

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 18
№3(69)
2025

**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,
395-39-71, 361-11-41 (редактор)
e-mail: aspirant@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 03.09.2025.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 10,65.

Тираж 100 экз. Заказ 565.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

Ул. Кальварийская, 17, 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. 18, №3(69) 2025

Founder:

Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”

Editor-in-Chief:

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

Editorial council:

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

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

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

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

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

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

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

Lisitsin Andrey Borisovich — Scientific Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "V.M. Gorbatov 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. 18

№3(69)

2025

**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,
+375-17-395-39-71, +375-17-361-11-41
(editor)
E-mail aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"
It is sent of the press 03.09.2025
Format 60x84/8. Offset paper.
NewtonC type. Offset printing.
Printed pages 10,65.
Circulation 100 copies. Order 565.
LP № 02330/89 of 3 March 2014
17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

Subscription indexes
For individuals 01241
For legal entities 012412

Founder

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Матох С. А., Королевич Н. Г. К вопросу о развитии лизинговых отношений в пищевой промышленности	6
Козловская В. А., Лаптенко Н. С., Дударева А. Н., Севастей Л. И. Исследование потребительских предпочтений в отношении батончиков злаковых	13
Покрашинская А. В. Безглютеновые кексы: потенциал муки из зеленой гречки	22
Василевская М. Н., Машкова И. А., Прохорцова Т. В. Исследование возможности замены сахарозы при изготовлении мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием нутриентов по углеводному профилю	32
Тимофеева В. Н., Акулич А. В., Зенькова М. Л., Волкова С. В., Козина Т. М., Мельникова Л. А. Оптимизация процесса обработки яблок свежих для получения пюре	46
Соловьев В. В., Козинец А. И., Шимановская Ю. А., Шустикова Ю. С. Вторичные продукты как источник повышения кормовой ценности гранулированных кормов	53
Торган А. Б., Мазур А. М., Кропис Д. П. Исследование качества макаронных изделий в шнековых формообразующих прессах с узлами прессования с управляемым потоком теста	60
Оганезов И. А., Ловкис Л. К., Королевич Н. Г., Буга А. В. Оценка современного состояния и развития производства льняного масла на предприятиях Республики Беларусь и России	67
Сосновская А. А., Едимечева И. П., Ксендзова Г. А. Природные фенольные антиоксиданты для защиты льняного масла от окисления	75
Шустикова Ю. С., Соловьев В. В., Шимановская Ю. А. Влияние ферментного препарата ламинекс max flow 4g на качество пивоваренного солода	88
Шилов В. В., Батян А. Н., Журня А. А., Окулова Т. В., Цыганков В. Г. Современные аспекты экологии питания	95

CONTENTS

Matokh S. A., Korolevich N. G. To the question of development of leasing relations in the food industry	6
Kozlovskaya V. A., Laptsenok N. S., Dudareva A. N., Sevastey L. I. Research of consumer preferences with regard of cereal bars.....	13
Pokrashinskaya A. V. Gluten-free muffins: potential of green buckwheat flour.....	22
Vasileuskaya M. I., Mashkova I. A., Prakhartsova T. V. Study of the possibility of replacing sucrose in the manufacturing of flour confectionery products with differentiated nutrient content by carbohydrate profile	32
Timofeeva V. N., Akulich A. V., Zenkova M. L., Volkova S. V., Kozina T. M, Melnikova L. A. Optimization of the process of processing apples of fresh to obtain puree	46
Solovyov V. V, Kozinets A. I., Shymanouskaya Yu. A., Shustikova Yu. S. Secondary products as a source of increasing the feed value of granulated feed.....	53
Torgan A. B., Mazur A. M., Kropis D. P. Study of the quality of pasta products in screw forming presses with controlled dough flow extrusion units.....	60
Oganezov I. A., Lovkis L. K., Karalevich N. G., Buga A. V. Assessment of the current state and development of linseed oil production in the Republic of Belarus and Russia.....	67
Sosnovskaya A. A., Edimecheva I. P., Ksendzova G. A. Natural phenolic antioxidants to protect flaxseed oil from oxidation.....	75
Shustikova Yu. S., Solovyov V. V., Shymanouskaya Yu. A. The effect of the enzyme preparation laminex max flow 4g on the quality of brewing malt	88
Shylau V. V., Batyan A. N., Zhurnia A.A., Akulava T. V., Tsygankou V. G. Modern aspects of nutritional ecology	95

УДК 333.6

Поступила в редакцию 27.06.2025
Received 27.06.2025**С. А. Матох, Н. Г. Королевич***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь***К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ЛИЗИНГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Аннотация. В статье исследуется эволюция лизинговых отношений в разных странах, а также России и Беларуси. Рассматриваются основные аспекты их сущности и применения, а также роль лизинга в развитии пищевой промышленности. Особое внимание уделено процессу формирования и использованию финансовых средств предприятий для закупки техники.

Ключевые слова: лизинговые операции, лизинг, аренда, арендный договор, арендодатель, финансовая поддержка, размеры платежей.

S. A. Matokh, N. G. Korolevich*«Belarusian State Agrarian Technical University», Minsk, Republic of Belarus***TO THE QUESTION OF DEVELOPMENT OF LEASING RELATIONS
IN THE FOOD INDUSTRY**

Abstract. The article examines the evolution of leasing relations in different countries, as well as Russia and Belarus. The main aspects of their essence and application, as well as the role of leasing in the development of the food industry are considered. Particular attention is paid to the process of formation and use of financial resources of enterprises for the purchase of equipment.

Keywords: leasing operations, leasing, rent, lease agreement, lessor, financial support, payment amounts.

Введение. Повышение технических и технологических возможностей перерабатывающих предприятий Республики Беларусь за счет модернизации производства может осуществляться тремя способами: купить оборудование за счет собственных средств, взять кредит на его приобретение или взять оборудование в лизинг.

Законодательство Республики Беларусь определяет лизинг как вид инвестиционной деятельности, при котором лизингодатель (лизинговая компания) приобретает у поставщика за собственные или заемные средства оборудование (предмет лизинга) и затем сдает его в аренду за определенную плату во временное владение и пользование с правом или без права выкупа. Фактически лизинг — это тот же кредит, который предприятие получает в виде необходимого имущества.

Одним из ключевых экономических преимуществ лизинга перед кредитом является то, что лизинговые платежи в полном объеме относят на затраты предприятия, позволяя в рамках действующего законодательства экономить на налоге на прибыль.

В случае же с кредитом на затраты относятся только проценты по кредиту, а основной долг уплачивается из прибыли предприятия.

Многие сельскохозяйственные и перерабатывающие предприятия сталкиваются с дефицитом финансовых средств, что ограничивает их участие в агролизинговом рынке. Это требует активной государственной поддержки, так как, по мнению экспертов, на ряде предприятий состояние машин и оборудования настолько ухудшилось, что его восстановление становится экономически нецелесообразным. В связи с этим, лизинг имеет важное значение для технической модернизации, внедрения передовых технологий и оборудования, а также

для повышения инновационного потенциала и экономической эффективности производства [1, 2].

Результаты исследований и их обсуждение. Некоторые эксперты в области экономики считают, что основы лизинга как экономической системы можно найти в культурах древности. Так, например, в Законах царя Хаммурапи (1750–1792 гг. до н.э.) содержатся положения, касающиеся аренды недвижимости и методов залога, а также обеспечения кредитов. В те времена существовали два типа аренды земельных участков: либо предварительная оплата фиксированной суммы, либо передача части урожая по завершении его сбора. В аренду сдавались не только земли и здания, но и другие виды имущества, такие как лодки, речные суда, а также скот, использовавшийся для работы на земле, транспортировки или работы на жерновах. В XI веке в Венеции также начали возникать сделки, схожие с современными лизинговыми, когда местные жители сдавали мореплавателям якоря, цена которых была довольно велика. После завершения морских путешествий, арендованные предметы возвращались и могли использоваться повторно.

Первая зафиксированная лизинговая сделка относится к 1066 году, когда Вильгельм Завоеватель арендовал корабли у норманнов для вторжения в Британию, что привлекло большое внимание общественности. Спустя два века, в 1248 году, был заключен первый официально зарегистрированный лизинговый контракт — крестоносцы арендовали оружие. В Средневековье аренда в основном касалась инвентаря и лошадей для сельского хозяйства, но встречались и необычные случаи аренды. Например, в 1248 году рыцарь Бонфис Манганелла Гаэта арендовал доспехи для участия в Седьмом крестовом походе и впоследствии выплатил сумму, существенно превышающую их первоначальную стоимость. Одним из первых законодательных актов, регулирующих такие сделки, стал Закон Уэльса 1284 года (Statute of Wales). В XIX веке с развитием железнодорожного транспорта лизинг стал широко использоваться в США и Великобритании. В 1572 году в Великобритании был принят закон, который позволял заключать только реальные лизинговые сделки, исключая фиктивные, что способствовало уклонению от кредиторов [4].

Первый зарегистрированный коммерческий лизинговый контракт был заключен в США в 1952 году, когда была основана первая компания, предоставляющая лизинговые услуги. Вскоре подобные компании начали появляться в других странах Запада. Коммерческие банки также начали активно включаться в лизинговую деятельность, открывая специализированные подразделения для таких сделок. Идея лизинга существует уже давно. Слово «лизинг» происходит от английского «lease», что означает «аренда», и в русском языке нет точного аналога этому термину. В экономической практике термин был впервые использован в 1877 году американской компанией «Белл», которая начала сдавать телефоны в аренду. Компании, ориентированные на лизинг как основной вид деятельности, начали появляться во второй половине XX века. В США первой такой компанией стала «United States Leasing Corporation», основанная в 1952 году, а в Германии — «Deutsche Leasing GmbH», основанная в 1962 году. С течением времени лизинг стал широко распространен в других экономически развитых странах. Например, в Японии доля лизинга в инвестициях составляет более 8%, в Западной Европе — около 16%, а в США — 25 % [5].

В Советском Союзе первый значимый пример лизинговых операций был связан с поставками техники и продукции по программе «ленд-лиз» в годы Второй мировой войны. Однако в дальнейшем лизинг не получил широкого распространения в СССР.

Считается, что юридическое регулирование лизинга в России началось в 1994 году с принятия Указа Президента РФ № 1929 от 17 сентября 1994 года, касающегося «Развития финансового лизинга в инвестиционной сфере». Лизинг — это договор, согласно которому лизингодатель обязуется купить имущество, выбранное лизингополучателем у конкретного продавца, и предоставить его для временного пользования и владения в обмен на заранее установленную плату. Договор может также предусматривать, что выбор имущества и продавца будет осуществляться лизингодателем. Лизинг рассматривается как часть инвестиционной деятельности, направленной на приобретение активов с последующей передачей их в аренду. В этом контексте лизинг можно рассматривать как комплекс правовых и экономических отношений, при которых лизингодатель приобретает актив, выбранный арендатором, и предоставляет его в аренду с возможностью его выкупа в будущем [6].

Анализ тенденций возникновения и становления лизинга позволили выявить факторы, влияющие на его развитие: внутренние и внешние. К внутренним факторам относится: на-

личие и состояние основного капитала, уровень развития инвестиционных процессов, уровень развития социально-экономических отношений по вопросу собственности, инвестиционная привлекательность, привлекательность лизинга для предприятия, финансовая устойчивость предприятия, к внешним факторам относятся: развитие законодательной базы, степень развития финансовых институтов, наличие государственной поддержки промышленных предприятий.

Основы правового регулирования лизинговых операций в сельскохозяйственном секторе Беларуси были заложены в августе 1995 года с принятием постановления №415 Кабинета Министров «О поставке сельскохозяйственным производителям тракторов, сельхозмашин и оборудования». Согласно этому постановлению, Министерству сельского хозяйства и продовольствия было поручено организовать закупку техники для последующей передачи ее в долгосрочную аренду сельхозпроизводителям. Министерству финансов, в свою очередь, было предписано обеспечить необходимое финансирование из государственного бюджета на 1996 год для реализации данной программы.

В Республике Беларусь активное сотрудничество с предприятиями агропромышленного комплекса началось с апреля 2015 года, после принятого Президентом Указа № 146 «О финансировании закупки современной техники и оборудования». Сегодня лизинговыми операциями в рамках государственных программ занимаются около 100 лизинговых компаний, таких как ОАО «Промагролизинг» и РО «Белагросервис» и т.д.

Лизинговые компании нашей страны занимаются инвестированием юридических лиц и предоставлением потребительского лизинга, объем которого за последние десять лет вырос в 60 раз, достигнув в лизинговом портфеле некоторых компаний 20 %.

За последние два года лизинговая отрасль показала наилучшие темпы роста за десятилетие. При этом практически все договоры лизинга заключались в национальной валюте.

В качестве объектов лизинга пищевыми предприятиями используется техника для уборки, оборудование по переработки зерна, мяса, молока, розливу соков, производству пива, безалкогольных и спиртных напитков, растительного масла, хлебобулочных изделий, тары и бумаги.

Необходимость развития лизинга в аграрной сфере стала очевидной на фоне дефицита современных машин, их высокой изношенности и ограниченности финансовых ресурсов у сельхозпроизводителей для обновления парка техники. Эти проблемы требовали значительного вмешательства со стороны государства, которое начало оказывать финансовую помощь.

В апреле 2025 года Ассоциация лизингодателей Беларуси провела конференцию, на которой представила итоги работы в 2024 году и поделилась актуальными вопросами отрасли.

Финансовые показатели лизинговых организаций Беларуси находятся на пике за последние годы. Так, в 2024 г. они заключили 402 тыс. договоров лизинга на общую сумму 9,3 млрд рублей. В количественном выражении их было больше в 1,9 раза, чем годом ранее, в суммарном — на 48,7 %.

В сегменте инвестиционного лизинга, то есть с участием юридических лиц, общая сумма заключенных договоров в 2024 г. составила 6,289 млрд. рублей, что на 27,5 % больше значения за 2023 год.

В сегменте потребительского лизинга, когда запрос на услугу поступал от физических лиц, в 2024 г. было заключено 383 тыс. новых договоров (на 91,8 % больше, чем в 2023 г.) на 3,041 млрд рублей (+126,5 %).

В общей сумме заключенных лизинговых договоров 67,4 % пришлось на сегмент инвестиционного лизинга, 32,6 % — на сегмент потребительского лизинга. Такое соотношение является максимальным за всю историю работы лизинговых компаний Беларуси. В целом объем портфеля лизинговых компаний республики в 2024 году увеличился на 33,7 % к показателю на начало года и достиг 12,8 млрд рублей.

Легкость доступа и простота использования лизинга в сравнении с получением кредита выделяются как основные преимущества этого финансового механизма. Эксперты прогнозируют, что в ближайшем будущем международные лизинговые сделки станут для многих стран основным способом обновления и приобретения нового оборудования. Практика показывает, что компаниям не обязательно владеть дорогостоящей техникой, чтобы эффективно вести свою деятельность.

Такой подход позволяет более тщательно контролировать деятельность производителей техники, включая объемы производства, сроки поставки и ценовую политику. Это, в свою очередь, обеспечивает своевременную поставку перерабатывающим предприятиям необхо-

димой техники, произведенной в Беларуси. Данные о закупке техники в организациях Республики Беларусь представлены в таблице 1.

В аграрном секторе Беларуси наибольшим спросом пользуется лизинг тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, а также тракторных прицепов и автоцистерн. Например, если в 2015 году хозяйства Минсельхозпрода приобрели всего 32 трактора, то в 2024 году их число возросло до 694. За тот же период значительно увеличилось количество зерноуборочных комбайнов (с 12 до 284), кормоуборочных (с 20 до 81) и прицепов (с 23 до 397). Эти данные подтверждают успешное развитие агролизинга, который стал основным способом получения дорогостоящей сельскохозяйственной техники и оборудования.

Таблица 1. Движение техники и оборудования для уборки и доставки сырья на пищеперерабатывающие предприятия Республики Беларусь, шт.

Table 1. Movement of machinery and equipment for harvesting and delivering raw materials to food processing plants in the Republic of Belarus, units.

