижает их разваривание при варке и улучшает качество.

Две зависимости на графике взаимосвязаны – рост производительности пресса до оптимального уровня сопровождается улучшением качества макарон (меньше сухих веществ теряется при варке). При превышении оптимальной скорости ухудшаются условия прессования, возрастает турбулентность и неравномерность теста, что ведёт к снижению качества изделий.

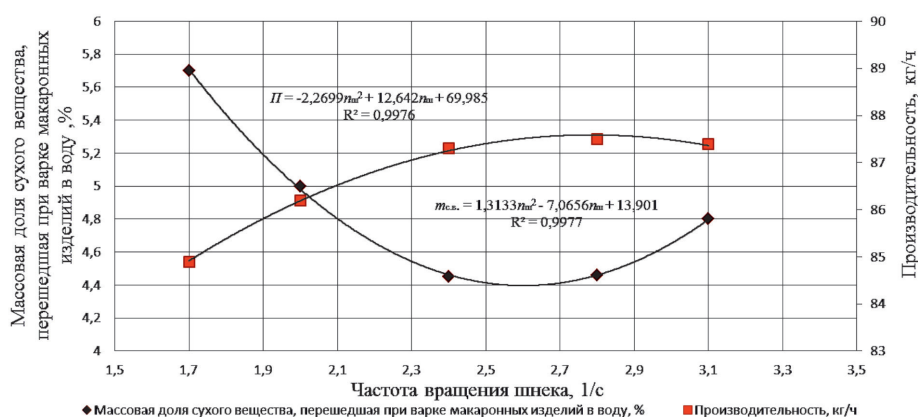


Рис. 7. Зависимость производительности Π и массовой доли сухого вещества, перешедшей при варке в воду $m_{с.в.}$, от частоты вращения шнека $n_{ш}$ при $t_k = 47,5$ °C и $W_T = 30,25$ %

Fig. 7. Dependence of productivity Π and the mass fraction of dry matter transferred into cooking water $m_{с.в.}$, on the screw rotation speed $n_{ш}$ at $t_k = 47,5$ °C and $W_T = 30,25$ %

Оптимальная зона работы экструдера находится при 2,4–2,7 об/с, где обеспечивается максимальная производительность и минимальные потери сухих веществ, а также высокое качество готовых макаронных изделий.

На рисунке 8 представлена зависимость удельной энергоёмкости $N_{уд}$ от частоты вращения шнека $n_{ш}$ при $t_k = 47,5$ °C и $W_T = 30,25$ %.

В процессе переработки макаронного теста одним из ключевых параметров, определяющих эффективность работы шнековых машин, является удельная энергоёмкость $N_{уд}$. Этот показатель характеризует количество энергии, затрачиваемое на переработку единицы массы продукта. Оптимизация энергоёмкости позволяет повысить экономичность и производительность технологического процесса.

При увеличении частоты вращения шнека от 1,7 до 2,7 об/с наблюдается рост удельной энергоёмкости с 0,038 до 0,055 кВт·ч/кг. После достижения частоты около 2,7 об/с кривая начинает снижаться, что указывает на предельный уровень энергоэффективности.

Рост энергоёмкости носит параболический характер, что подтверждается наличием квадратичного члена в уравнении. При малых скоростях шнека 1,7–2,4 об/с увеличение частоты приводит к резкому возрастанию энергоёмкости. В диапазоне 2,4–2,7 об/с рост становится

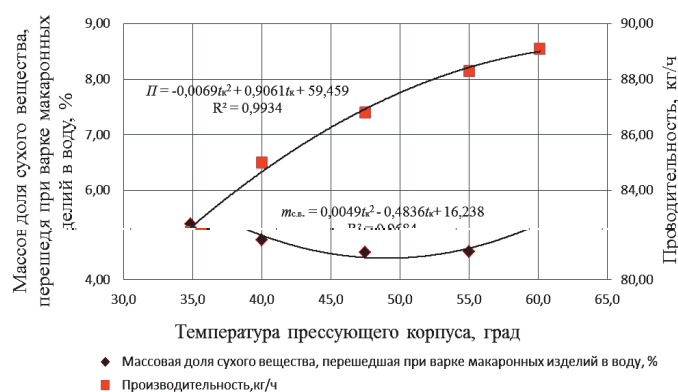


Рис. 8. Зависимость удельной энергоёмкости $N_{уд}$ от частоты вращения $n_{ш}$ при $t_k = 47,5\text{ }^\circ\text{C}$ и $W_T = 30,25\%$
 Fig. 8. Dependence of the specific energy consumption $N_{уд}$ on the screw rotation speed $n_{ш}$ at $t_k = 47,5\text{ }^\circ\text{C}$ and $W_T = 30,25\%$

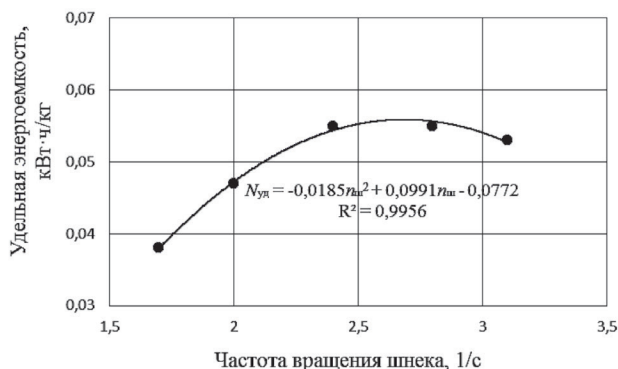


Рис. 9. Зависимость производительности макаронного пресса Π и массовой доли сухого вещества, перешедшей в варочную воду мс.в., от температуры прессующего корпуса t_k при $W_T = 30,25\%$ и $n_{ш} = 2,4\text{ с}^{-1}$
 Fig. 9. Dependence of pasta press productivity Π and the mass fraction of dry matter transferred into cooking water мс.в., on the pressing barrel temperature t_k at $W_T = 30,25\%$ and $n_{ш} = 2,4\text{ с}^{-1}$

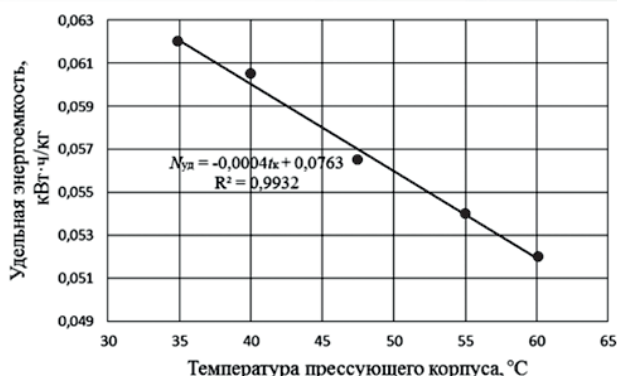


Рис. 10. Зависимость удельной энергоёмкости $N_{уд}$ от температуры прессующего корпуса t_k при $W_T = 30,25\%$ и $n_{ш} = 2,4\text{ с}^{-1}$
 Fig. 10. Dependence of the specific energy consumption $N_{уд}$ on the pressing barrel temperature t_k at $W_T = 30,25\%$ and $n_{ш} = 2,4\text{ с}^{-1}$

более плавным, что связано с оптимизацией движения массы теста и уменьшением трения.

При низкой скорости вращения энергия расходуется на преодоление вязкого сопротивления теста и недостаточную подачу материала. При увеличении частоты вращения повышается интенсивность перемешивания и сдвиговые нагрузки, что требует больше энергии. Однако при достижении оптимальной частоты происходит стабилизация энергетических затрат: тесто приобретает однородную структуру, а внутренние сопротивления снижаются.

Таким образом, оптимальная частота вращения шнека 2,4–2,7 об/с, при которой достигается максимальная энергоэффективность процесса.

На рисунке 9 представлена зависимость производительности и массовой доли сухого вещества, перешедшей при варке макаронных изделий в воду, от температуры прессующего корпуса при $n_{ш} = 2,4\text{ с}^{-1}$ и $W_T = 30,25\%$.

Кривая зависимости производительности от температуры имеет восходящий характер, что говорит о росте производительности с увеличением температуры. При низких температурах 35–40 °C производительность составляет около 82–85 кг/ч. С повышением температуры до 60 °C производительность возрастает до 89 кг/ч. Это объясняется тем, что повышение температуры корпуса способствует снижению вязкости теста и облегчению его продвижения по шнеку, что снижает сопротивление и увеличивает подачу материала. Повышение температуры прессующего корпуса положительно влияет на производительность экструдера.

Зависимость массовой доли сухого вещества, перешедшей в варочную воду от температуры носит параболический характер с минимумом при температуре около 50 °C. При низкой температуре 35–40 °C показатель массовой доли сухого вещества, перешедшей в варочную воду составляет около 5,2–4,8 %. При оптимальной температуре 50 °C наблюдается минимум 4,3 %, что свидетельствует о наименьших потерях сухих веществ при варке, то есть о лучшем качестве макаронных изделий. При дальнейшем повышении температуры выше 55 °C доля сухих веществ снова увеличивается, достигая 5,0 %, что связано с началом перегрева и частичной деградацией структуры белков

и крахмала. Существует оптимальная температура прессующего корпуса $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, при которой обеспечивается минимальное вымывание сухих веществ и, следовательно, наилучшее качество продукции.

Таким образом, можно выделить оптимальный диапазон температур $50\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$, в котором достигается оптимальный баланс между качеством продукции и производительностью пресса.

На рисунке 10 представлена зависимость удельной энергоёмкости макаронного пресса от температуры прессующего корпуса при $n_{ш} = 2,4\text{ с-1}$ и $W_t = 30,25\%$.

Энергозатраты при производстве макаронных изделий во многом зависят от температуры прессующего корпуса. Температурный режим определяет вязкость теста, уровень трения в шнековой зоне и эффективность транспортировки тестовой массы. Исследование зависимости удельной энергоёмкости от температуры позволяет определить оптимальные термические условия для минимизации энергопотребления оборудования.

Из графика видно, что удельная энергоёмкость линейно уменьшается с ростом температуры корпуса. При повышении температуры от 35 до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ удельная энергоёмкость снижается с $0,062$ до $0,052\text{ кВт}\cdot\text{ч/кг}$.

При низких температурах тесто имеет высокую вязкость, что повышает сопротивление движению и требует большего крутящего момента шнека. С ростом температуры вязкость теста снижается, облегчается течение и выдавливание массы, уменьшается трение в шнековом канале, что приводит к снижению энергетических затрат. Избыточное повышение температуры (выше $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) может привести к частичному денатурированию белков и ухудшению структуры теста, однако в представленном диапазоне тенденция остаётся устойчиво нисходящей. Таким образом, даже умеренное повышение температуры позволяет существенно уменьшить затраты энергии при постоянной производительности. С повышением температуры прессующего корпуса удельная энергоёмкость процесса линейно уменьшается, что подтверждает улучшение текучести теста при нагреве. Оптимизация температурного режима в диапазоне $50\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$ позволяет снизить энергозатраты без ухудшения технологических свойств продукта.

Заключение. В результате проведённых экспериментальных и аналитических исследований установлены закономерности влияния основных технологических и режимных параметров — влажности теста, температуры прессующего корпуса и частоты вращения шнека — на производительность, удельную энергоёмкость и качество макаронных изделий при использовании конфузorno-диффузорных вставок в предматричном пространстве и колодцах матрицы макаронного пресса.

Показано, что применение конфузorno-диффузорных вставок способствует более равномерному уплотнению и пластификации теста, стабилизации потока и снижению гидравлических потерь, что положительно отражается как на технико-экономических показателях процесса, так и на качестве готовой продукции.