Наименование	2010 г.		2015 г.		2020 г.		2024 г.	
	всего	в т.ч. по лизингу						
Тракторы			180	32	853	395	1558	694
Зерноуборочные комбайны			18	12	467	394	314	284
Кормоуборочные комбайны			36	20	196	138	152	81
Машины для уборки клубней и корнеплодов			3	3	4	4	8	0
Погрузчики			59	8	151	88	269	109
Прицепы и полуприцепы			158	23	512	254	697	397

Примечание: собственная разработка

Лизинг дает возможность сельхозпроизводителям приобретать технику в рассрочку, что позволяет распределить затраты на длительный срок. Такой подход помогает не только удовлетворить потребности в оборудовании, но и снизить первоначальные капитальные вложения. В процессе эксплуатации техника, приобретенная через лизинг, приносит доход, который частично используется для погашения лизинговых платежей.

Тем не менее, текущие условия для лизинговых операций в Беларуси не всегда способствуют развитию конкуренции на рынке техники. Основная часть техники, приобретаемой через лизинг, поступает от местных производителей, что усиливает их позиции на рынке и может привести к монополизации. Несмотря на высокое качество техники, государственные выплаты осуществляются по ценам, установленным самими производителями, что ограничивает способность предприятий влиять на стоимость и качество техники через рыночные механизмы.

Процесс формирования средств для закупки техники и ее передачи в аренду на условиях долгосрочного лизинга регулируется лизинговым договором (договор финансовой аренды), который устанавливает сроки и размеры платежей. Анализ лизинговых операций показывает, что помимо обеспечения предприятий необходимым оборудованием, лизинг также служит дополнительным инструментом финансовой поддержки.

Первый этап в организации лизинговой деятельности на предприятии начинается со сбора информации о лизингодателях и возможных вариантах использования лизинга. Если анализ дает положительные результаты и предприятие намерено взять имущество в лизинг, то оно приступает к выбору поставщика. Получив согласие поставщика имущества, предприятие подает в лизинговую компанию заявку на покупку оборудования и сдачи его во временное пользование. Следует отметить, что, как правило, заявка составляется в произвольной форме, но в ней обязательно должно быть указано наименование имущества, его параметры, технические и экономические характеристики, а также местонахождение потенциального производителя (поставщика) и его реквизиты.

В случае положительного заключения и принятия решения о вступлении в лизинговую сделку наступает второй этап — заключается лизинговый договор.

В процессе третьего этапа лизингополучатель использует имущество в целях, предусмотренных в лизинговом договоре. Лизингодатель имеет право в любое время проверить, по назначению ли используется имущество. Кроме того, по первому требованию лизингодателя лизингополучатель обязан предоставить ему информацию о своем финансовом состоянии по форме, которая может быть предусмотрена в лизинговом договоре. Как указывалось выше, лизингополучатель, с момента подписания акта приемки-сдачи, принимает на себя все риски, возникающие как в процессе использования объекта лизинга, так и связанные с гибелью, утратой, порчей, повреждением, хищением и т.п. При наступлении страхового случая лизингополучатель должен поставить в известность лизингодателя; отремонтировать за свой счет поврежденное имущество и привести его в первоначальное состояние, если имущество поддается ремонту; заменить его другим, если имущество не может быть отремонтировано или было похищено или уничтожено. При замене имущества обязательно составляется документ, подтверждающий право собственности лизингодателя на новое имущество, а за лизингополучателем остается обязанность выплачивать лизинговые платежи, предусмотренные договором; выплатить сумму закрытия сделки, если он не может отремонтировать или заменить имущество. В данном случае сумма закрытия сделки включает: невыплаченную часть общей суммы лизинговых платежей, остаточную стоимость имущества и неустойку; продолжить регулярно и в срок платить лизинговые платежи, а по окончании лизингового договора выкупить имущество по остаточной стоимости.

Лизинговый договор считается завершенным, если лизингополучатель не только выплатил общую сумму лизинговых платежей, но и решил вопрос с объектом лизинга.

Так, например, приобретение кормоуборочного комплекса КВК-8060-20 в августе 2020 года стоило 802 632 рубля с НДС (из которых НДС составил 133 772 рубля). Процентная ставка для лизингодателя составила 2 % годовых, а общий лизинговый платеж с учетом НДС составил 867 755,87 рубля, из которых авансовый платеж был 160 526,4 рубля. В дальнейшем предприятие пропорционально выплачивает лизинговые платежи в течение 7 лет и 5 месяцев.

Важно отметить, что по действующему договору лизинговая техника сохраняет свою стоимость на протяжении всего периода аренды. В случае задержки платежа лизингодатель вправе начислить штраф, который рассчитывается по ставке рефинансирования Национального банка.

Если лизинг заключается в условиях стабильной валюты и низкой инфляции, это позволяет предприятиям снизить стартовые расходы и погашать долг постепенно, при этом платя минимальный процент за использование техники. Однако в условиях высокой инфляции лизинг становится особенно выгодным, так как ставка аренды составляет всего 2 %, что значительно ниже рыночных ставок по кредитам. В 2021 году ставка рефинансирования Национального банка составляла 9,25 %, в 2022 году — 10,5 %, а к концу 2023 года она снизилась до 9,5 %. К этим значениям необходимо учитывать добавление маржи банков. Также стоит помнить, что из-за инфляции цена самой техники продолжает расти.

Таким образом, лизинг можно рассматривать как форму кредитования с субсидированными условиями, где учитываются инфляционные изменения в экономике. Это дает предприятиям возможность получать необходимое оборудование без крупных первоначальных вложений, а государство через лизинг предоставляет кредит по ставке, значительно ниже рыночных условий, в данном случае 2 % при ставке рефинансирования 9,5 % от Национального банка.

В отличие от стандартных методов финансирования крупных приобретений, например, банковских займов или применения собственного капитала, лизинг предоставляет несколько значимых преимуществ. Тщательное изучение и сопоставление доступных вариантов дает возможность прийти к выводу о преимуществах лизинга и использовать их в своих интересах.

В рамках действующего законодательства лизингополучатель существенно сокращает налоговые отчисления: полная сумма лизинговых платежей учитывается в расходах на производство продукции. Срок амортизации лизингового объекта устанавливается условиями лизингового договора.

Амортизационные отчисления по объекту лизинга производятся на основе его начальной стоимости сразу после его получения и запуска в эксплуатацию получателем лизинга, в соответствии с графиком лизинговых платежей. Это означает, что лизинговый объект, участвуя в производственной деятельности и формируя амортизационный фонд, по сути сам себя окупает. Возможность использовать «гибкую» амортизацию предоставляет предприятию шанс на скорое техническое обновление и модернизацию основных фондов в рамках действующего законодательства. Благодаря применению ускоренной амортизации, по истечении

срока договора лизинга, лизингополучатель может отразить в своем балансе полностью амортизированное имущество.

Вся сумма лизингового платежа (за исключением НДС), а не только стоимость лизингового объекта, включается в расчет себестоимости продукции как элемент затрат, за исключением выкупной цены, которая оплачивается из прибыли организации. Возможность постепенной оплаты за лизинговое оборудование и технику предоставляет возможность инвестировать свободные денежные средства в повышение производственных возможностей или увеличение оборотных средств. Кроме того, лизинговая операция выступает как инструмент защиты от инфляции и девальвации, позволяя сохранять стоимость финансовых ресурсов предприятия от убытков, вызванных инфляционными или девальвационными процессами.

В результате оценки методик расчета лизинговых платежей с точки зрения интересов предприятий было выявлено, что для предприятий пищевой промышленности наиболее приемлемой является методика, основанная на последовательном определении возмещения стоимости имущества и комиссионного вознаграждения. При этом размер лизинговой ставки при проведении конкретной лизинговой сделки зависит от финансового положения пищевого предприятия и его отраслевых особенностей (спрос на продукцию, сезонность производства, личное и (или) промышленное потребление, моно- и полисфера деятельности, стохастичность процессов производства и т.д.). Большой риск для лизингодателя сопровождается более высокими ставками лизинговых платежей.

Гибкость в организации графика лизинговых платежей дает возможность эффективно планировать и корректировать платежи в соответствии с реальными денежными потоками предприятия. Срок заключения лизингового договора обычно превосходит стандартные сроки банковского кредитования, предоставляя дополнительные преимущества. Зафиксированный график платежей способствует точной координации расходов, связанных с капитальными вложениями, и доходов от продажи продукции, способствуя тем самым увеличению стабильности и предсказуемости финансовых планов.

В последнее время появился новый инструмент заимствований, ставший весьма популярным среди лизинговых компаний. Это токенизированные облигации, которые можно выпускать только тогда, когда компания получит соответствующий рейтинг деловой репутации, что стало дополнительным стимулом качественной деятельности компаний, занимающихся лизингом.

Также лизинговые компании надежно защищены законодательством. Очень ценным является то, что долги по лизинговым платежам можно взыскивать на основании исполнительной подписи нотариусов, что дешевле и быстрее, чем их взыскание через суд.

Заключение. Дальнейшее совершенствование и развитие лизинга будет способствовать решению целого ряда актуальных задач отечественной экономики, связанных с развитием среднего и малого предпринимательства, обновлением основных фондов предприятий. Через систему лизинга могут получить развитие наиболее эффективные направления производства. Лизинг также способствует улучшению финансовых показателей в связи экономией денежных средств и своевременной модернизацией производства и оптимизации налогооблагаемой базы предприятий

По мере повышения финансовой устойчивости предприятий, лизинг будет становиться все более востребованным инструментом для обеспечения современным оборудованием. В будущем государственная поддержка окажет дополнительное влияние на развитие перерабатывающей отрасли, что ускорит внедрение новых технологий. В этой связи необходимо усилить лизинговую деятельность, так как она существенно влияет на экономическое развитие народного хозяйства.

Список использованных источников

1. Левкович, А. О. Тенденции развития белорусского рынка лизинговых услуг / А.О. Левкович // *Налоги Беларуси: научно-практический журнал Мин-во по налогам и сборам Республики Беларусь*. — 2010. — № 27. — С. 75–80.
2. Мозговая, О. С. Анализ современного состояния и тенденции развития рынка лизинговых услуг в Республике Беларусь / О. С. Мозговая // *Развитие*. — 2014. — № 3. — С. 73–79.
3. Маренков, А. Н. Анализ современного состояния и тенденции развития рынка лизинговых услуг в Республике Беларусь: монография / А. Н. Маренков — М. : РУСАЙНС, — 2022. — С. 148.

4. Банковское дело / Под ред. О. И. Лаврушина. — М.: Банковский и биржевой научно-консультативный центр. — 2020. — С. 428.
5. Нуртдинов, И. И. Модернизация аграрного сектора с применением инструментов лизинга / И. И. Нуртдинов // Лизинг. — 2013. — №7. — С. 17-22.
6. Атахаджаев, Ш. У. Влияние законодательства на привлекательность лизинга / Ш. У. Атахаджаев // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. — 2014. — №6. — С. 103-109.
7. Шелег, Е. М., Шевцова В. В. Лизинг в Республике Беларусь: состояние и тенденции развития / Е. М. Шелег, В. В. Шевцова // Новая экономика — 2021. — №2. — С. 51-56

Информация об авторах

Маток Сергей Александрович, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: matokh@mail.ru

Королевич Наталья Генриховна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и организации предприятий АПК учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: eiop1@mail.ru

About the authors

Matokh Sergey Aleksandrovich, Ph. D. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Organization of Agricultural Enterprises of the Educational Institution “Belarusian State Agrarian Technical University” (99, Nezavisimosti Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: matokh@mail.ru

Korolevich Natalia Genrikhovna, Ph. D. (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Economics and Organization of Agricultural Enterprises of the Educational Institution «Belarusian State Agrarian Technical University» (99 Nezavisimosti Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus)

E-mail: eiop1@mail.ru

УДК 664.149

Поступила в редакцию 31.07.2025
Received 31.07.2025**В. А. Козловская, Н. С. Лаптенюк, А. Н. Дударева, Л. И. Севастей**

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ БАТОНЧИКОВ ЗЛАКОВЫХ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования выбора потребителей батончиков злаковых, составлена анкета оценки предпочтений населения в отношении новой продукции и проведен опрос жителей Республики Беларусь. Результаты опроса обработаны и представлены в виде графического материала с пояснением.

Ключевые слова: батончики, продукты переработки зерна, зерно пророщенное, предпочтения потребительские, опрос потребителей, ассортимент.

V. A. Kozlovskaya, N. S. Laptsenok, A. N. Dudareva, L. I. Sevastey

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

*RUE «Scientific and practical center for foodstuffs of National academy of sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus*

RESEARCH OF CONSUMER PREFERENCES WITH REGARD OF CEREAL BARS

Abstract. The article presents the results of a study of consumer choice in terms of cereal bars, for this purpose a questionnaire was compiled to assess the preferences of the population in relation to new products and a survey of residents of the Republic of Belarus was conducted. The survey results have been processed and presented in the form of graphic material with an explanation.

Keywords: bars, grain processing products, sprouted grain, consumer preferences, consumer survey, assortment.

Введение. В условиях постоянно меняющихся запросов покупателей, технологий и конкурентного окружения выход новой продукции на товарный рынок зависит в основном от успешности ее разработки и потребительских предпочтений [1]. Для продвижения поступившего на рынок нового продукта он должен отличаться от существующих товаров аналогичного назначения каким-либо изменением потребительских свойств, что подразумевает отсутствие полных аналогов. Данное определение подчеркивает товарную новизну продукта. Также новый товар должен характеризоваться более высоким потребительским уровнем качества и обеспечивать более полное удовлетворение потребностей среди определенной группы продукции, то есть пользоваться спросом. Следовательно, проведение маркетинговых исследований среди потребителей является целесообразным способом выявления восприятия нового товара, позволяющим увидеть товар глазами потребителей и оценить его преимущества и недостатки [2]. Помимо этого, исследование потребительских предпочтений в отношении новой продукции позволяют изучить уровень насыщенности рынка товарами и оценить уровень конкуренции.

Существующие на сегодняшний день методы маркетинговых исследований сводятся, в основном, к опросам. При этом в опросах респонденту предлагается сделать выбор из небольшого набора заданных ответов, иными словами определить основные предпочтения при выборе товаров [3, 4].

Цель работы — исследование предпочтений населения в отношении батончиков злаковых на основании данных анкеты, полученных при проведении опроса отношения потребителей к новой продукции среди жителей Республики Беларусь.

Результаты исследований и их обсуждение. С целью определения потребительских предпочтений в отношении обогащенной пищевой продукции — батончиков злаковых, составлена анкета потребительских предпочтений населения к новой продукции и проведен опрос жителей Республики Беларусь.

Так как исследование носит выборочный характер, при котором важно, чтобы результат имел возможность применения полученных данных для большей части населения, то определено необходимое количество опрашиваемых. Для опроса выбраны жители города Минска и Минской области. По данным национального статистического комитета численность населения на 2024 год составила: для города Минска — 1 992 862 чел., для Минской обл. — 1 460 289 чел. Генеральная совокупность за год составила 3 453 151 чел [5].

Принята доверительная вероятность 95 %, что соответствует общепринятому значению в социологических исследованиях. Для данного значения соответствует коэффициент Стьюдента $t=1,96$. Данное значение говорит о том, что при опросе 100 человек, достоверность ответов в 95 % соответствует общей генеральной совокупности (всему населению Минской области). Для того, чтобы по законам статистики ответы находились в пределах $\pm 5 \%$ от исходного, то допустимую ошибку выборочного исследования приняли равную 5 %.

Для вычисления количества анкетируемых применен онлайн-калькулятор. Количество анкетируемых составило 384 респондента — жители г. Минска и Минской обл. различного социального положения и возраста [6].

Проведен анализ анкет респондентов. На рисунке 1 приведены участники опроса (в процентном количестве), разграниченные по половому и возрастному признакам.



Рис. 1. Характеристика респондентов: а) Половая, б) Возрастная
Fig. 1. Characteristics of the respondents: a) Gender, b) Age

Из рисунка 1 следует, что основной возраст респондентов составил от 21 года до 30 лет (31,3 % от общего числа опрошенных). Количество опрошенных женщин составило 80,7 %, а мужчин — 19,3 %.



Рис. 2. Семейное положение респондентов
Fig. 2. Marital status of the respondents

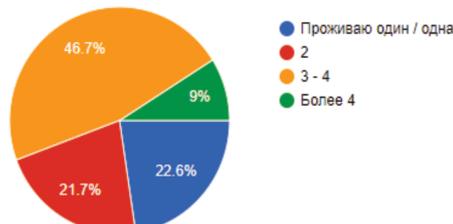


Рис. 3. Количество членов в семье респондентов
Fig. 3. Number of family members of the respondents

Согласно данным, представленным на рисунках (2–4), установлен социальный портрет опрошенных. Основная часть представлена респондентами, находящимися в браке (53,8 %) и проживающими в г. Минске или Минском районе (50,9 %) с семьей в количестве (3–4) чел. (46,7 %).