Установлено, что влажность теста оказывает определяющее влияние на все исследуемые показатели. Оптимальный диапазон влажности составляет $30\text{--}32\%$, при котором достигаются минимальные потери сухих веществ при варке, наименьшая удельная энергоёмкость и максимальная производительность пресса. Отклонение влажности в сторону как понижения, так и повышения приводит к ухудшению условий формования, росту энергозатрат и снижению качества макаронных изделий.

Анализ влияния частоты вращения шнека показал наличие оптимальной зоны в диапазоне $2,4\text{--}2,7\text{ об/с}$. В этом интервале обеспечивается наибольшая производительность экструдера, минимальные потери сухих веществ при варке и рациональный уровень удельной энергоёмкости. Превышение оптимальной частоты приводит к ухудшению условий уплотнения теста и росту энергетических затрат.

Исследование температурного режима прессующего корпуса показало, что повышение температуры снижает вязкость теста и энергозатраты процесса. Оптимальный диапазон температуры прессующего корпуса составляет $50\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$, при котором достигается минимальная массовая доля сухих веществ, перешедших в варочную воду, при одновременном росте производительности и снижении удельной энергоёмкости. Дальнейшее повышение температуры может негативно сказываться на структурной целостности теста.

Таким образом, комплексная оптимизация режимных параметров экструдирования в сочетании с использованием конфузorno-диффузорных вставок позволяет повысить эффективность процесса формования макаронных изделий, снизить удельные энергозатраты и обеспечить высокое качество готовой продукции. Полученные результаты могут быть использованы при модернизации макаронных прессов и разработке рациональных технологических режимов в условиях промышленного производства.

Список использованных источников

1. Назаров, Н. И. Исследование режимов замеса и прессования теста для макарон (обзор) / Н. И. Назаров. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1970. – 28 с.
2. Мачихин, Ю. А. Формование пищевых масс / Ю. А. Мачихин, Г. К. Берман, Ю. В. Клаповский. – М.: Колос, 1992. – 272 с.
3. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства: учебник / Г. М. Медведев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.
4. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г. М. Медведев. – М.: Колос, 1998. – 272 с.
5. Назаров, Н. И. Технология макаронных изделий: учебник для вузов / Н. И. Назаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 286 с.
6. Назаров, Н. И. Структурно-механические свойства макаронного теста / Н. И. Назаров, М. А. Калинина, Ю. В. Калинин // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1971. – №2. – С. 18–20.
7. Назаров, Н. И. Технология макаронного производства / Н. И. Назаров. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1969. – 288 с.
8. Червячные прессы, агрегаты и линии на их базе как технологическое оборудование для интенсификации процессов переработки полимерных материалов: сб. науч. трудов / ВНИИ резинотехн. Машиностроения; под ред. Ю. А. Жданова. – Тамбов: ВНИИТРмаш, 1985. – 109 с.
9. Чернов, М. Е. Справочник по макаронному производству / М. Е. Чернов, Г. М. Медведев, В. П. Негруб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.
10. Чернов, М. Е. Оборудование предприятий макаронной промышленности / М. Е. Чернов. – М.: Пищевая промышленность, – 1978. – 232 с.
11. Чернов, М. Е. Оборудование макаронной промышленности за рубежом / М. Е. Чернов. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, – 1978. – 232 с.
12. Martin, J. Extruderzonen in denen Warmedurch Leitung und erzwungene Konvektion abgeführt wird / J. Martin // Wärmeübertrag. – Kunststoffanfbereit. – Dusseldorf, 1986. – S. 169 – 196.
13. Узел прессования макаронного пресса: пат. № 23082 Республика Беларусь, МПК А 21С 11/16, А 21С 11/20 / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, Е. Н. Филидович; заявитель: Белорусский государственный аграрный технический университет – заяв. № а 20190027 05.02.2019, опубликовано 27.05.2020.
14. Груданов, В. Я. Узел прессования с процессинговым центром управления потоком макаронного теста в предматричной камере оптимальной конфигурации / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, Г. И. Белохвостов // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2021. – № 4 (54), Том 14. – С. 91–96.
15. Матрица для производства макаронных изделий: пат. № 23081 Республика Беларусь, МПК А 21С 11/16 / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, Е. Н. Филидович; заявитель: Белорусский государственный аграрный технический университет – заяв. № а 20190012 17.01.2019, опубликовано 27.05.2020.
16. Мука и отруби. Метод определения влажности: ГОСТ 9404-88. – Введ. 01.01.90 (взамен ГОСТ 9404-60). М.: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с.
17. Мука пшеничная. Технические условия: СТБ 1666-2006. Введ. 01.12.06 (впервые на территории РБ). – Минск: Госстандарт, 2006. – 11с.
18. Изделия макаронные. Общие технические условия: СТБ 1963-2009. – Введ. 29.12.2009. – Минск: Госкомитет по стандартизации Республики Беларусь: Белорусгосин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 30 с.
19. Груданов, В. Я. Испытательное оборудование и оснастка для изучения процессов формования макаронных изделий с управляемым потоком теста в предматричной камере / В. Я. Груданов, А. Б. Торган // Весн. Грод. дзярж. ўн-та ім. Я. Купалы. Сер. 6. Тэхніка. – 2021. № 1. – С. 75–85.

Информация об авторах

Торган Анна Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: anechkatorgan@mail.ru.

Information about the authors

Torgan Anna Borisovna, PhD. (Technical), Associate Professor of the Department of Technologies and Mechanization of Animal Husbandry and Agricultural Product Processing, Educational Institution, Belarusian State Agrarian Technical University, (99, Nezavisimosty Ave., 220023, Minsk, Republic of Belarus).
E-mail: anechkatorgan@mail.ru.

УДК 664.733.1

Поступила в редакцию 19.02.2026
Received 19.02.2026**Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова, А. С. Барашков***Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилев, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НА ВЫХОД МУКИ ИЗ КРУПЫ ГРЕЧНЕВОЙ ПРОРОЩЕННОЙ**

Аннотация. В работе исследовано влияние режимов гидротермической обработки (холодное кондиционирование) на выход и фракционный состав продуктов сортового помола крупы гречневой пророщенной. Установлено, что фактор влажности зерна является статистически значимым и определяющим выход муки. Оптимальный диапазон влажности 13–14 % обеспечивает максимальный выход сортовой муки 71–73 % (практически достигнутый показатель 72,44 % с учётом потерь). Разработана регрессионная модель зависимости выхода муки от влажности зерна ($R^2 = 0,75$). Основной вклад в выход муки вносят 1-я шлифовальная (20,43 %) и 1-я размольная (16,80 %) системы помола. Технология позволяет стабильно получать 26,6–28,5 % отрубей, обогащённых клетчаткой и биологически активными веществами. Полученные результаты подтверждают эффективность мягких режимов ГТО для сортового помола пророщенной гречихи и могут быть использованы при разработке технологий производства функциональной безглютеновой муки и продуктов на её основе с улучшенными технологическими и потребительскими свойствами.

Ключевые слова: зерно; зеленая гречка; крупа гречневая пророщенная; нетрадиционное сырье; проращивание; сортовой помол; оптимизация; выход муки; гидротермическая обработка; холодное кондиционирование; гречневая мука; функциональный ингредиент.

E. N. Urbanchik, L. V. Shustova, A. S. Barashkau*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Mogilev, Republic of Belarus***THE EFFECT OF HYDROTHERMAL TREATMENT REGIMES
ON THE FLOUR YIELD FROM SPROUTED BUCKWHEAT GROATS**

Abstract. The effect of hydrothermal treatment modes (cold conditioning) on the yield and fractional composition of the products of varietal grinding of buckwheat groats was investigated. It is established that the grain moisture factor is statistically significant and determines the flour yield. The optimal humidity range of 13–14 % ensures a maximum yield of 71–73 % high-grade flour (the almost achieved figure is 72.44 %, taking into account losses). A regression model of the dependence of flour yield on grain moisture ($R^2 = 0.75$) has been developed. The main contribution to the flour yield is made by the 1st grinding (20.43 %) and 1st grinding (16.80 %) grinding systems. The technology allows stable production of 26.6–28.5 % of bran enriched with fiber and biologically active substances. The results obtained confirm the effectiveness of soft GTO modes for varietal grinding of sprouted buckwheat and can be used in the development of technologies for the production of functional gluten-free flour and products based on it with improved technological and consumer properties.

Keywords: grain; green buckwheat; sprouted buckwheat groats; non-traditional raw materials; germination; varietal milling; optimization; flour yield; hydrothermal treatment; cold conditioning; buckwheat flour; functional ingredient.

Введение. Расширение ассортимента продуктов функционального назначения является одним из ключевых направлений развития современной пищевой промышленности. Особое внимание уделяется использованию нетрадиционного зернового сырья, богатого биологически активными веществами. В последние годы значительно возрос потребительский спрос на муку из таких культур, как гречиха, амарант, сорго, киноа и ряд других, что обусловлено не только их высокой пищевой ценностью, но и отсутствием глютена [1, 2].

Среди этого многообразия мука из пророщенного зерна занимает особое место. Проращивание – биотехнологический приём, который приводит к активации ферментов, увеличению содержания витаминов, антиоксидантов и снижению активности антинутриентов [3, 4]. Однако рынок муки из пророщенных круп сегодня ограничен преимущественно цельнозерновыми видами, полученными простым размолотом всего ядра [5, 6]. Технология же сортового помола, направленная на фракционное разделение зерна на эндосперм, оболочки и зародыш с целью получения муки с заданными технологическими и потребительскими свойствами (цветом, зольностью, крупностью), для данного вида сырья исследована и внедрена крайне недостаточно. Разработка таких технологий актуальна, так как позволяет не только получить продукт с улучшенными хлебопекарными характеристиками (по сравнению с цельнозерновой мукой), но и эффективно выделить побочные продукты (отруби), обогащённые клетчаткой и функциональными компонентами [7].

Основным показателем, определяющим экономическую эффективность мукомольного производства, является выход муки, то есть массовая доля полученного целевого продукта к массе переработанного зерна [8]. Максимизация этого показателя при сохранении высокого качества продукта – основная задача технологической оптимизации. В процессе сортового помола исходное зерно последовательно измельчается на системах (драных, шлифовальных, размольных), формируя спектр промежуточных продуктов: крупок и дунстов. Гранулометрический состав и распределение этих продуктов между системами напрямую определяют как общий выход муки, так и её сортность. Поэтому управление процессом с целью получения оптимального соотношения крупок, дунстов и конечной муки является важнейшим аспектом технологического проектирования [9–11].

Одним из основных инструментов управления структурно-механическими свойствами зерна перед помолом является гидротермическая обработка (ГТО). Традиционно ГТО, включающая пропаривание, сушку и охлаждение, применяется для крупяных культур (включая гречиху) с целью упрочнения ядра, облегчения шелушения и снижения дробления [12, 13]. В мукомольной практике пшеницы и ржи ГТО (кондиционирование) используется для оптимизации пластичности оболочек и твёрдости эндосперма, что влияет на эффективность их разделения и выход муки [14, 15]. Однако данные о целенаправленном применении ГТО для оптимизации именно сортового помола пророщенной гречихи в научной литературе недостаточно изучены.

Анализ существующих исследований [16, 17] показывает, что учёные и технологи активно работают над включением муки из нетрадиционного сырья в пищевые продукты. Проводится изучение влияния добавок тритикалевой, кукурузной, амарантовой, овсяной, рисовой и других видов муки на реологические свойства теста и качество хлебобулочных и кондитерских изделий. Эти работы подтверждают улучшение питательного профиля и функциональных свойств конечных продуктов. В сфере переработки гречихи значительная часть исследований сфокусирована на ГТО для производства крупы [18–20] или на свойствах цельнозерновой муки из зелёной (непропаренной) гречихи [21]. При этом пробел в знаниях остаётся в области системного исследования влияния контролируемых, мягких режимов ГТО на технологические параметры сортового помола пророщенной гречневой крупы, в частности на распределение промежуточных продуктов и итоговый выход сортовой муки.