Касательно уровня образования 80,7 % анкетируемых имеют высшее образование, 9,0 % — среднее специальное, 5,0 % — среднее, остальное количество опрошенных (5,3 %) имеют базовое, незаконченное высшее образование, также среди респондентов встречались люди с ученой степенью кандидата наук.

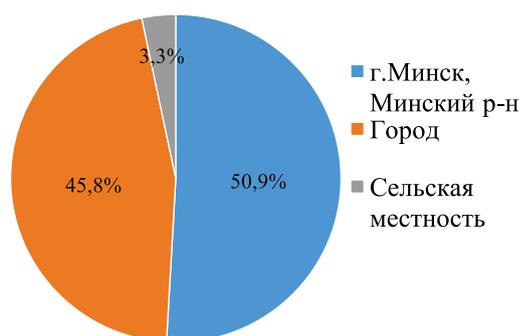


Рис. 4. Место проживания респондентов
Fig. 4. The place of residence of the respondents

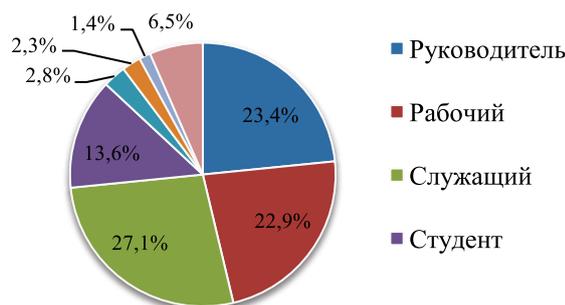


Рис. 5. Группы респондентов по занятости
Fig. 5. Groups of respondents by employment

В анкетировании приняли участие различные группы граждан (рисунок 5), среди которых: служащие — 27,1 %, руководители — 23,4 %, рабочие — 22,9 %, студенты — 13,6 %. Кроме того, были опрошены пенсионеры, безработные, женщины, находящиеся в отпуске по уходу за детьми.

Большая часть респондентов (30,7 %) занята в перерабатывающей промышленности (пищевой); 28,8 % — в образовательной, научной либо же технической; 12,7 % — в торговле, экономике, финансах. Деятельность 27,7 % граждан разнообразна: сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность (кроме пищевой), строительство и недвижимость, медицина и здравоохранение, информация и связь, юриспруденция и страхование, творчество, спорт, развлечение и отдых, сфера услуг, тяжелая промышленность, ИТ-сфера, транспорт и др.

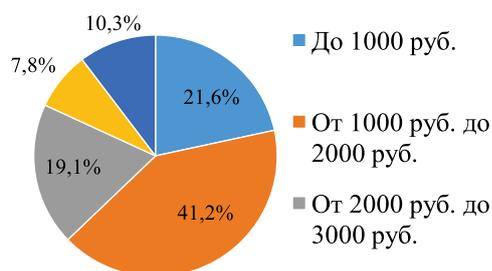


Рис. 6. Уровень дохода респондентов
Fig. 6. Respondents income level

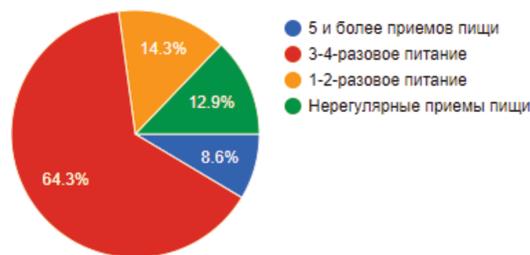


Рис. 7. Прием пищи среди респондентов
Fig. 7. Food intake among the respondents

При этом размер заработной платы респондентов составляет (рисунок 6): у 41,2 % — от 1 000 руб. до 2 000 руб., у 21,6 % — до 1 000 руб., у 19,1 % — от 2 000 руб. до 3 000 руб., у 10,3 % — не имеют дохода, у 7,8 % — свыше 3 000 руб.

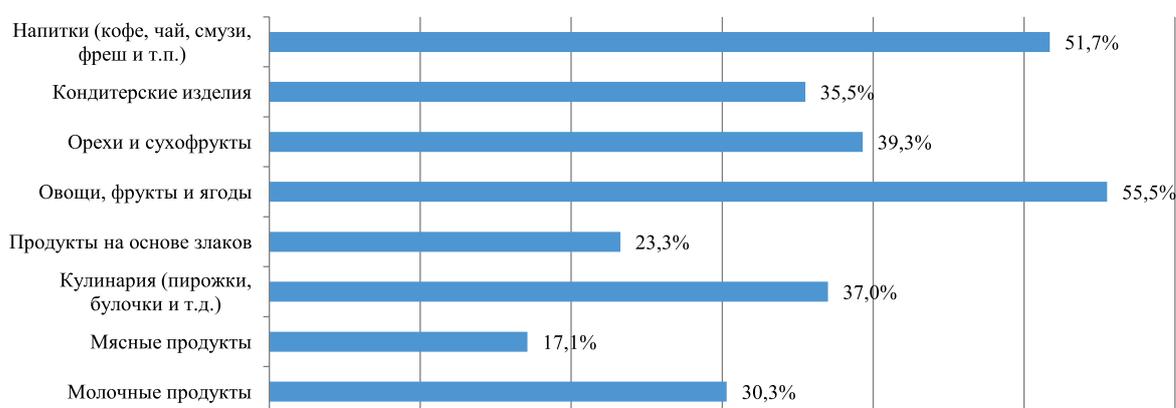
При изучении рациона питания населения (рисунок 7) установлено, что 64,3 % опрошенных придерживаются 3 — 4-разового питания; 14,3 % — 1 — 2-разового; 12,9 % — имеют нерегулярные приемы пищи; 8,6 % респондентов в день достигают 5 и более приемов пищи.

Данные рисунка 8 свидетельствуют о том, что большинство населения (76,4 %) предпочитают в качестве завтрака, обеда и ужина употреблять продукты домашнего приготовления; в качестве перекуса 55,7 % опрошиваемых выбирают овощи, фрукты и ягоды; 51,7 % — напитки (кофе, чай, смузи, фреш и т.п.); 39,3 % — орехи и сухофрукты; 37,0 % — блюда кулинарии; 35,5 % — кондитерские изделия; 30,3 % — молочные продукты; 23,3 % — продукты на основе злаков; 17,1 % — мясные продукты.

Современное население заинтересовано во включении в свой рацион продуктов правильного питания, при этом 41,6 % опрошиваемых делают это ежедневно, 38,3 % — несколько раз в неделю, 16,3 % — несколько раз в месяц. При выборе продуктов, входящих в рацион, учитываются вкусовые свойства изделий. Для большинства участников опроса (54,2 %) приемлемы варианты продуктов, используемые для обогащения, с ненавязчивым вкусом. Также немаловажно указание на упаковке продукции информации о составе и пользе для организма при употреблении продуктов правильного питания.



а



б

Рис. 8. Предпочтения респондентов в качестве: а) основного рациона, б) перекуса
 Fig. 8. Respondents preferences in quality: a) basic diet, b) snacks



Рис. 9. Приобретение обогащенных продуктов питания респондентами
 Fig. 9. Purchase of fortified foods by respondents

Для более углубленного изучения информационной осведомленности потребителей в отношении здорового питания представлены вопросы, касающиеся обогащенной продукции. Результаты опроса позволили установить, что 50,7 % населения периодически приобретают обогащенные продукты питания, 24,4 % — реже, 13,4 % — постоянно, 6,2 % — не приобретают, 5,3 % — не владеют информацией о данной группе изделий (рисунок 9). При этом, среди обогащенной продукции наибольший интерес у потребителей вызывают изделия, содержащие витамины (55,3 %), пищевые волокна (47,1 %) и белок (43,3 %).



Рис. 10. Потребительская восприимчивость изделий для перекуса
Fig. 10. Consumer susceptibility of snack products



Рис. 11. Потребительские предпочтения применения обогащающих добавок в кондитерских изделиях
Fig. 11. Consumer preferences for the use of enriching additives in confectionery products



Рис. 12. Отношение респондентов к ассортименту батончиков
Fig. 12. Respondents attitude to the range of bars

В связи с тем, что 57,8 % респондентов (рисунок 10) употребляют кондитерские изделия — батончики (мюсли, протеиновые, фруктовые, ореховые и т.д.) в качестве перекуса, то приемлем вариант повышения их пищевой ценности за счет использования комплексов минеральных и (или) витаминных и обогатительного сырья (67,9 %) (рисунок 11). Среди обогатительного сырья потребители предпочитают видеть в составе изделий продукты переработки овощей и (или) фруктов и (или) ягод (67,5 %) и продукты переработки злаков (66,0 %).

Согласно данным, представленным на рисунке 12, чаще всего покупают батончики злаковые (батончики-мюсли) (64,9 %), в два раза меньше — веганские (фруктовые, ореховые, из масличных семян) батончики (29,4 %), доля протеиновых батончиков составляет 19,0 %, доля энергетических батончиков — 7,1 %. Среди опрашиваемых 18,5 % участников не употребляют батончики.

Согласно данным, представленным на рисунках 13 и 14, 40,0 % населения употребляют батончики злаковые (батончики-мюсли) в своем рационе несколько раз в год, 25,7 % — несколько раз в неделю, 23,3 % — несколько раз в месяц. Чаще всего потребители выбирают данный вид продукции в качестве перекуса из-за отнесения к категории изделий «to go», то есть удобства взять с собой.

При выборе батончиков злаковых (батончиков-мюсли), помимо удобной упаковки, потребители в 61,1 % случаях акцентируют внимание на вкусовых свойствах и в 49,0 % случаях — на составе. Также 33,2 % респондентов при выборе изделий руководствуются их стоимостью, 26,0 % — пищевой ценностью, 22,6 % — содержанием пищевых веществ, 23,1 % — энергетической ценностью. В то же время при выборе батончиков злаковых (батончиков-мюсли) у 25,5 % респондентов возникают сомнения на счет органолептических показателей, 24,0 % потребителей опасаются «маркетинговых» уловок, 21,6 % против использования ароматизаторов взамен фруктов (ягод).



Рис. 13. Восприимчивость полезных свойств батончиков злаковых (батончиков-мюсли)
 Fig. 13. The susceptibility of the beneficial properties of cereal bars (muesli bars)

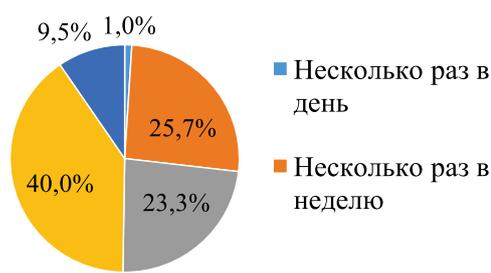


Рис. 14. Потребление батончиков злаковых (батончиков-мюсли) в составе рациона
 Fig. 14. Eating cereal bars (muesli) as part of the diet

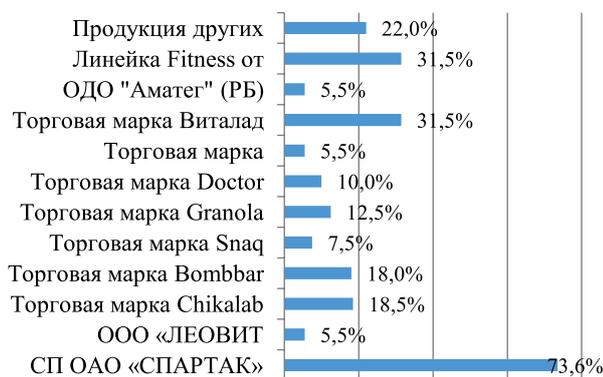


Рис. 15. Торговые марки и производители батончиков, присутствующие на рынке
 Fig. 15. Brands and manufacturers of bars present on the market

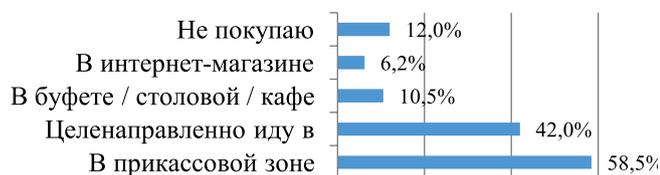


Рис. 16. Реализация батончиков злаковых (батончиков-мюсли)
 Fig. 16. Realization of cereal bars (muesli bars)

Изучен ассортимент батончиков, приобретаемый респондентами (рисунок 15), и места их реализации (рисунок 16). Среди производителей основное место занимает СП ОАО «СПАРТАК» (73,6 %), также популярны Nestle (31,5 %), ООО «Фитнес Фуд» (18,5 %), ООО «Здоровит» (25,5 %), ЗАО «Мюсли Лэнд» (5,5 %). Зачастую батончики злаковые (батончики-мюсли) кладут в продуктовую корзину в прикассовой зоне магазина (58,5 %); 42,0 % респондентов целенаправленно следуют в отдел их продажи; 12,0 % — не приобретают; 10,5 % — покупают в буфете / столовой / кафе.



Рис. 17. Насыщенность ассортиментной группы батончиков злаковых (батончиков-мюсли) обогащенных
 Fig. 17. Saturation of the assortment group of cereal bars (muesli bars) enriched



Рис. 18. Готовность респондентов к потреблению батончиков злаковых (батончиков-мюсли) с добавлением пророщенных зерен пшеницы

Fig. 18. Respondents willingness to consume cereal bars(muesli bars) with the addition of sprouted wheat grains

Контрольные вопросы, раскрывающие необходимость разработки батончиков злаковых (батончиков-мюсли), состояли в осведомленности опрашиваемых об ассортименте обогащенной продукции (рисунок 17). Из них 36,9 % от общего количества респондентов затруднились в ответе; 32,5 % считают, что на рынке недостаточно продуктов с повышенной пищевой ценностью; в то время как 30,6 % опрашиваемых указывают на заполненность данной группы изделий.

В связи с тем, что разрабатываемое изделие — батончик злаковый (батончик-мюсли) — относится к обогащенной продукции за счет включения в состав зерна пшеницы пророщенного, населению заданы наводящие вопросы, результаты которых показывают, что: 56,2 % опрашиваемых заинтересованы в приобретении изделий с добавлением пророщенных зерен пшеницы; 54,3 % — при наличии удовлетворительных органолептических показателей, 27,6 % — при доступной стоимости (рисунок 18).



Рис. 19. Влияние обогатительного сырья на изменение вкусовых свойств и (или) внешнего вида обогащенной продукции

Fig. 19. The effect of enriching raw materials on changes in the taste properties and (or) appearance of fortified products

При этом большинство респондентов (44,2 %) приняли вероятность изменения вкусовых свойств и (или) внешнего вида обогащенной продукции при включении обогатительного сырья; 31,7 % — предпочли незначительное изменение вкусоароматических характеристик изделий; 20,2 % — затруднились в ответе (рисунок 19).

При выборе обогащенных изделий потребители руководствуются следующими критериями (рисунок 20): состав продукта (70,5 % ответов), его польза (59,0 %), розничная цена изделия (38,6 %), заинтересованность в новом продукте (35,2 %), внешний вид упаковки изделия (31,0 %), рекомендации окружения (29,0 %).

Применение обогатительного сырья в составе изделий предполагает увеличение их стоимости (рисунок 21). При этом для населения приемлемы следующие размеры повышения стоимости продукции: для 39,9 % респондентов — до 20 %; для 26,9 % — недопустимо повышение цены; для 22,1 % — не важна стоимость изделия; для 7,7 % — до 40 %; для 1,0 % — до 10 %.

Заключение. Таким образом, по результатам опроса установлено, что целевой аудиторией покупателей батончиков являются женщины и мужчины в возрасте 31 — 45 лет (31,8 %), состоящие в браке (53,8 %) с семьей в количестве 3 — 4 человек и проживающие в городе Минске и Минском районе (50,9 %). Большая часть респондентов (80,7 %) населения име-

ют высшее образование и заняты в перерабатывающей промышленности (пищевой) (30,7 %). Установлено, что 64,3 % опрошенных придерживаются 3 — 4-разового питания, употребляя продукты домашнего приготовления (76,4 %), при этом ежедневно дополняют рацион продуктами правильного питания (41,6 %), в том числе продукцией, обогащенной витаминами (55,3 %), пищевыми волокнами (47,1 %) и белком (43,3 %).