Цель представленной работы – исследование влияния влажности и продолжительности гидротермической обработки (холодного кондиционирования) на выход и фракционный состав продуктов сортового помола крупы гречневой пророщенной.

Задачи исследования:

Определить статистически значимые факторы ГТО, влияющие на выход муки.

Установить оптимальные параметры холодного кондиционирования (влажность, время отволаживания), обеспечивающие максимальный выход муки.

Изучить распределение промежуточных продуктов (крупок, дунстов) и конечных продуктов (муки, отрубей) по технологическим системам помола.

Разработать регрессионную модель для прогнозирования выхода муки в зависимости от влажности зерна.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в научной отраслевой лаборатории зерновых продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. Объектом исследования выбрана крупа гречневая пророщенная и продукты помола на её основе. Сырье соответствовало требованиям ТУ ВУ 700036448.010-2024 [22]. Отбор проб осуществляли в соответствии с ГОСТ 13586.3-2015 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб». Гидротермическая обработка проводилась согласно ТКП 293-2010 «Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах» [23]

методом холодного кондиционирования. Крупу увлажняли водой комнатной температуры и отволаживали в течение заданного времени. Необходимое количество воды определяли расчетным путем по формуле (1):

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

где x – необходимое количество воды, мл; m – количество зерна (до увлажнения), г; a – конечная влажность зерна, %; b – начальная влажность зерна, %.

Помол проводили на лабораторной мельнице LabMill (Chopin Technologies, Франция) [24] по схеме, включающей две драные системы, одну шлифовальную и две размольные системы (рис. 1).

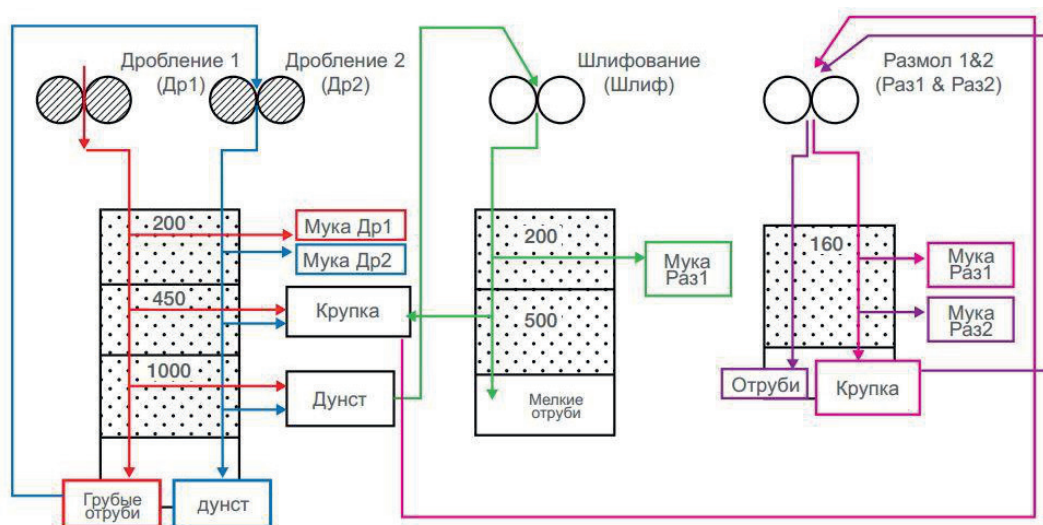


Рис. 1. Схема помола лабораторной мельницы LabMill
Fig. 1. The grinding scheme of the LabMill laboratory mill

Экспериментальные данные обрабатывали методами регрессионного анализа с использованием программных пакетов Excel и Statgraphics 19.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведено математическое моделирование процесса ГТО. Входными параметрами служили влажность зерна W (14–16 %) и время отволаживания T (2–6 ч). Выходным параметром являлся выход муки M . План эксперимента и результаты представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Математическое моделирование процесса гидротермической обработки крупы гречневой пророщенной

Table 1. Mathematical modeling of the hydrothermal treatment of buckwheat groats

Номер эксперимента	Влажность зерна W , %	Время отволаживания T , ч	Выход муки M , %
1	15,0	4,0	71,8
2	14,0	2,0	73,3
3	14,0	6,0	72,2
4	16,0	2,0	70,1
5	16,0	6,0	70,2
6	15,0	1,17	71,4
7	15,0	6,83	71,5
8	13,59	4,0	72,1
9	16,41	4,0	71,1
10	15,0	4,0	71,7

Анализ диаграммы Парето (рис. 2) показал, что фактор «влажность зерна» является статистически значимым ($p < 0,05$), тогда как время отволаживания и эффект взаимодействия факторов незначимы. Контурный график поверхности отклика свидетельствует, что максимальный выход муки достигается в диапазоне влажности 13–14 %.

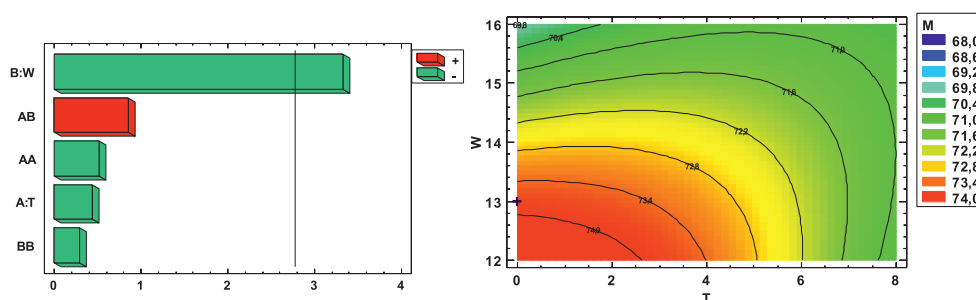


Рис. 2. Карта Парето и контурный график поверхности отклика для параметра «выход муки»
 Fig. 2. Pareto chart and contour chart of the response surface for the «flour output» parameter

Получено уравнение регрессии (2), адекватно описывающее зависимость выхода муки от влажности зерна в изученном диапазоне:

$$M = 71,59 + 1,39 \cdot W, \tag{2}$$

где M – выход муки, %; W – влажность зерна, %.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,75$ указывает на удовлетворительную прогностическую способность модели.

Изучено влияние ГТО на выход муки с различных систем помола. В табл. 2 приведены средние значения выхода муки по системам для всех экспериментальных точек.

Т а б л и ц а 2. Влияние гидротермической обработки на выход муки из крупы гречневой пророщенной с различных систем помола
 T a b l e 2. The effect of hydrothermal treatment on the yield of flour from buckwheat groats from various grinding systems

Система помола	Выход муки, % (среднее по 10 опытам)
1 драная система	15,04 ± 1,77
2 драная система	11,11 ± 1,32
1 шлифовальная система	20,43 ± 0,49
1 размольная система	16,80 ± 0,89
2 размольная система	3,42 ± 0,21
Общий выход муки, %	66,80 ± 1,15
Выход муки без учета потерь, %	71,54 ± 0,95

Наибольший вклад в общий выход муки вносят 1-я шлифовальная (20,43 %) и 1-я размольная (16,80 %) системы. Технологические потери при помоле составляют в среднем $6,62 \pm 0,83$ % (рис. 3).

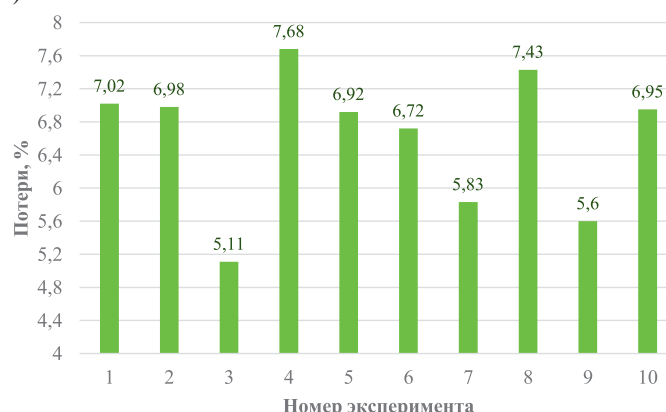


Рис. 3. Технологические потери при помоле крупы гречневой пророщенной
 Fig. 3. Technological losses during the grinding of buckwheat groats

Анализ выхода отрубей (табл. 3) показывает, что наибольшее количество отрубей формируется на 1-й шлифовальной системе ($11,87 \pm 0,51$ %). Общий выход отрубей составляет $26,60 \pm 0,88$ % (с учетом потерь) и $28,47 \pm 0,95$ % (без учета потерь).

Т а б л и ц а 3. Выход отрубей из крупы гречневой пророщенной с различных систем помола
T a b l e 3. The output of bran from buckwheat groats sprouted from various grinding systems

Система помола	Выход отрубей, % (среднее по 10 опытам)
2 драная система	6,93 ± 1,30
1 шлифовальная система	11,87 ± 0,51
2 размольная система	7,78 ± 0,77
Общий выход отрубей, %	26,60 ± 0,88
Выход отрубей без учета потерь, %	28,47 ± 0,95

На основании регрессионного анализа и с целью минимизации энергозатрат для дальнейшего изучения был выбран режим кратковременного поверхностного увлажнения (на 0,5 % в течение 20 мин) непосредственно перед помолом. Исходная влажность пророщенного зерна составляла 13,0–13,5 %, что соответствует оптимальному диапазону.

При данном режиме проведен углубленный анализ гранулометрического состава промежуточных продуктов (табл. 4) и рассчитан выход конечных продуктов (табл. 5).

Т а б л и ц а 4. Крупность промежуточных продуктов помола
T a b l e 4. The size of the intermediate grinding products

Продукт	1 и 2 драные системы, мкм	1 шлифовальная, 1 и 2 размольные системы, мкм
Сходовый продукт	– / 1000	–
Крупная крупка	1000 / 560	–
Средняя крупка	560 / 450	–
Мелкая крупка	400 / 325	500 / 325
Жесткий дунст	325 / 250	325 / 250
Мягкий дунст	250 / 200	250 / 200
Мука	200 / –	200 / – (1 шлиф.) 160 / – (1 и 2 разм.)
Отруби	– / 1000	– / 500 (1 шлиф.) – / 160 (1 и 2 разм.)

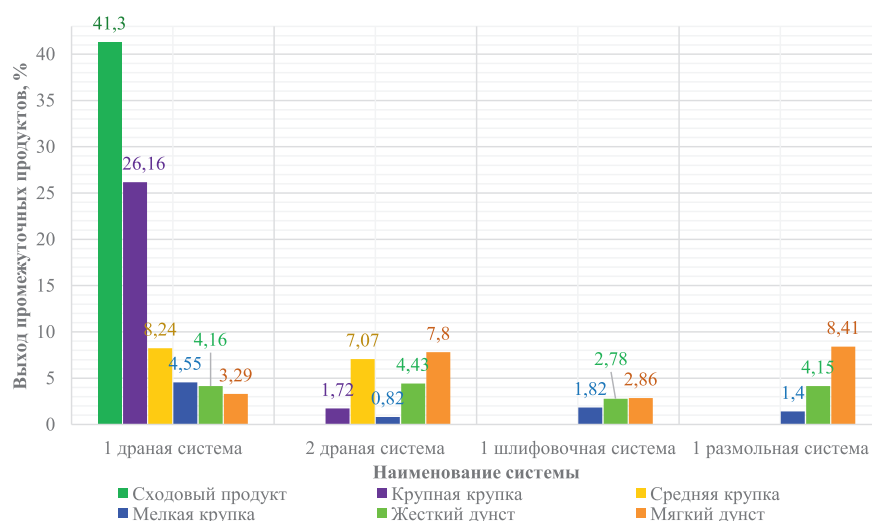


Рис. 4. Выход промежуточных продуктов с учетом технологических потерь
Fig. 4. The yield of intermediate products, taking into account technological losses

Как видно из рис. 4, основное количество сходового продукта и крупной крупки образуется на 1-й драной системе. Мягкий дунст, являющийся ключевым продуктом для получения муки высокого выхода, накапливается преимущественно на 1-й размольной системе (8,41 %). Суммарная доля крупок составляет 49,24 %, жесткого дунста – 15,52 %, мягкого дунста – 22,36 %, что свидетельствует о высокой эффективности поэтапного измельчения.