Рис. 20. Структура признаков выбора батончиков злаковых (батончиков-мюсли) обогащенных с добавлением пророщенных зерен пшеницы

Fig. 20. The structure of the signs of choosing cereal bars (muesli bars) enriched with the addition of sprouted wheat grains

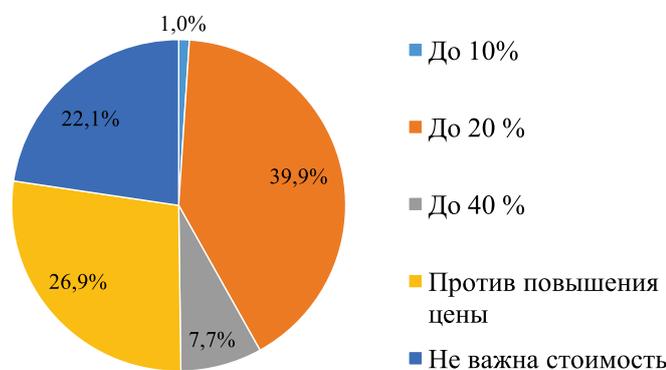


Рис. 21. Влияние стоимости обогащающих компонентов на розничную цену готовой продукции

Fig. 21. The effect of the cost of enriching components on the retail price of finished products

В связи с тем, что 57,8 % респондентов употребляют кондитерские изделия — батончики (мюсли, протеиновые, фруктовые, ореховые и т.д.) в качестве перекуса, то для них предпочтительно употребление изделий с добавлением обогатительного сырья (67,9 %), а именно продуктов переработки злаков (66,0 %). Подобный перекус 40,0 % населения выбирают несколько раз в год, основываясь в 61,1 % случаях на вкусовых свойствах и в 49,0 % случаях — на составе.

При изучении ассортимента батончиков выявлено, что при выборе респонденты обращают внимание на состав продукта (70,5 %), его пользу (59,0 %), розничную цену изделия (38,6 %), новизну продукта (35,2 %), внешний вид упаковки изделия (31,0 %), рекомендации окружения (29,0 %). Стоит отметить, что 32,5 % опрошенных считают, что на рынке недостаточно продуктов с повышенной пищевой ценностью, в связи с чем актуален вопрос разработки обогащенной продукции. Новый вид изделий будет разработан с включением

в состав зерна пшеницы пророщенного, что заинтересовало 56,2 % аудитории при наличии удовлетворительных органолептических показателей с принятием изменений во вкусе и (или) внешнем виде (44,2 %) и повышении розничной цены до 20 % (39,9 %).

Список использованных источников

1. Джабоева А. С., Сушкова Н. А. Исследование предпочтений потребителей при выборе снековой продукции // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Коккова. — 2021. — №2 (32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-predpochteniy-potrebiteluy-pri-vybore-snekovoy-produktsii> (дата обращения: 12.06.2025).
2. Моргунова Е. М., Кондратенко С. А., Вислоухова С. Н. Алгоритм маркетингового обоснования создания продуктов функционального и специализированного назначения // Вестник РЭА им. Г. В. Плеханова. — 2023. — №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-marketingovogo-obosnovaniya-sozdaniya-produktov-funktsionalnogo-i-spetsializirovannogo-naznacheniya> (дата обращения: 18.06.2025).
3. Попова Д. Г., Резниченко И. Ю. Маркетинговые исследования потребительского рынка протеиновых батончиков в Кузбассе // Практический маркетинг. — 2024. — №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/marketingovye-issledovaniya-potrebitelskogo-rynka-proteinovyh-batonchikov-v-kuzbasse> (дата обращения: 21.07.2025).
4. Шестакова А.Е. Исследование восприятия нового товара потребителями // Форум молодых ученых. — 2018. — №12-4 (28). — С. 735 — 739. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-voopriyatiya-novogo-tovara-potrebitelyami> (дата обращения: 14.09.2024).
5. Численность населения на 1 января 2024 г. по областям и г.Минску // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — 2024. — URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/ssrd-mvf_2/natsionalnaya-stranitsa-svodnyh-dannyh/naselenie_6/chislennost-naseleniya1_yan_poobl/ (дата обращения: 21.09.2024).
6. Онлайн калькулятор. Расчет выборки. — 2024. — URL: <https://allcalc.ru/node/100> (дата обращения: 21.09.2024).

Информация об авторах

Козловская Валерия Андреевна, инженер-технолог отдела технологий и стандартизации Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (30, ул. Раковская, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: valeria989@tut.by

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

E-mail: laptenokn@mail.ru

Дударева Анастасия Николаевна, заместитель директора Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (30, ул. Раковская, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: beltexnoxleb@mail.ru

Севастей Людмила Ивановна, главный технолог — заведующий отделом технологий и стандартизации Государственного предприятия «Бел-технохлеб», (30, ул. Раковская, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: texnolog77@mail.ru

Information about authors

Kozlovskaya Valeria Andreevna, engineer-technologist of Department of Technology and Standardization of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: valeria989@tut.by

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

E-mail: laptenokn@mail.ru

Dudareva Anastasiya Nikolaevna, deputy director of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: beltexnoxleb@mail.ru

Sevastey Lyudmila Ivanovna, chief technologist — head of technology and standardization of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: texnolog77@mail.ru

УДК 664.683.61:664.236

Поступила в редакцию 27.06.2025
Received 27.06.2025**А. В. Покрашинская***УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь.***БЕЗГЛЮТЕНОВЫЕ КЕКСЫ: ПОТЕНЦИАЛ МУКИ ИЗ ЗЕЛЕННОЙ ГРЕЧКИ**

Аннотация. В ходе исследования были проанализированы качественные характеристики муки из зеленой гречки и на ее основе получены образцы безглютеновых кексов. Они оценивались по органолептическим и физико-химическим параметрам, а также по реологическим свойствам мякиша. Эксперимент показал, что для оптимизации качества безглютеновых изделий требуется включение гидроколлоидов, стабилизаторов и структурообразователей, компенсирующих отсутствие глютена. В качестве таких компонентов могут выступить порошок тыквы и аронии черноплодной, содержащие пектиновые вещества. Установлено, что оптимальные значения плотности (0,46 г/см³ и менее) и бальной оценки качества готовых изделий (49,5 баллов) достигаются при количестве порошка тыквы 9,0–9,7 % и количестве порошка аронии 6,3–7,9 %.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, мука из зеленой гречки, показатели качества, реологические свойства, порошок тыква, порошок аронии черноплодной.

A. V. Pokrashinskaya*Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus***GLUTEN-FREE MUFFINS: POTENTIAL OF GREEN BUCKWHEAT FLOUR**

Abstract. The study analyzed the quality characteristics of green buckwheat flour and obtained gluten-free muffin samples based on it. They were assessed by organoleptic and physicochemical parameters, as well as by the rheological properties of the crumb. The experiment showed that to optimize the quality of gluten-free products, it is necessary to include hydrocolloids, stabilizers and structure formers that compensate for the absence of gluten. Such components can be pumpkin and chokeberry powder, which contain pectin substances. It was found that the optimal values of density (0.46 g / cm³ or less) and point assessment of the quality of finished products (49.5 points) are achieved with a pumpkin powder amount of 9.0-9.7% and a chokeberry powder amount of 6.3-7.9%.

Keywords: flour confectionery, green buckwheat flour, quality indicators, rheological properties, pumpkin powder, chokeberry powder.

Введение. Устойчивое конкурентное развитие кондитерской отрасли в Республике Беларусь является одним из приоритетов обеспечения национальной продовольственной безопасности и направлено на разработку научных основ технологий и ассортимента кондитерских изделий лечебного и профилактического назначения. Особенно остро стоит проблема питания людей, страдающих целиакией. Это чувствительная к глютену энтеропатия, для которой характерны стойкая непереносимость специфических белков зерновых культур с развитием гиперрегенеративной атрофии слизистой оболочки тонкого кишечника и ассоциированного с ней синдрома мальабсорбции. Распространенность целиакии среди взрослого населения составляет 1–3 %, но в подавляющем большинстве заболевание протекает латентно, имитируя различные функциональные расстройства пищеварительной, нервной, эндокринной системы, опорно-двигательного аппарата. На сегодняшний день целиакия — одно из самых распространенных заболеваний тонкого кишечника [1–3].

Единственным средством лечения целиакии и профилактики ее осложнений является соблюдение строгой безглютеновой диеты. При изготовлении мучных кондитерских изделий для безглютенового питания используются определенные виды муки, например, рисовая, кукурузная, гречневая и овсяная. Это наиболее доступные виды муки, которые не составят труда найти на полках продовольственных магазинов [4].

Ученые указывают на необходимость решения проблемы производства безглютеновых продуктов на основе зерновых культур с технологическими свойствами, сопоставимыми с их аналогами, содержащими глютен, и минимальными компромиссами качества. Так, одним из основных направлений создания безглютеновых продуктов является развитие научных принципов создания рецептур функциональных мучных кондитерских изделий за счет применения современных технологических решений, а также стандартизации и контроля качества этой продукции [5, 6].

На сегодняшний день в литературе встречается информация о разработках рецептур безглютеновых мучных изделий. Так, проведены комплексные работы по научному обоснованию целесообразности использования рисовой муки в производстве безглютеновых мучных кондитерских изделий специализированного назначения [7–10]. Барсуковой Н.В. при разработке безглютеновых пряничных изделий отмечено, что пряничное тесто с оптимальными показателями получено путем введения в рецептуру мучной смеси (овсяная и кукурузная мука, крахмал картофельный, изолят соевого белка) до 30 % рисовой муки [11].

В конце XX века в США и в странах ЕС, таких как Германия, Франция и Италия, был разработан широкий ассортимент безглютеновых кексов. В Российской Федерации также произведены кексы, в основе рецептурного состава которых содержится кукурузная и рисовая мука, крахмал кукурузный и соевый белок, используемый в качестве обогатителя рецептурной смеси [12]. Также известна технология приготовления безглютенового кекса «лимонный с цукатами» с использованием кукурузной и рисовой муки, крахмала, цукатов и измельченного лимона [13]. Рыков А. И. и Агафонова С. В. предложили использование семян люпина белого (*Lupine albus L.*) в технологии мучных кондитерских изделий [14].

Кроме того, ведущие ученые предлагают использовать современные решения при разработке рецептур безглютеновых продуктов, в частности использовать бесклеиковинную муку льна, амарант, киноа, чиа. Одним из перспективных направлений является создания композиций из различных видов муки для обеспечения населения страны качественными продуктами здорового питания с высоким содержанием ω -3 и ω -6 жирных кислот [15]. Также проводятся исследования, связанные с разработкой рецептур безглютеновой продукции, обогащенной плодово-ягодными и овощными добавками, на основе композитных смесей из одного или нескольких видов безглютенового сырья и нетрадиционных добавок [16].

В связи с этим, необходимо сконцентрировать внимание специалистов пищевой и, в частности, кондитерской промышленности, для того чтобы добиться насыщения отечественного рынка безглютеновых продуктов питания, что позволит усилить защищенность страны от импортных нерегулярных поставок и сделать шаг вперед в области обеспечения жителей страны продуктами здорового питания.

Цель исследования заключалась в изучении возможности использования муки из зеленой гречки для изготовления безглютеновых кексов, а также в повышении их пищевой ценности и качественных характеристик путем введения в рецептуру фруктовых и овощных порошков, что позволит расширить ассортимент мучных кондитерских изделий для диетического питания.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования в работе использовались мука из зеленой гречки, порошки тыквы и аронии черноплодной, а также полуфабрикаты и готовые изделия. Предметом исследования выступили показатели качества используемых сырьевых компонентов, полуфабрикатов и готовых изделий с их внесением; технологические параметры получения кексов.

Органолептические показатели качества муки определяли согласно ГОСТ 27558-2022 «Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста» [17], титруемую кислотность — ГОСТ 27493-87 «Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке» [18], влажность — ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности» [19]. Кроме того, в муке определяли водопоглотительную способность [20]. Содержание золы в порошках тыквы и аронии черноплодной определяли по ГОСТ 27494-2016 «Мука и отруби. Методы определения зольности» [21], содержание пектиновых веществ по ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ» [22]. Органолептическая оценка качества теста проводилась путем визуальной оценки цвета, консистенции, а также определения вкуса и запаха, влажность его определяли экспресс-методом на приборе Чижовой [20]. Органолептическая оценка готовых изделий проводилась по ГОСТ 15052-2014 «Кексы. Общие технические условия» [23], влажность — ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ» [24]. Плотность определяли по методике, заключающейся в определении массы и объема кекса с последующим делением одной величины на другую. Бальная оценка качества проводилась

по таким показателям, как форма (1-5 баллов), поверхность (1-10,0 баллов), структура (1-12,5 баллов), вид в изломе (1-12,5 баллов), запах (1-5 баллов), вкус (1-5 баллов) [25]. Реологические свойства готовых изделий определялись на приборе «Структурометр СТ-2» [26]. При проведении исследований использовалась насадка-индентор «Цилиндр» диаметром 0,035 м.

Основная часть. При проведении исследований использовалась мука пшеничная высшего сорта в качестве контрольного образца и мука из зеленой гречки в качестве безглютенового сырья.

На рисунке 1 показан внешний вид используемых видов муки.



мука из зеленой гречки



пшеничная мука высшего сорта

Рис. 1. Внешний вид используемых видов муки

Fig. 1. Appearance of the types of flour used

В таблице 1 представлены результаты исследований показателей качества используемой муки.

Таблица 1. Показатели качества используемой муки

Table 1. Quality indicators of the flour used

Наименование показателя	Вид муки	
	из зеленой гречки	пшеничная высшего сорта
Органолептические показатели качества		
Внешний вид	Однородный сыпучий продукт с мелкими частицами оболочек	Однородный сыпучий продукт
Цвет	Светло-коричневый	Белый
Запах	Свойственный муке из зеленой гречки, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый
Вкус	Свойственный гречневой муке, не кислый, не горький, без постороннего привкуса	Свойственный пшеничной муке, не кислый, не горький, без постороннего привкуса
Физико-химические показатели качества		
Влажность, %	11,4	11,3
Кислотность, град.	5,5	3,2
Водопоглощительная способность, %	64,0	48,0
Посторонние примеси	Не обнаружено	

Из данных таблицы 1, видно, что у исследуемых видов муки все показатели соответствуют установленным требованиям [27, 28]. Сравнивая же водопоглощительную способность, можно отметить, что у исследуемых видов муки этот показатель практически не отличается и в 1,34 раза превышает контрольное значение.

Из исследуемых образцов муки были изготовлены кексы по следующей рецептуре, г: мука — 50,0; крахмал маисовый — 16,6; сахар белый кристаллический — 66,5; яйцо куриное — 79,8; масло сливочное — 66,5. Процесс приготовления кексов состоял из следующих этапов. В тестомесильную машину загружалось сливочное масло и взбивалось на малых оборотах в течение 5–6 минут, затем вносился сахар, и взбивание продолжалось еще

10–12 минут, после чего частями добавлялся желток. Взбивание длилось в течение 15–20 минут до исчезновения кристаллов сахара. Отдельно взбивались яичные белки до увеличения в объеме в 2,5–3 раза. Во взбитую яично-масляную смесь добавлялись мука и крахмал. Масса перемешивалась в течение 20–30 секунд, затем в тесто вмешивались взбитые белки. Полученное тесто раскладывалось в формы, предварительно смазанные маслом. Выпечка кексов проводилась в течение 35 минут при температуре 190 °С.

Контролем служил образец, полученный из пшеничной муки. Тесто из всех образцов муки получилось густое, вязкое, светло-желтого у контроля и бежевого цвета у опытного образца, сладкое на вкус. Влажность теста составила 26,2 % для изделий из муки зеленой гречки и 24,8 % для контрольного образца. Такое различие связано с разной водопоглотительной способностью данных видов муки.