Выход конечных продуктов при оптимальном режиме представлен в табл. 5 и на рис. 5.

Полученные данные подтверждают, что выбранный режим гидротермической обработки (кратковременное поверхностное увлажнение) обеспечивает максимальный выход сортовой

муки 72,44 % (с учетом потерь), что полностью согласуется с прогнозом регрессионной модели (73,3 % при влажности 14 %). Выход отрубей составляет 20,38 % (с учетом потерь), они могут быть использованы как ценный источник пищевых волокон и биологически активных веществ.

Т а б л и ц а 5. Выход муки и отрубей из крупы гречневой пророщенной при оптимальном режиме ГТО (кратковременное увлажнение 0,5 %, 20 мин)

Table 5. Flour and bran yield from sprouted buckwheat groats under optimal hydrothermal treatment (short-term moistening 0.5 %, 20 min)

Система помола	Выход муки, %	Выход отрубей, %
1 драная система	14,60	–
2 драная система	11,13	6,71
1 шлифовальная система	21,43	7,99
1 размольная система	16,89	–
2 размольная система	3,48	5,68
Итого с учетом потерь	72,44	20,38
Без учета потерь	73,33	26,67
Технологические потери	7,18	–

Примечание. Выход без учета потерь рассчитан по данным эксперимента № 2 (влажность 14 %, время отволаживания 2 ч), который наиболее близок к выбранному режиму.

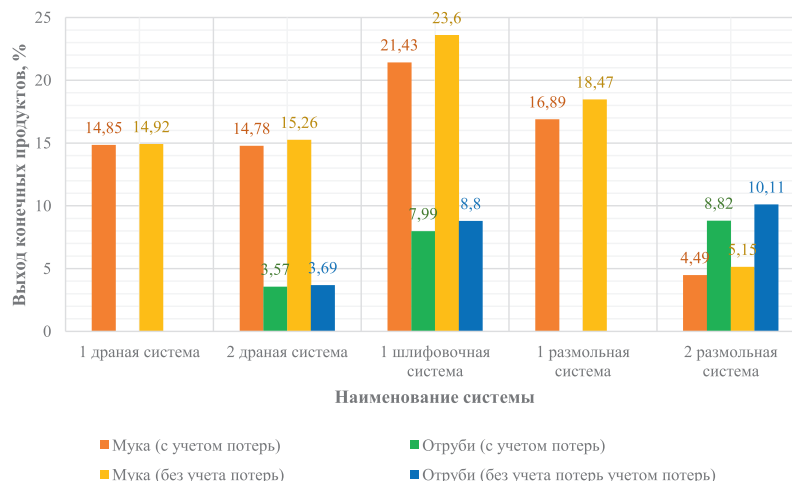


Рис. 5. Выход муки и отрубей из крупы гречневой пророщенной при оптимальном режиме ГТО
Fig. 5. Flour and bran yield from sprouted buckwheat groats under optimal hydrothermal treatment

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что при сортовом помоле крупы гречневой пророщенной определяющим технологическим фактором является влажность зерна. Время отволаживания в интервале 2–6 ч не оказывает статистически значимого влияния на выход муки. Оптимальный диапазон влажности зерна составляет 13–14 %, что позволяет достичь выхода сортовой муки 71–73 % (практически достигнуто 72,44 % с учетом технологических потерь). Получено регрессионное уравнение, адекватно описывающее зависимость выхода муки от влажности ($R^2 = 0,75$).

Основной вклад в общий выход муки вносят 1-я шлифовальная (20,43 %) и 1-я размольная (16,80 %) системы. Наибольшее количество отрубей формируется на 1-й шлифовальной системе (11,87 %). Общий выход отрубей составляет 26,6–28,5 % (в зависимости от учета потерь), что позволяет рассматривать их как функциональный побочный продукт.

Подтверждена эффективность мягкого режима ГТО – кратковременного поверхностного увлажнения (0,5 %, 20 мин) – для подготовки пророщенной гречихи к сортовому помолу. Данный режим обеспечивает высокий выход муки (72,44 %), низкие технологические потери (7,18 %) и стабильное качество продуктов.

Разработанная технология и математическая модель могут быть рекомендованы мукомольным предприятиям для производства функциональной безглютеновой муки из пророщенной гречихи с улучшенными технологическими свойствами, а также для рационального использования вторичных сырьевых ресурсов (отрубей).