Показатели качества и внешний вид полученных кексов представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2. Показатели качества исследуемых образцов кексов
Table 2. Quality indicators of the studied samples

Показатель	Образец из муки зеленой гречки	Образец из пшеничной муки высшего сорта
Органолептические показатели		
Форма	Выпуклая, с явно выраженной боковой поверхностью	
Поверхность	Шероховатая, с незначительными трещинами	Шероховатая, с незначительными трещинами
Цвет	Равномерный, светло-коричневый	Равномерный, темно-желтый
Структура мякиша	Мягкая, связанная, пористая без уплотнений, наблюдаются пустоты	Мягкая, связанная, крупнопористая, без уплотнений, и пустот
Цвет мякиша	Бежевый	Светло-желтый
Запах	Приятный, без посторонних примесей	
Вкус	Выраженный, сладкий, свойственный, присутствует легкий привкус гречневой муки	Выраженный, сладкий, свойственный готовому изделию
Физико-химические показатели		
Влажность, %	21,6	22,9
Плотность, г/см ³	0,60	0,43
Бальная оценка, балл	40,0	48,0



из муки зеленой гречки

из пшеничной муки

Рис. 2. Внешний вид (а) и вид в разрезе (б) готовых изделий из разных видов муки
Fig. 2. External appearance (a) and sectional view (b) of finished products made from different types of flour

Анализируя данные, представленные в таблице 2 и на рисунке 2, можно отметить, что органолептические показатели качества полученных изделий различаются цветом мякиша и вкусом, что обусловлено свойствами используемого сырья, в частности видом муки. Остальные показатели соответствуют требованиям стандарта ГОСТ 15052–2014 «Кексы. Общие технические условия» [23]. Из физико-химических показателей влажность соответствует установленной норме (12,0–24,0 %). А показатель плотности у опытного образца превышает норму (не более 0,55 г/см³ [23]) и на 39,5 % выше по отношению к контролю. Связано это с тем, что мука из зеленой гречки не содержит клейковину, следовательно, разрыхленность их ниже, поэтому и выше плотность. По бальной оценке контрольный образец набрал большее количество баллов (48), что на 16,7 % больше для образца из муки зеленой гречки. Снижение бальной оценки связано с затемнением мякиша готовых изделий и появлением специфического привкуса используемой безглютеновой муки.

При разработке рецептур новой продукции важно уделять внимание ее реологическим свойствам. Изменения пластических и упругих свойств кексов оказывают влияние на вкусовые свойства и потребительскую привлекательность изделий.

На рисунке 3 представлена кривая сжатия для образца кексов из муки зеленой гречки.



Рис. 3. Кривая сжатия для образца кексов из муки зеленой гречки
Fig. 3. Compression curve for green buckwheat flour muffin sample

На кривой сжатия (рисунок 3) можно выделить два участка: нагружения и разгрузки. Точка пересечения кривой сжатия с осью X делит общую деформацию на пластическую и упругую [29]. Определив их значения, можно рассчитать соотношение $h_{\text{упр}}/h_{\text{пл}}$. Данная величина для кекса из пшеничной муки высшего сорта равна 1,53, а для кекса из муки зеленой гречки — 1,05. Полученные данные свидетельствуют о том, что у кекса из пшеничной муки преобладает упругая деформация: изделие лучше восстанавливает форму после сжатия, структура его более прочная, эластичная, с развитым глютеиновым каркасом. В то же время, у кекса из гречневой муки упругая и пластическая деформации сопоставимы: изделие легче деформируется без полного восстановления и может крошиться, мякиш более рассыпчатый, нежный, но менее стабильный. Таким образом, пшеничный кекс по своей структуре ближе к упругому телу, а гречневый — к хрупко-пластичному материалу. Такие различия связаны с химическим составом используемых видов муки. Как известно, пшеничная мука способна образовывать клейковину, придающую готовому изделию своеобразный, достаточно упругий каркас.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для достижения качества, сопоставимого с традиционными изделиями при использовании безглютеновой муки необходимы корректировки рецептуры и технологии. Например, научный интерес представляет использование в рецептуре добавок, которые могут быть стабилизаторами. В качестве таких компонентов могут выступить порошки тыквы и аронии черноплодной. Кроме того, для улучшения структуры и пористости кексов можно использовать химические разрыхлители: аммоний углекислый в количестве 0,50 % и гидрокарбонат натрия в количестве 0,45 %.

Порошок тыквы обладает богатым составом биологически активных веществ, включая каротиноиды, пищевые волокна, витамины (А, С, группы В) и микроэлементы (калий, маг-

ний, железо). Плоды аронии черноплодной также богаты витаминами группы В, витамином С, витамином РР, минеральными веществами, такими как молибден, марганец, магний, йод, железо, а также биологически активными соединениями (антоцианы, флавоноиды, дубильные вещества, органические кислоты). Введение данных порошков в рецептуры мучных изделий способствует не только улучшению пищевой ценности получаемой продукции, но и придаст ей привлекательный цвет, аромат и вкус.

Порошки из тыквы и аронии черноплодной были получены в лабораторных условиях. Ягоды аронии инспектировали, промывали, сортировали и калибровали, тыкву инспектировали, промывали, очищали от кожуры и измельчали. Затем подготовленные продукты высушивали при температуре 45–55 °С в течение 8–12 часов. Высушенные ягоды и кусочки тыквы выдерживали для выравнивания влаги, измельчали, просеивали и очищали от ферропримесей.

Внешний вид порошков тыквы и аронии черноплодной показаны на рисунке 4.



Порошок тыквы



Порошок аронии черноплодной

Рис. 4. Внешний вид используемых порошков
Fig. 4. Appearance of the powders used

Полученные порошки являются тонкодисперсным продуктом со свойственным данному сырью запахом, без постороннего. Порошок тыквы имеет желтый цвет и приятный, умеренно выраженный привкус тыквы. Порошок аронии — бордовый с кисло-сладким, слегка вяжущий привкусом.

В таблице 3 представлены результаты исследований показателей качества используемых порошков.

Таблица 3. Физико-химические показатели качества используемых порошков
Table 3. Physicochemical quality indicators of the powders used

Наименование показателя	Характеристика	
	порошок тыквы	порошок аронии черноплодной
Влажность, %	8,7	9,8
Кислотность, град.	4,5	6,8
Зольность, % в пересчете на сухое вещество	3,26	2,49
Содержание пектиновых веществ, % в пересчете на сухое вещество	3,25	4,26

Представленные данные свидетельствуют о том, что использование пищевых порошков при изготовлении кексов в первую очередь повлияет на изменение их органолептических характеристик. Изделия с пищевыми порошками приобретут соответствующий оттенок, зависящий от вида используемого порошка. Также может появиться и соответствующий привкус.

Для определения оптимальных дозировок пищевых порошков использовалось планирование эксперимента 2² в пакете StatGraphicsPlus [30]. При обработке экспериментальных данных в качестве входного фактора Т принималось количество порошка тыквы в диапазоне 1–15 %, в качестве входного фактора А принималось количество порошка аронии в диапазоне 1–15 %. Параметрами оптимизации выступили бальная оценка качества, плотность готовых изделий. В соответствии с матрицей планирования были изготовлены опытные образцы. Необходимое количество пищевых порошков вводилось взамен части муки. Внешний вид и показатели качества изделий из муки зеленой гречки представлены на рисунке 5 и в таблице 4.



а



б

1 % порошка тыквы и 1 % порошка аронии черноплодной



а



б

15 % порошка тыквы и 1 % порошка аронии черноплодной



а



б

1% порошка тыквы и 15 % порошка аронии черноплодной



а



б

15 % порошка тыквы и 15 % порошка аронии черноплодной

Рис. 5. Внешний вид (а) и вид в разрезе (б) кексов из муки зеленой гречки с разным содержанием порошков тыквы и аронии черноплодной

Fig. 5. External appearance (a) and cross-sectional view (b) of muffins made from green buckwheat flour with different contents of pumpkin and chokeberry powders

Таблица 4. Показатели качества кексов из муки зеленой гречки с разным содержанием порошков тыквы и аронии черноплодной
Table 4. Quality indicators of green buckwheat flour muffins with different contents of pumpkin and chokeberry powders

Показатель	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Органолептические показатели				
Форма	Выпуклая с явно выраженной боковой поверхностью			
Поверхность	Шероховатая с незначительными трещинами	Шероховатая с крупными трещинами	Шероховатая с крупными трещинами	Шероховатая с крупными трещинами
Цвет	Равномерный, светло-коричневый	Равномерный, коричневый	Равномерный, темно-коричневый	Равномерный, темно-коричневый
Структура мякиша	Мягкая, связанная, пористая, без уплотнений, наблюдаются пустоты			
Цвет мякиша	Бежевый	Бежевый с желтыми вкраплениями	Серо-фиолетовый	Серо-фиолетовый с желтыми вкраплениями
Запах	Приятный, без посторонних			
Вкус	Выраженный, сладкий, присутствует легкий привкус гречневой муки	Выраженный, умеренно сладкий, присутствует привкус тыквы	Выраженный, слегка сладкий с кислинкой, присутствует привкус аронии	Выраженный, слегка сладко-кислый, присутствует привкус тыквы и аронии
Физико-химические показатели				
Влажность, %	20,6	18,3	19,2	17,8
Плотность, кг/см ³	0,53	0,44	0,59	0,47
Бальная оценка, балл	47,0	47,5	41,5	44,0

Для определения оптимальных дозировок порошков тыквы и аронии составлена диаграмма, изображенная на рисунке 6.

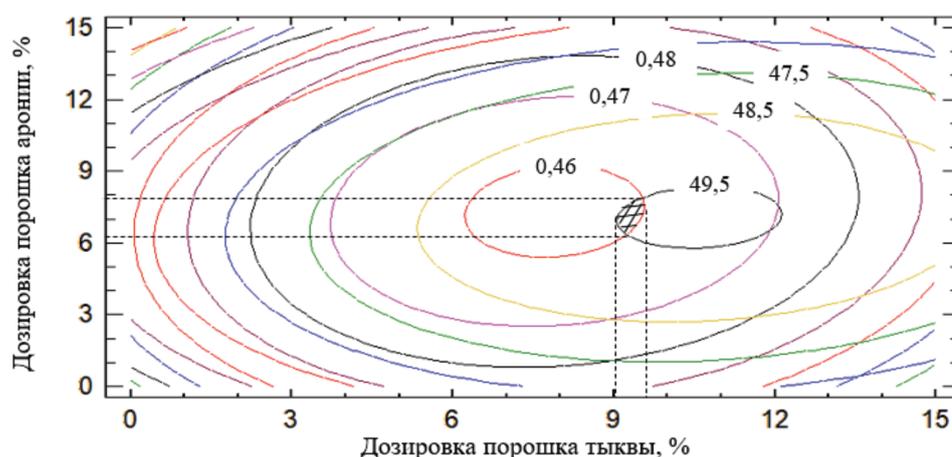


Рис. 6. Диаграмма определения плотности кексов из муки зеленой гречки и их бальной оценки в зависимости от соотношения порошка тыквы и аронии черноплодной
Fig. 6. Diagram for determining the density of green buckwheat flour muffins and their score depending on the ratio of pumpkin powder and chokeberry

Данную диаграмму получили путем наложения друг на друга линий уровня для плотности и бальной оценки качества готовых изделий. С помощью данной диаграммы можно определить значения плотности и бальной оценки готовых изделий в зависимости от различных дозировок порошков тыквы и аронии. На диаграмме определена область, в которой наблюдаются оптимальные значения плотности (0,46 г/см³ и менее) и бальной оценки качества

готовых изделий (49,5 баллов). Такие значения показателей достигаются при количестве порошка тыквы 9,0–9,7 % и количестве порошка аронии 6,3–7,9 %.

Заключение. Таким образом, установлена возможность использования муки из зеленой гречки при производстве безглютеновых кексов. Для улучшения реологических свойств данных изделий рекомендуется использовать дополнительные ингредиенты, такие как порошок тыквы и аронии черноплодной, которые, за счет содержания пектиновых веществ, могут компенсировать отсутствие клейковины. Производство такой продукции позволит расширить ассортимент продуктов питания специализированного назначения, выпускаемых отечественными предприятиями.

Список использованных источников

1. Ревнова, М. О. Целиакия: уч.-метод. пос. — С.- Петерб. гос. педиатр. мед. акад. — Санкт-Петербург, 2005. — С. 39.
2. Здоровое питание и проблемы целиакии / Р. Р. Егорова [и др.] // Пищевая промышленность. — 2013. — №1. — С.54-55.
3. Захарова, И. Н. Целиакия у детей: современные подходы к лечению / И.Н. Захарова [и др] // Медицинский совет. — 2011. — №9-10. — С. 39-44.
4. Мелюх, В. В. Характеристика безглютеновых видов муки / В. В. Мелюх, А. В. Покрашинская // Сборник научных статей по материалам XXV Международной студенческой научной конференции (23 мая 2024 года). — Гродно, 2024. — Издательско-полиграфический отдел УО «ГТАУ». — С. 51-53.
5. Резниченко, И. Ю. Теоретические аспекты разработки и классификации кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — №3. — С. 133-138.
6. Лейберова, Н. В. Разработка рецептур и оценка качества безглютеновых мучных кондитерских изделий: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.15 / Н. В. Лейберова. — Кемерово, 2012 — С. 155.
7. Бородина, М. В. Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе рисовой муки / М. В. Бородина, А. А. Болдина, Н. В. Сокол // Молодой ученый. — 2016. — №1. — С. 128-131.
8. Болдина, А. А. Разработка технологий хлеба и безглютеновых мучных кондитерских изделий, обогащенных рисовой мукой: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / А. А. Болдина. — Краснодар, 2015 — С. 183.
9. Мелюх, В. В. Разработка рецептуры и технологии производства безглютенового сахарного печенья / В. В. Мелюх, А. В. Покрашинская // Современная наука и инновации. — 2024. — №2 (46). — С. 132-138.
10. Покрашинская, А. В. Перспективы использования местного растительного сырья при производстве безглютеновых продуктов питания / А. В. Покрашинская, В. В. Мелюх // Сельское хозяйство — проблемы и перспективы (Агрономия). — 2024. — том (№1). — С. 148–155.
11. Барсукова, Н. В. Разработка технологии пряничных изделий на основе безглютенового растительного сырья: автореф. дис. канд. техн. наук. / Н. В. Барсукова. — Санкт-Петербург, 2005. — С. 20.
12. Патент РФ №2458508 Российская Федерация, МПК А21D 13/00. Способ производства безглютенового кекса «лимонный с цукатами»: №2011109816 заявл. 15.03.2011: опубл. 20.08.2012 / О. В. Чугунова, Н. В. Лейберова. — Краснодар, 2015. — 132 — С. 138.
13. Балаева, Е. В. Совершенствование технологии производства кексов и маффинов с использованием крахмалосодержащего сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Е. В. Балаева. — М.: 2013. — С. 127.
14. Рыков, А. И. Использование семян белого люпина (*Lupinus albus L.*) в технологии мучных кондитерских изделий / А. И. Рыков, С. В. Агафонова // Известия КГТУ. — 2020. — №1 (4). — С. 118-127.
15. Зайцева, Л. В. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий / Л. В. Зайцева [и др] // Вопросы питания. — 2020. — №1. — С. 77-84.
16. Жаркова, И. М. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания / И. М. Жаркова [и др] // Вестник ВГУИТ. — 2019. — Т. 81. — №1. — С. 213-217.
17. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста: ГОСТ 27558-2022. — Введен 2023-04-01. — Москва: Стандартинформ, 2023. — С. 4.
18. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке: ГОСТ 27493-87. — Введен 1989-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2007. — С. 3.
19. Мука и отруби. Метод определения влажности: ГОСТ 9404-88. — Введен 1990-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2007. — С. 4.
20. Корячкина, С. Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств растительного сырья: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелева. — Орел: ФГОУ ВПО «Государственный университет-УНПК», 2011. — С. 297.

21. Мука и отруби Методы определения зольности: ГОСТ 27494-2016. — Введен 2018-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2017. — С.11.
22. Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ: ГОСТ 29059-91. — Введен 01.07.92. — М.: Стандартинформ, 2010. — С. 8.
23. Кексы. Общие технические условия: ГОСТ 15052-2014. — Введен 2015-10-01. — М.: Стандартинформ, 2019. — С. 8.
24. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ: ГОСТ 5900-2014. — Введен 2016-07-01. — М.: Стандартинформ, 2019. — С.12.
25. Губаненко, Г. А. Разработка рецептуры и оценка качества обогащенного кекса / Г. А. Губаненко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. — 2017. — Т. 45. — №2. — С. 34-40.
26. Анализатор текстуры “Структурометр СТ-2”: [электронный ресурс]. — URL: <https://www.strukturuometri.ru> (дата обращения: 10.09.2024).
27. Мука для продуктов детского питания. Технические условия: ГОСТ 31645-2012. — Введен 2013-07-01. — Москва: Стандартинформ, 2019. — С. 9.
28. Мука пшеничная. Технические условия: СТБ 1666-2006. Введ. 01.07.2020. — Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. — С 20.
29. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов / А. С. Максимов, В. Я. Черных. — СПб.: ГИОРД, 2006. — С. 176.
30. Кошак, Ж. В. Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной промышленности / Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак. — Мн.: ИВЦ Минфина, 2015. — С. 152.

Информация об авторах

Покрашинская Алла Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки растительного сырья УО «Гродненский государственный аграрный университет» (28, ул. Терешковой, 230008, г. Гродно, Республика Беларусь).
E-mail: pokrashinskaya@gmail.com

Information about authors

Pokrashinskaya Alla Vladimirovna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, department of technology of storage and processing of vegetable raw materials, Grodno State Agrarian University (28, Tereshkova St., 230008, Grodno, Republic of Belarus).
E-mail: pokrashinskaya@gmail.com

УДК 664.87

Поступила в редакцию 09.07.2025
Received 09.07.2025**М. Н. Василевская, И. А. Машкова, Т. В. Прохорцова***Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ САХАРА ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ
С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НУТРИЕНТОВ ПО
УГЛЕВОДНОМУ ПРОФИЛЮ**

Аннотация. Исследования возможности производства мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов по углеводному профилю включали: изучение рынка доступных к использованию углеводсодержащих сырьевых компонентов для замены сахара в рецептурах мучных кондитерских изделий; анализ нормативной документации, регламентирующей использование заменителей сахарозы при производстве кондитерской продукции, и определение дозировок подсластителей, разрешенных ТР ТС 029/2012 к использованию при производстве мучных кондитерских изделий; анализ характеристик и показателей качества подсластителей и наполнителей, используемых в исследованиях, в сравнении с сахарозой. На основании полученных результатов предложены к использованию образцы низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с различными наполнителями; рассчитаны рецептурные составы сдобного песочно-выемного печенья с заменой сахара на предлагаемые сырьевые ингредиенты. Проведен анализ показателей качества тестовых полуфабрикатов и выпеченных образцов сдобного песочно-выемного печенья с заменой сахара в рецептурном составе. Определены наиболее перспективные варианты низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями для замены сахара в рецептуре мучных кондитерских изделий с дифференцированным содержанием основных нутриентов по углеводному профилю.

Ключевые слова: сахароза, низкокалорийные объемные подсластители, высокоинтенсивные подсластители, наполнители, рецептурный состав, тестовые полуфабрикаты, структурно-механические свойства, показатели качества.

M. N. Vasileuskaya, I. A. Mashkova, T. V. Prakhartsova*Educational institution «Belarusian State University of Food and Chemical Technologies»,
Mogilev, Republic of Belarus***STUDY OF THE POSSIBILITY OF REPLACING SUCROSE IN THE
MANUFACTURING OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS WITH
DIFFERENTIATED NUTRIENT CONTENT BY CARBOHYDRATE PROFILE**

Abstract. Studies of the possibility of producing flour confectionery products with a differentiated content of the main nutrients in terms of carbohydrate profile included: studying the market for carbohydrate-containing raw components available for use to replace sugar in flour confectionery recipes; analysis of regulatory documentation regulating the use of sucrose substitutes in the production of confectionery products, and determination of the dosages of sweeteners permitted by TR CU 029/2012 for use in the production of flour confectionery; analysis of characteristics and quality attributes of sweeteners and excipients used in the studies versus sucrose. Based on the results obtained, samples of low-calorie bulk sweeteners and high-intensity sweeteners in combination with various excipients are proposed for use; recipe compositions of soft sand-extraction biscuits are calculated with sugar replacement with the offered raw ingredients. Analysis of quality indicators of test semi-finished products and baked samples of pastry-and-cut cookies with sugar replacement in the recipe composition was carried out. The most promising versions of low-calorie bulk sweeteners

and high-intensity sweeteners in combination with fillers for sugar replacement in the formula of flour confectionery products with differentiated content of main nutrients in carbohydrate profile are determined.

Keywords: sucrose, low-calorie bulk sweeteners, high-intensity sweeteners, fillers, recipe composition, dough semi-finished products, structural and mechanical properties, quality indicators.

Введение. В последние десятилетия вопросы здорового питания рассматриваются на государственном уровне, что объясняется широким распространением так называемых «алиментарных» заболеваний, связанных с нарушениями пищевого статуса населения. К таким заболеваниям относятся: сахарный диабет, нарушения углеводного обмена веществ, а также различные заболевания, обуславливающие избыточную массу тела человека. В настоящее время наблюдается чрезмерное потребление рафинированных продуктов питания, в том числе мучных кондитерских изделий (далее МКИ), характеризующихся высоким содержанием простых углеводов, что и провоцирует возникновение и развитие указанных заболеваний. Вместе с тем, высокая популярность МКИ у потребителей делает их перспективным объектом для разработки диетических или обогащенных продуктов питания, в том числе с пониженным содержанием легкоусвояемых углеводов, и удовлетворяющих запросу потребителей на диабетическое или здоровое питание [1, 2].

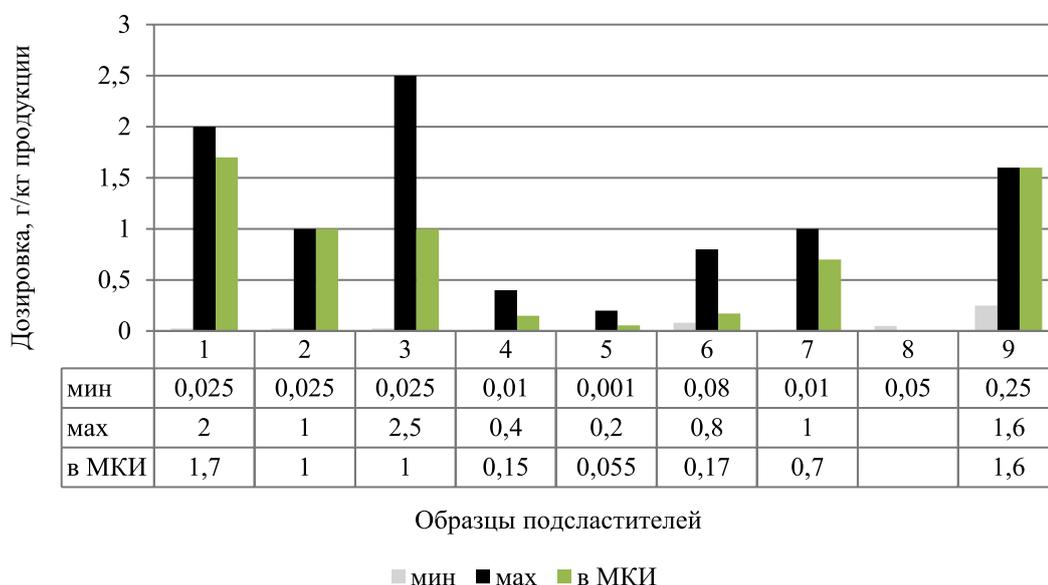
Мучные кондитерские изделия составляют значительную часть в структуре питания населения, причем печенье — наиболее популярный вид этих изделий. Печенье обладает высокими потребительскими характеристиками: разнообразием формы, достаточно высокой калорийностью, хорошей усвояемостью, приятным вкусом и ароматом, доступностью и удобством в употреблении. В печенье достаточно высокое содержание углеводов и жиров при недостаточном количестве белков, витаминов и минеральных веществ. Во многих случаях МКИ не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам с точки зрения диетологии и здорового питания. В связи с этим исследования, направленные на разработку рецептурного состава печенья, позволяющие дифференцировать его нутриентный состав по углеводному профилю, являются актуальными. Одним из направлений таких исследований является снижение доли простых легкоусвояемых углеводов в готовой продукции путем замены сахара в рецептурном составе печенья на ингредиенты, характеризующиеся достаточной сладостью и при этом низким гликемическим индексом, а также пониженной калорийностью [3–5].

Целью исследований являлось изучение научных и технологических аспектов замены сахарозы в рецептуре мучных кондитерских изделий в сегменте сдобного песочно-выемного печенья доступными углеводсодержащими сырьевыми компонентами, в том числе в виде комплексных составов, для получения готовой продукции с дифференцированным содержанием нутриентов по углеводному профилю.

Материалы и методы исследований. В работе использовали стандартные и специальные методы исследований полуфабрикатов и выпеченного сдобного песочно-выемного печенья: органолептические и структурно-механические показатели качества тестовых полуфабрикатов печенья исследовали в соответствии с методиками [6–9]; показатели качества выпеченных образцов печенья анализировали в соответствии с методиками [8–12]. Обработку экспериментальных данных и графическую интерпретацию полученных результатов осуществляли с помощью приложений Microsoft Office для Windows XP.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований был проведен анализ ассортимента доступных ингредиентов для замены сахара, представленных на продовольственном рынке Республики Беларусь. Установлено, что перечень такого сырья достаточно разнообразен, а предлагаемые ингредиенты могут использоваться в качестве замены сахара как при производстве пищевых продуктов, так и непосредственно для замены обычного сахара в процессе жизнедеятельности конкретного потребителя при бытовом потреблении. Среди них можно выделить так называемые натуральные заменители сахара, такие как стевия, эритритол, ксилитол, трегалоза, изомальтулоза, а также искусственные высокоинтенсивные подсластители, например, аспартам, цикламат и сукралоза, ацесульфам калия. Стоимость заменителей сахара колеблется от 9,8 рублей до 197,02 руб за кг, что значительно выше стоимости сахара, поэтому использование заменителей сахара при включении их в рецептурные составы кондитерских изделий приведет к увеличению стоимости готовой продукции. Однако, использование заменителей сахара может быть оправдано необходимостью снижения гликемического индекса и/или энергетической ценности продукции, а также необходимостью изготовления продукции для диабетического питания.

Ингредиенты для замены сахара позволяют снизить калорийность продуктов, однако при их использовании у потребителей могут проявляться побочные эффекты, что требует индивидуального подхода при выборе такого сырья, и является проблематичным при массовом производстве продукции. На сегодняшний день принято считать, что заменители сахара натурального происхождения более безопасны для здоровья, при этом они содержат меньше калорий и в меньшей степени повышают уровень глюкозы в крови в сравнении с сахаром, что дает возможность использовать их для замены сахара при производстве пищевых продуктов, в том числе и в продукции для диабетического питания [13–18]. Вместе с тем имеется достаточно широкий перечень разрешенных к использованию заменителей сахара искусственного происхождения, характеризующихся очень высокой возможностью снижать калорийность продуктов питания, и при этом имеющих низкий гликемический индекс. В связи с этим при выполнении исследований был проведен анализ нормативно-технической документации, устанавливающей гигиенические нормативы применения подсластителей для замены сахара при производстве пищевой продукции [19]. На рисунке 1 представлены рекомендуемые согласно ТР ТС 029/2012 минимальные и максимальные уровни применения подсластителей при изготовлении пищевой продукции, за исключением БАД и жевательной резинки.



1 — аспартам; 2 — аспартам-ацесульфама соль; 3 — ацесульфам калия; 4 — неогесперидин дигидрохалкон; 5 — неотам; 6 — сахарин и его соли; 7 — сукралоза; 8 — тауматин; 9 — цикламовая кислота и ее соли

Рис. 1. Допустимые дозировки применения подсластителей при производстве пищевой продукции
 Fig. 1. Permissible dosages of sweeteners in the production of food products

Данные рисунка 1 показывают, что дозировки подсластителей обусловлены главным образом, показателями безопасности и безвредности для потребителей. Анализ представленных результатов показал, что дозировки подсластителей при производстве мучных кондитерских изделий близки к максимальным дозировкам этих ингредиентов при изготовлении пищевой продукции. При этом следует отметить, что в наибольших количествах используются такие подсластители как соль аспартам-ацесульфама и аспартам, в минимальных неотам, неогесперидин дигидрохалкон, а также сахарин и его соли, что обусловлено, в том числе, и степенью сладости подсластителей. Следует отметить, что ТР ТС 029/2012 не регламентирует дозировки полиолов и мальтитного сиропа в рецептурах пищевой продукции и кондитерских изделий в том числе. Относительно этих веществ указано, что их максимальный уровень содержания устанавливается согласно технической документации на разрабатываемую продукцию. В случае низкокалорийных объемных подсластителей (изомальт и др.) ТР ТС 029/2012 разрешает их использование для замены сахарозы в пищевых продуктах, при этом не регламентирует их дозировки и в рецептурах кондитерской продукции в том числе.

Анализ литературных источников показал, что ингредиенты для замены сахара различаются природой происхождения, химическим составом и строением, что сказывается на их степени сладости, функциональных и технологических свойствах, проявляющихся при изготовлении пищевой продукции [13–18]. Это необходимо учитывать при целевом выборе сырья для замены сахара при производстве различных групп кондитерской продукции. Опираясь на теоретические знания и производственный опыт с учетом специфики изготовления МКИ, выделили следующие необходимые с технологической позиции факторы, определяющие использование заменителей сахара в рецептурах МКИ:

- ♦ сахар выполняет структурообразующую функцию при приготовлении тестовых полуфабрикатов МКИ, поэтому и используемый заменитель сахара также должен участвовать в процессе структурообразования теста;
- ♦ при выпечке МКИ применяются достаточно высокие температуры, поэтому необходимо учесть термическую стабильность заменителей сахара в используемом температурном диапазоне (150–220 °С);
- ♦ при производстве МКИ желательным является протекание реакции Майяра, в результате которой образуется привычный для потребителей золотистый или светло-коричневый цвет готовой продукции, поэтому используемый заменитель сахара также должен участвовать в реакции Майяра.

В связи с этим, при выборе ингредиента для замены сахара в рецептурном составе МКИ необходимо учитывать не только его степень сладости, но и технологические свойства. Кроме того, так как в большинстве случаев подсластители являются пищевыми добавками, то необходимо учитывать допустимые уровни содержания этих веществ в готовой продукции, регламентированные нормативно-технической документацией [18, 19].

Вместе с тем, согласно представленным на рисунке 1 данным, дозировки веществ, заменяющих сахар в рецептурах МКИ, достаточно малы, и это обуславливает необходимость корректировки рецептурного состава продукции путем введения дополнительных ингредиентов, так называемых наполнителей, предназначенных для восполнения сухих веществ исключаемого из рецептуры сахара. Это указывает на необходимость разработки комплексных составов углеводсодержащих сырьевых компонентов в рецептурах МКИ, содержащих заменитель сахара и наполнитель, основные функции которого заключаются в восполнении недостающих сухих веществ сахарозы, а также обеспечении структурно-механических свойств тестовых полуфабрикатов и качества готовой продукции.

При проведении исследований в качестве подсластителей в рецептурах сдобного печенья использовали: низкокалорийные объемные подсластители — трегалозу, изомальт и мальтит, а так же изомальтулозу, формально не относящуюся к подсластителям; высокоинтенсивные подсластители — сукралозу и ацесульфам калия; наполнители — инулин, мальтодекстрин, полидекстроза. В исследованиях определяли показатели качества, характеристики и технологические свойства применяемых углеводсодержащих сырьевых компонентов. Принятые в исследованиях заменители сахара и наполнители анализировали по органолептическим показателям качества, способности участвовать в реакции Майяра, способности стабилизировать эмульсию. Такие характеристики как степень сладости, температура плавления, стабильность при хранении, энергетическая ценность и допустимая норма суточного потребления устанавливались на основании литературных и справочных данных [13–18]. Органолептические показатели качества, характеристика и физико-химические свойства принятых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей представлены в таблицах 1–3.

Анализ представленных данных показал, что используемые в исследованиях сырьевые компоненты имеют множество отличительных особенностей. По органолептическим показателям качества подсластители и наполнители представляют собой порошкообразные или кристаллические продукты различного гранулометрического состава. Цвет образцов характеризуется как белый, за исключением полидекстрозы, которая имеет желтоватый оттенок. Все предлагаемые к использованию ингредиенты, за исключением мальтодекстрина, характеризуются определенной степенью сладости, что необходимо учитывать при разработке рецептурного состава с учетом органолептических показателей качества готовой продукции. Следует отметить, что гликемический отклик всех предлагаемых в исследованиях веществ ниже в сравнении с сахарозой, при этом для интенсивных подсластителей данная характеристика не установлена. Также все предлагаемые ингредиенты, за исключением трегалозы, характеризуются низкой энергетической ценностью в сравнении с сахарозой. При этом следует отметить, что имеются ограничения по суточному потреблению некоторых подсластителей и наполнителей.