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. Панкратов, Г. Н. Актуальные направления технологического развития мукомольной отрасли / Г. Н. Панкратов, Е. П. Мелешкина, И. С. Витол, Р. Х. Кандроков // *Пищевая промышленность*. – 2017. – № 8. – С. 44–49.
2. Максимова, Е. Функциональная продукция как актуальный тренд / Е. Максимова // *Кондитерская сфера*. – 2016. – № 192 (8/2016). – С. 6–10.
3. 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. doi: 10.1111/1750-3841.12807.
4. Урбанчик, Е. Н. Повышение эффективности проращивания зеленой гречки : монография / Е. Н. Урбанчик, Л. В. Шустова. – Могилев : БГУТ, 2023. – 104 с.
5. Sprouted vs unsprouted flour [Электронный ресурс] // *One Degree Organics*. – URL: <https://onedegreeorganics.com/sprouted-flour-faqs/#sprouted-vs-unsprouted> (дата доступа: 11.02.2026).
6. Martín-García, B. Distribution of Free and Bound Phenolic Compounds in Buckwheat Milling Fractions / B. Martín-García, F. Pasini, V. Verardo, A.M. Gómez-Caravaca, E. Marconi, M.F. Caboni // *Foods*. – 2019. – Vol. 8, № 12. – P. 670. doi: 10.3390/foods8120670.
7. Cardone, G. Exploiting Milling By-Products in Bread-Making: The Case of Sprouted Wheat / G. Cardone, P. D’Incecco, M.C. Casiraghi, A. Marti // *Foods*. – 2020. – Vol. 9, № 3. – P. 260. doi: 10.3390/foods9030260.
8. Sarkar, A. Implications of flour yield on flour quality and profitability / A. Sarkar // *Miller Magazine* [Электронный ресурс]. – 2018. – 7 июня. – URL: <https://millermagazine.com/blog/implications-of-flour-yield-on-flour-quality-and-profitability-2780> (дата доступа: 11.02.2026).
9. Классификация помолов [Электронный ресурс] // *MPPNIK.ru*. – URL: <https://mppnik.ru/publ/895-klassifikaciya-pomolov.html> (дата доступа: 11.02.2026).
10. Технологическая схема размольного отделения мельницы сортового помола пшеницы [Электронный ресурс] // *Ozlib.com*. – URL: https://ozlib.com/1059141/tovarovedenie/tehnologicheskaya_shema_razmolnogo_otdeleniya_melnitsy_sortovogo_pomola_pshenitsy (дата доступа: 11.02.2026).
11. Риженко, Е. Т. Элеваторное, мукомольное, крупяное и комбикормовое производство : учеб. пособие / Е. Т. Риженко, Г. К. Есеева, Н. Х. Абдыкаликова. – Нур-Султан : НАО «Talar», 2020. – 305 с.
12. Марьин, В. А. Влияние увлажнения зерна гречихи перед пропариванием на эффективность шелушения / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 7 (141). – С. 163–167.
13. Чащилов, Д. В. Гидротермическая обработка зерна гречихи. Формирование технологических, потребительских и нутрицевтических свойств ядра. Возможности использования лузги / Д. В. Чащилов // *Ползуновский вестник*. – 2024. – № 4. – С. 139–148.
14. Хамдамова, Ч. Х. Анализ и значения гидротермической переработки зерна перед дроблением и исследования / Ч. Х. Хамдамова, А. Н. Ахмедов, С. Ф. Суннатова // *Universum: технические науки*. – 2022. – № 3–2 (96). – С. 139–148.
15. Alfin, F. Wheat conditioning and tempering / F. Alfin // *Miller Magazine* [Электронный ресурс]. – 2020. – 8 декабря. – URL: <https://millermagazine.com/blog/wheat-conditioning-and-tempering-3828>. (дата доступа: 11.02.2026).
16. Wang, Y. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making / Y. Wang, C. Jian // *npj Science of Food*. – 2022. – Vol. 6. – P. 49. doi: 10.1038/s41538-022-00163-1.
17. Волостнова, А. Н. Функционально-технологические свойства нетрадиционных видов муки / А. Н. Волостнова, А. В. Маслов // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2024. – № 11 (149). – С. 1–5. doi: 10.23670/IRJ.2024.149.114.
18. Roy, M. Effect of steam parboiling and hot soaking treatments on milling yield, physical, physicochemical, bioactive and digestibility properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.) / M. Roy, H. Dutta, R. Jagannathan, M. Choudhury, N. Kumar, A. Kumar // *Journal of Food Science and Technology*. – 2019. – Vol. 56. – P. 3523–3532. doi: 10.1007/s13197-019-03849-7.
19. Юрченко, Ю. Ф. Способ гидротермической обработки зерна гречихи : пат. RU 2746336 C1, Российская Федерация / Ю. Ф. Юрченко. – Оpubл. 13.04.2021, Бюл. № 11.

20. 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. – № 4, Т. 1. – С. 33–38.
21. Чаканова, Ж. М. Способ получения цельнозернового продукта из зерна гречихи и чечевицы / Ж. М. Чаканова, А. А. Махамбетова, Г. Т. Сарбасова, Д. А. Шаймерденова, Д. М. Искакова, М. Б. Бекболатова // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2020. – № 3. – С. 20–25.
22. ТУ ВУ 700036448.010-2024. Крупа гречневая пророщенная. Технические условия. – Введ. 10.02.2025. – Минск, 2024. – 12 с.
23. ТКП 293-2010 (02150). Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. – Введ. 01.04.2011. – Минск : Минсельхозпрод РБ, 2010. – 206 с.
24. Лабораторная мельница «LabMill» [Электронный ресурс] // Agroproekt.kz. – URL: <https://agroproekt.kz/laboratornaya-melnica-labmill> (дата доступа: 20.09.2025).
25. Li, S. Impact of tempering conditions on milling characteristics and flour quality of buckwheat / S. Li, Y. Zhang, H. Wang // Journal of Cereal Science. – 2023. – Vol. 112. – P. 103715. doi: 10.1016/j.jcs.2023.103715.
26. Кандроков, Р. Х. Технология муки из нетрадиционного зернового сырья / Р. Х. Кандроков, Г. Н. Панкратов. – М. : ДеЛи, 2021. – 248 с.

Информация об авторах

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

E-mail: e.urbanchik@yandex.by

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

E-mail: shustovaliana@yandex.by

Барашков Андрей Сергеевич, начальник отдела цифрового образования института повышения квалификации и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр. Шмидта, 3, г. Могилев, 212027, Республика Беларусь).

E-mail: and771_b@mail.ru

Information about authors

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

E-mail: e.urbanchik@yandex.by

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., Mogilev, 212027, Republic of Belarus).

E-mail: shustovaliana@yandex.by

Barashkau Andrei Sergeevich, Head of the Digital Education Department, Institute for Advanced Training and Retraining, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Str., Mogilev, 212027, Republic of Belarus).

E-mail: and771_b@mail.ru