Таблица 1. Органолептические показатели качества принятых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей
Table 1. Organoleptic quality indicators of sugar substitutes and fillers adopted in studies

Наименование образца	Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах
Низкокалорийные объемные подсластители				
Трегалоза	порошкообразный продукт	белый	сладкий	свойственный, без постороннего
Изомальтулоза*		белый		
Изомальт	крупные кристаллы	белый		
Мальтит	мелкие кристаллы	белый		
Высокоинтенсивные подсластители				
Ацесульфам калия	мелкие кристаллы	белый	сладкий с горьковатым привкусом	свойственный, без постороннего
Сукралоза	порошкообразный продукт	белый	сладкий	
Наполнители				
Инулин	порошкообразный продукт	белый	сладкий	свойственный, без постороннего
Полидекстроза	порошкообразный продукт	белый с желтым оттенком	сладковатый	
Мальтодекстрин	порошкообразный продукт	белый	нейтральный	

* изомальтулоза используется в качестве сырьевого компонента для замены сахара, однако согласно нормативно-технической документации не относится к низкокалорийным объемным подсластителям.

Таблица 2. Характеристика используемых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей в сравнении с сахарозой
Table 2. Characteristics of sugar substitutes and fillers used in studies in comparison with sucrose

Наименование образца	Относительная сладость	Гликемический отклик*/ степень	Энергетическая ценность, ккал/г	Допустимая норма ежедневного потребления
Сахароза	1,0	68/средняя	4,0	не установлено
Трегалоза	0,5	72/высокая	4,0	не установлено
Изомальтулоза	0,4–0,45	37/очень низкая	2,4–4,0	не установлено, обладает слабительным эффектом в дозировке 20–30 г/сут
Изомальт	0,4–0,6	9/очень низкая	2,4	не установлено
Мальтит	0,9	45/низкая	2,4	не установлено, обладает слабительным эффектом в дозировке 90 г/сут
Ацесульфам калия	130–200	не установлено	–	15 мг/кг массы тела
Сукралоза	400–800	не установлено	–	15 мг/кг массы тела
Инулин	0,3–0,65	4/очень низкая	1,0–1,5	20 г/сут**
Полидекстроза	0,5	5/очень низкая	1,0–2,0	не установлено, обладает слабительным эффектом в дозировке 90 г/сут
Мальтодекстрин	–	10/очень низкая	1,0–1,5	10–20 г/сут**

* относительный гликемический отклик (отклик на глюкозу принят за 100);

** рекомендованная норма потребления, так как нет данных по допустимой норме ежедневного потребления.

Таблица 3. Физико-химические свойства используемых в исследованиях заменителей сахара и наполнителей в сравнении с сахарозой

Table 3. Physicochemical properties of sugar substitutes and fillers used in research in comparison with sucrose

Наименование образца	Вкусовой профиль	Температура плавления, °С	Растворимость в воде	Участие в реакции Майяра
Сахароза	чистый	160–186	67 % масс/масс при 25 °С	участвует
Трегалоза	чистый	выше 150	68,9 г/100 см ³ при 20 °С	не участвует
Изомальтулоза	чистый	145–150	29 % масс/об при 20 °С	участвует
Изомальт	чистый	145–150	24,5 % масс/масс. при 25 °С	не участвует
Мальтит	небольшой охлаждающий эффект	144–152	60 % масс/масс. при 25 °С	не участвует
Ацесульфам калия	чистый, в высокой концентрации горьковатый привкус	выше 220	270 г/дм ³ при 20 °С	не участвует
Сукралоза	чистый	125	28,2 г/100см ³ при 20 °С	–
Инулин	чистый	выше 150	10 % масс/масс. при 20 °С	участвует
Полидекстроза	–	90–110	80 % масс/масс. при 25 °С	участвует
Мальтодекстрин	–	–	–	–

Анализ физико-химических свойств используемых в исследованиях подсластителей и наполнителей в сравнении с сахарозой показал, что в зависимости от химического состава и строения рассматриваемые образцы отличаются растворимостью, температурой плавления, участием в реакции Майяра. Также в случае мальтита и ацесульфама калия имеются отличительные особенности вкусового профиля, что необходимо учитывать при их использовании в рецептурном составе МКИ.

В работе исследовали влияние заменителей сахара на стабильность эмульсии, используемой при приготовлении тестовых полуфабрикатов. При проведении исследований сахар в рецептурах был полностью заменен на используемые подсластители, дозировка которых устанавливалась с учетом их коэффициента сладости. Исследования проводили на примере эмульсии для сдобного песочно-выемного печенья. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

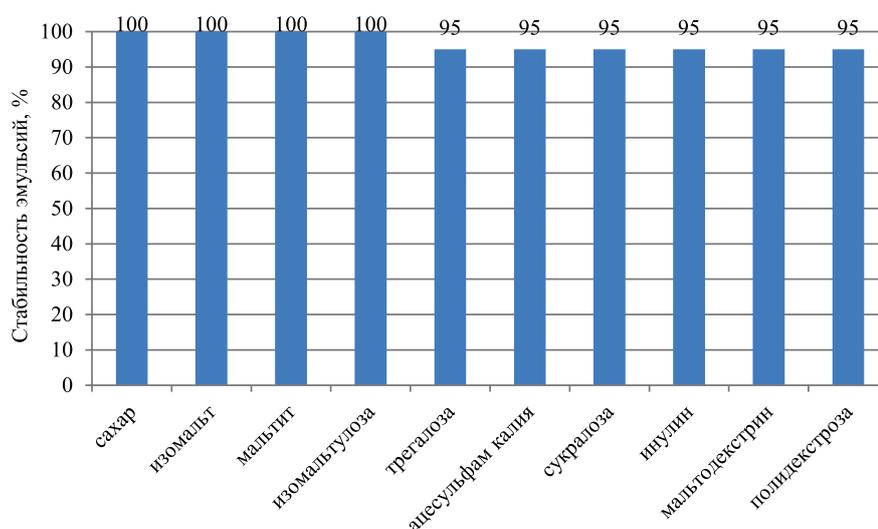


Рис. 2. Стабильность эмульсий для печенья на заменителях сахара

Fig. 2. Stability of emulsions for cookies with sugar substitutes

Анализ полученных данных показал, что замена сахара на предлагаемые подсластители практически не оказывает влияния на стабильность эмульсии для сдобного песочно-выемного печенья, что, вероятно, не потребует корректировки технологических параметров на стадии приготовления тестовых полуфабрикатов для печенья.

Реакция Майяра является следствием взаимодействия реакционной группы сахаров с азотистыми, преимущественно белковыми, соединениями в условиях высокой температуры, в результате чего поверхность выпеченной продукции приобретает приятную окраску, что особенно ценится потребителями. В работе исследовали влияние заменителей сахара на интенсивность окраски выпеченных образцов печенья, которую оценивали в баллах в соответствии с разработанной шкалой. При проведении исследований готовили тесто из всего сырья, согласно принятой в исследованиях рецептуры, в которой сахар заменяли на предлагаемые подсластители, дозировка которых определялась с учетом их степени сладости. Выпечку образцов осуществляли в ротационной печи при температуре $(190 \pm 10)^\circ\text{C}$ с использованием режима конвекции. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

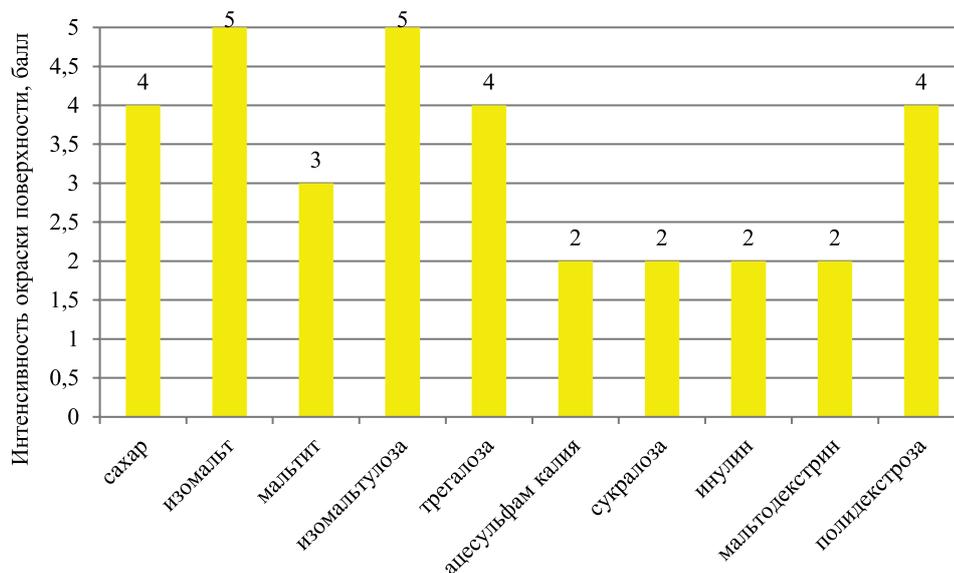


Рис. 3. Интенсивность окраски выпеченных образцов печенья на заменителях сахара
 Fig. 3. Colour intensity of baked biscuits samples with sugar substitutes

Установлено, что низкокалорийные объемные подсластители, особенно изомальт, а также изомальтулоза, обуславливают насыщенную окраску поверхности печенья вследствие интенсивно протекающей реакции Майяра. Использование мальтита в меньшей степени влияет на окраску поверхности выпеченного печенья. Высокоинтенсивные подсластители и наполнители, за исключением полидекстрозы, практически не участвуют в реакции Майяра, в результате чего поверхность выпеченных образцов печенья характеризуется недостаточно насыщенной окраской. Полученные результаты указывают на необходимость ограничения использования некоторых заменителей сахарозы в рецептурах МКИ, а также на возможную корректировку температурных режимов при выпечке печенья с их использованием.

В исследованиях был проведен анализ рецептов сдобного печенья, представленных в сборнике технологических карт кондитерских и булочных изделий [19]. Установлены диапазоны варьирования расхода муки пшеничной, жирового продукта, сахара, меланжа на 1000 кг готовой продукции. При выборе рецептуры сдобного песочно-выемного печенья учитывали, что суммарное содержание массовой доли сахара и жира в пересчете на сухое вещество в готовом сдобном печенье, согласно требований СТБ 2434, должно составлять не менее 40 % [20]. Для проведения исследований выбрана рецептура сдобного песочно-выемного печенья «Штучное», которая соответствовала вышеуказанным критериям и использовалась для изготовления печенья с заменой сахара на принятые в исследованиях углеводсодержащие ингредиенты.

На следующем этапе исследований изучали возможность замены сахара в рецептуре печенья на предлагаемые подсластители, дозировки которых определялись на основании степени их сладости и рассчитывались с учетом необходимости полной замены сухих веществ сахара в рецептуре сдобного песочно-выемного печенья, содержание которого в контрольной рецептуре составляло 61,35 г на 100 г муки. Так, низкокалорийные объемные подсластители

использовались в следующих дозировках: трегалоза (далее Т) 123,08 г на 100 г муки, изомальтулоза (далее ИЗ) 136,33 г на 100 г, изомальт (далее И) 122,07 г на 100 г муки, мальтит (далее М) 68,17 г на 100 г муки. При использовании высокоинтенсивных подсластителей применяли следующие дозировки: сукралоза (далее С) в количестве 0,05 г на 100 г муки и ацесульфам калия (далее А) в количестве 0,31 г на 100 г муки, при этом кроме того необходимое количество сухих веществ исключаемого сахара восполняли наполнителями. С этой целью высокоинтенсивные подсластители комбинировали с инулином (далее И), мальтодекстрином (далее М) и полидекстрозой (далее П), дозировки которых составляли 20,0 г, 20,0 г и 50,0 г соответственно, оставшиеся сухие вещества заменяемого сахара восполняли сухими веществами муки пшеничной. Следует пояснить, что при использовании инулина и мальтодекстрина дозировки в рецептуре печенья ограничены допустимой суточной нормой потребления. Тесто готовили в соответствии с технологией приготовления сдобного песочно-выемного печенья, расчетное значение влажности теста составляло (18 ± 2) %. Фотографии образцов теста для сдобного песочно-выемного печенья на примере использования низкокалорийных объемных подсластителей и изомальтулозы представлены на рисунке 4.

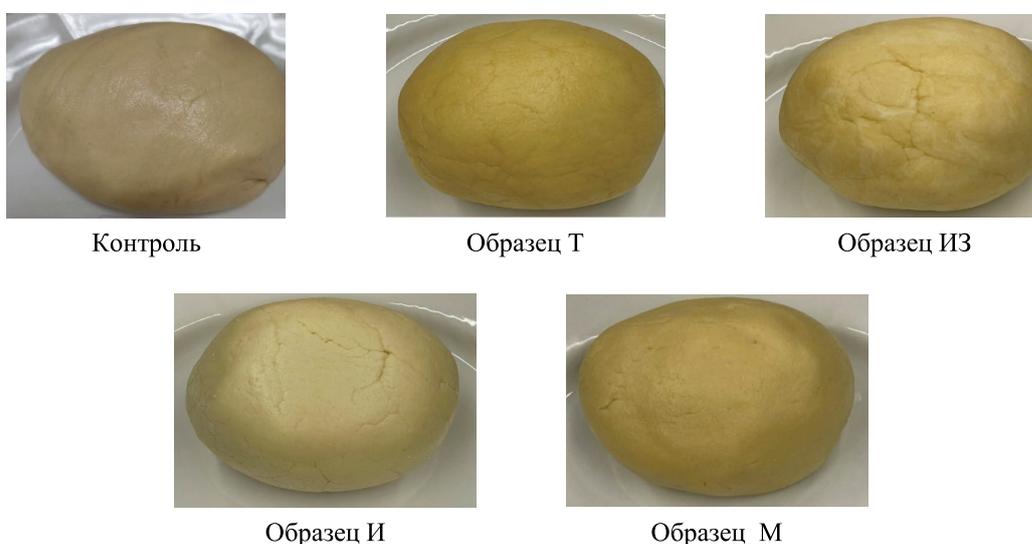


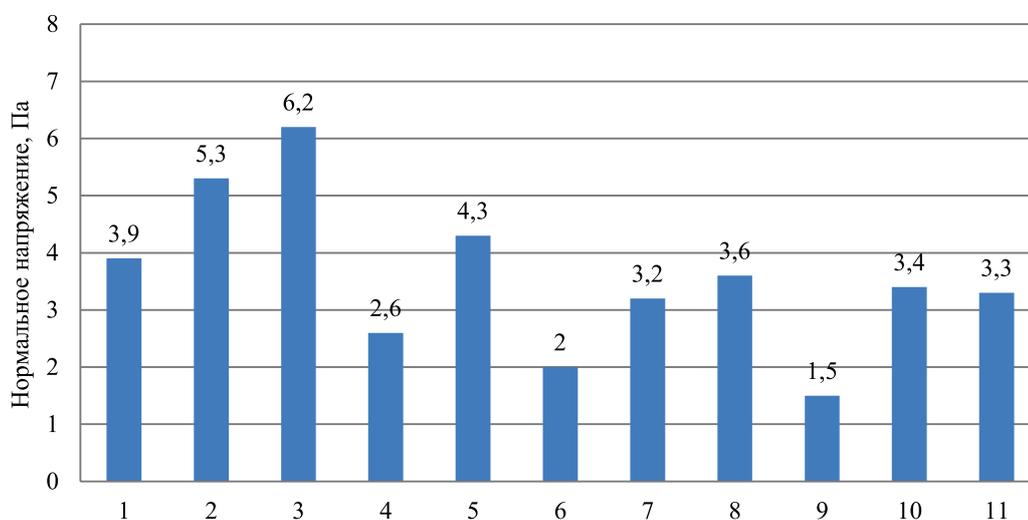
Рис. 4. Образцы теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей
 Fig. 4. Pastry samples for soft shortbread cookies using low calorie bulk sweeteners

При приготовлении теста оценивали его показатели качества и способность к формованию. Исследованиями установлено, что температура всех анализируемых образцов теста составляла (18 ± 2) С, влажность образцов теста близка к расчетному значению. Органолептические показатели и способность к формованию теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей несколько отличались от контрольного образца: образцы на трегалозе и мальтите имели пластичную консистенцию подобно контрольному образцу и хорошую способность к формованию; образец на изомальтулозе характеризовался плотной консистенцией и, как следствие, недостаточно хорошей способностью к формованию; образец теста на изомальте имел рыхлую консистенцию, вследствие чего формование осуществлялось плохо.

Анализ органолептических показателей качества теста с использованием высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями показал, что образцы теста с использованием сукралозы и таких наполнителей как инулин и полидекстроза имели менее пластичную консистенцию в сравнении с контрольным образцом, но при этом удовлетворительную способность к формованию; образец с добавлением мальтодекстрина также характеризовался невысокой пластичностью, при этом процесс формования тестовых заготовок осуществлялся без затруднений. Аналогичные результаты получены для образцов теста с использованием ацесульфама калия в комбинации со всеми предлагаемыми наполнителями.

На рисунках 5, 6 представлены результаты исследования структурно-механических свойств теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями в сравнении с контрольным образцом, изготовленным с использованием сахара. В качестве

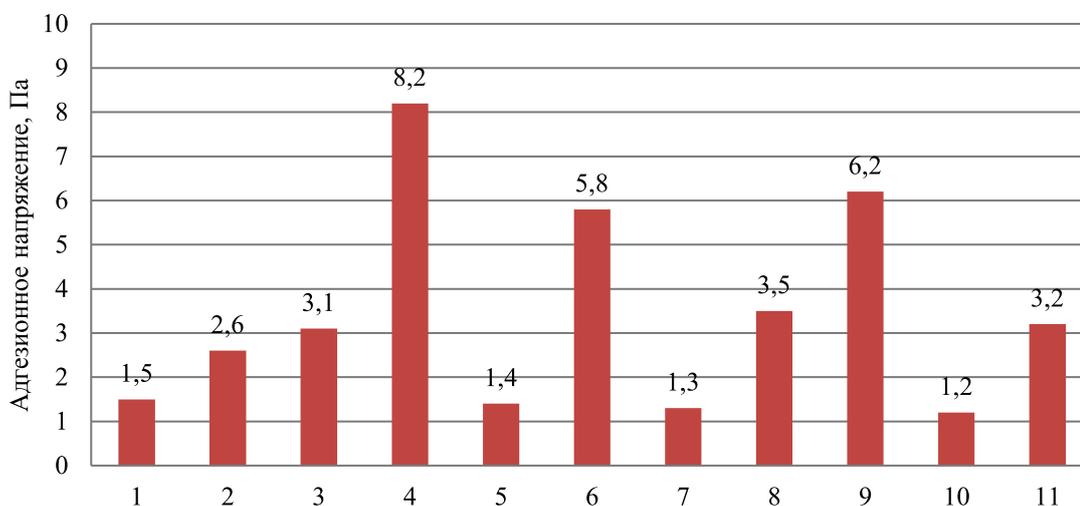
структурно-механических свойств теста исследовали нормальное напряжение при сжатии и адгезионное напряжение, что обусловлено процессами, протекающими при формовании тестовых заготовок.



1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4— образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 5. Нормальное напряжение теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 5. Normal dough stress for soft shortbread cookies using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with fillers



1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4— образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 6. Адгезионное напряжение теста для сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 6. Pastry adhesion stress for soft shortbread cookies using low-calorie bulk sweeteners and high-intensity sweeteners in combination with fillers

Ранее было показано, что консистенция и способность к формованию теста для сдобного песочно-выемного печенья с добавлением подсластителей несколько отличается от контрольного образца, изготовленного с использованием сахара. Анализ структурно-механических

свойств теста показал, что наблюдается разница в значениях нормального напряжения при сжатии образцов теста. Так, наибольшая величина этого показателя отмечена для образцов теста на трегалозе и изомальтулозе, а наименьшая — на изомальте, а также на сукралозе в комбинации с инулином и на ацесульфаме калия в комбинации с инулином. Также имеются различия в значениях адгезионного напряжения теста для сдобного песочно-выемного печенья: наибольшие значения этого показателя характерны для теста на изомальте, а также на сукралозе в комбинации с инулином и на ацесульфаме калия в комбинации с инулином; при использовании сукралозы в комбинации с полидекстрозой и ацесульфаме калия в комбинации с полидекстрозой величина адгезионного напряжения также несколько выше в сравнении с контрольным образцом. Таким образом, анализ влияния низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями на структурно-механические свойства тестовых полуфабрикатов, подтвердил результаты органолептического анализа образцов теста для сдобного песочно-выемного печенья, изготовленного с использованием предлагаемых заменителей сахара. Полученные результаты указывают на возможную корректировку технологических режимов при приготовлении тестовых полуфабрикатов для сдобного песочно-выемного печенья.

На рисунке 7 представлены образцы сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями в сравнении с контрольным образцом, изготовленным с использованием сахара.

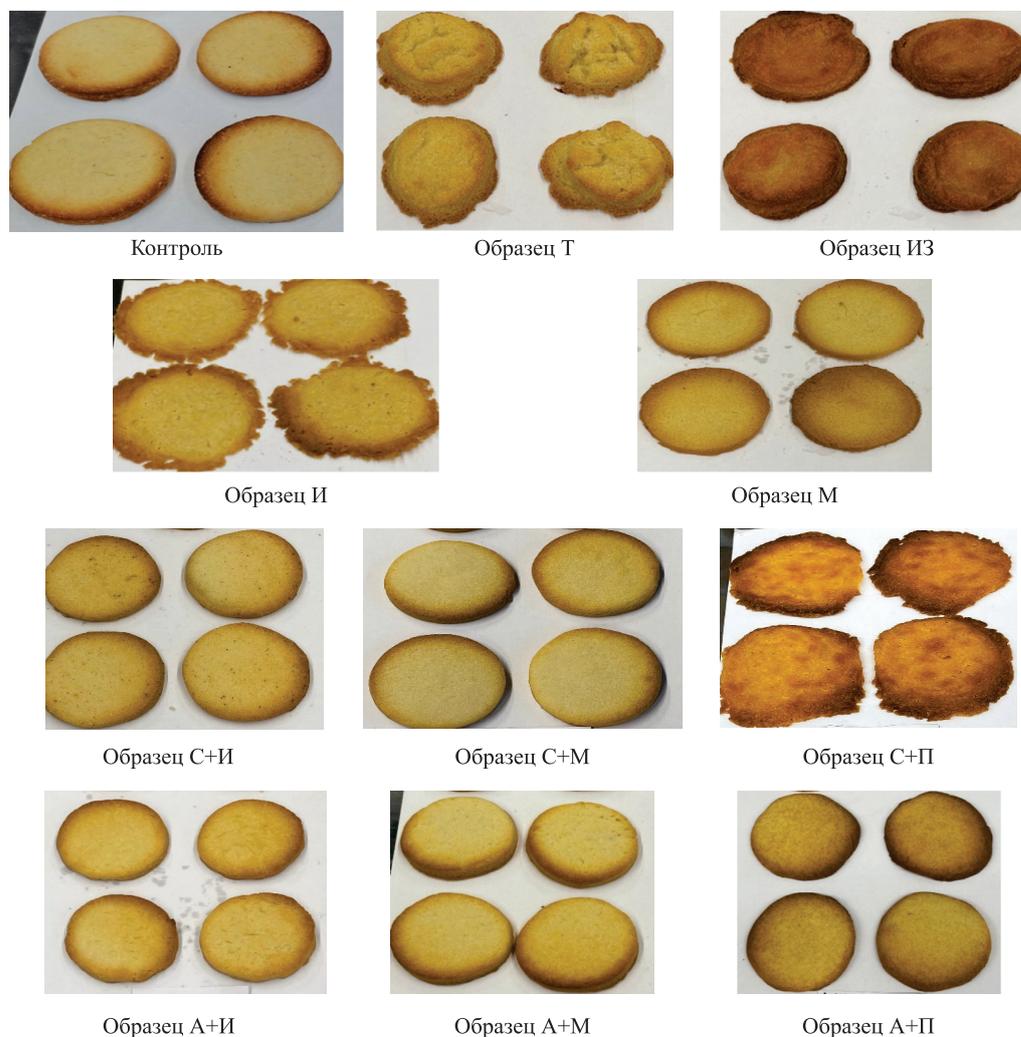


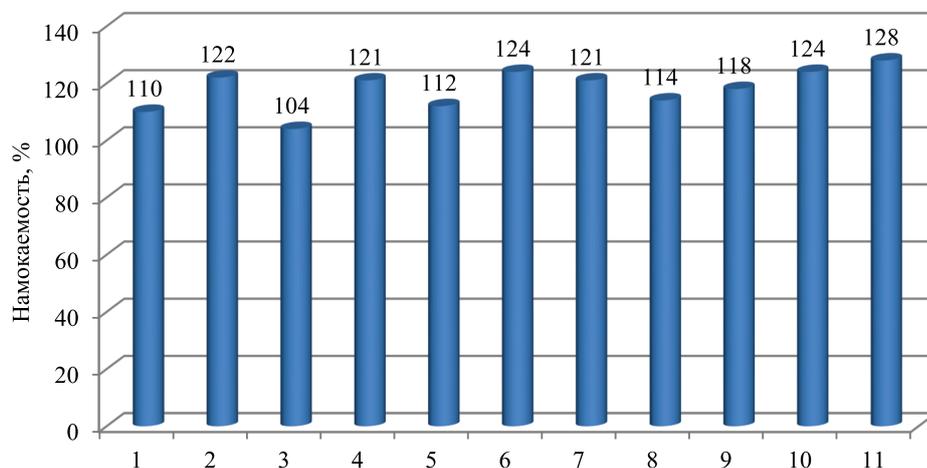
Рис. 7. Образцы сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 7. Soft shortbread samples using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with excipients

Анализ органолептических показателей качества печенья, изготовленного с использованием низкокалорийных объемных подсластителей показал, что образцы с добавлением трегалозы, изомальтулозы и изомальта не сохранили свою форму в процессе выпечки, имели подгорелую, бугристую с трещинами поверхность, так же присутствовали следы выделившегося жира. Образец на изомальте помимо этого расплылся, на краях отмечены признаки кипения, структура твердая стеклообразная, окраска поверхности интенсивная темная. Установлено, что указанные образцы имели сладкий вкус, однако у образца на изомальте было отмечено нехарактерное послевкусие. Наилучшими органолептическим показателям характеризовался образец с добавлением мальтита: печенье имело правильную без деформаций форму с ровными краями, поверхность без вздутий и трещин, свойственной окраски, сладкий вкус и рассыпчатую структуру.

Анализ органолептических показателей качества печенья с использованием сукралозы в комбинации с наполнителями показал, что все образцы печенья, за исключением образца С+П, сохранили свою форму в процессе выпечки, имели гладкую, без трещин и вздутий поверхность, рассыпчатую структуру, а также равномерную светло-желтую окраску. Образец С+П характеризовался неправильной формой, которая не сохранилась в процессе выпечки, неровной, шероховатой поверхностью и интенсивной темной окраской. Данный образец кроме этого отличался горьким привкусом, а также твердой, прочной структурой. Образцы печенья с добавлением ацесульфам калия и всех используемых наполнителей, сохранили свою форму в процессе выпечки, имели равномерную, светло-желтую окраску, ровную поверхность без трещин и вздутий, сладкий вкус и рассыпчатую структуру, за исключением образца А+П. Этот образец отличался интенсивной темно-коричневой окраской поверхности и твердой структурой, сладким вкусом с горьким привкусом. Следует отметить наличие достаточно сладкого вкуса в образцах печенья, изготовленных с использованием высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с используемыми наполнителями, а для образцов с ацесульфамом калия достаточно интенсивного длительного послевкусия. При этом следует отметить наличие горьковатого привкуса в образцах, содержащих полидекстрозу.

На рисунках 8, 9 представлены результаты определения физико-химических показателей качества сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями в сравнении с контрольным образцом, изготовленном с использованием сахара.

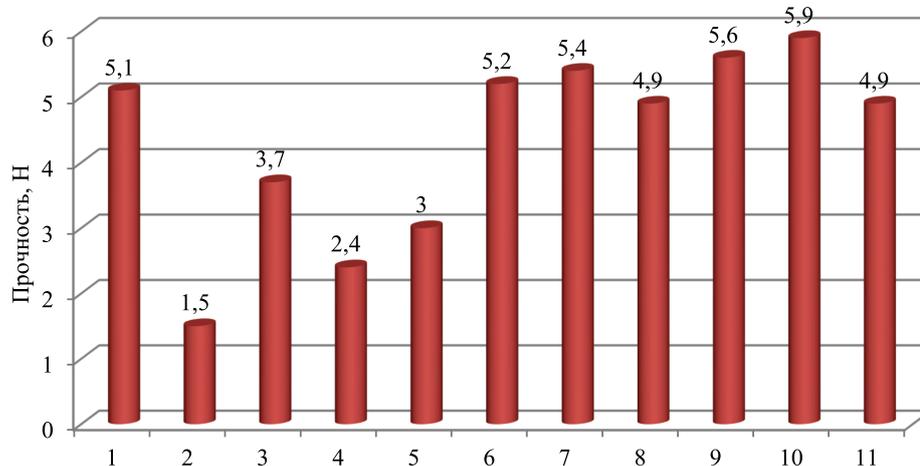


1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4 — образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 8. Намокаемость сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями
Fig. 8. Wetability of soft shortbread biscuits using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with excipients

Анализ полученных результатов показал, что намокаемость образцов сдобного песочно-выемного печенья, изготовленных с заменой сахара, незначительно превышает намокаемость контрольного образца. Исключение составляет образец на изомальтулозе, намокаемость которого ниже в сравнении с контролем, что объясняется структурой нехарактерной для сдобного песоч-

но-выемного печенья. Следует отметить, что использование наполнителей в рецептурном составе печенья с добавлением высокоинтенсивных подсластителей не оказало существенного влияния на показатель намокаемости печенья. В целом намокаемость полученных образцов сдобного песочно-выемного печенья, изготовленного с использованием низкокалорийных объемных подсластителей, за исключением образца с изомальтом, и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями соответствуют требованиям нормативной документации [21].



1 — контроль; 2 — образец Т; 3 — образец ИЗ; 4 — образец И; 5 — образец М; 6 — образец А+И; 7 — образец А+М; 8 — образец А+П; 9 — образец С+И; 10 — образец С+М; 11 — образец С+П

Рис. 9. Прочность сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями

Fig. 9. Strength of soft shortbread cookies using low calorie bulk sweeteners and high intensity sweeteners in combination with fillers

Прочность образцов сдобного песочно-выемного печенья с использованием низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями варьируется в пределах от 1,5 до 5,9 Н. Наибольшая прочность отмечена для контрольного образца и образцов с использованием высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с наполнителями. Следует отметить, что использование низкокалорийных объемных подсластителей обуславливает снижение прочности готовых изделий в сравнении с контрольным образцом, что обусловлено получением нехарактерной для сдобного песочно-выемного печенья структурой, и отрицательно скажется на потребительских характеристиках готовой продукции, в частности поведении печенья при упаковке и транспортировке.

Исследованиями также установлено, что значения влажности готовых изделий с использованием заменителей сахара варьируются в пределах от 5,4 до 7,5 %, что незначительно отличается от контрольного образца и не превышает нормируемые значения [2, 21].

Таким образом, в результате исследований проведен анализ рынка доступных к использованию углеводсодержащих сырьевых компонентов для замены сахара при производстве кондитерских изделий, что позволило осуществить выбор образцов низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в рецептурах мучных кондитерских изделий в сегменте сдобного песочно-выемного печенья. Изучена нормативная документация, регламентирующая правила использования подсластителей при производстве пищевой продукции, определены дозировки подсластителей при производстве мучных кондитерских изделий. При подборе углеводсодержащих сырьевых компонентов для замены сахара определены необходимые с технологической позиции факторы, обеспечивающие процесс изготовления мучных кондитерских изделий.

Анализ информации об используемых в исследованиях подсластителях и наполнителях в сравнении с сахарозой, показал, что предлагаемые ингредиенты имеют множество отличительных особенностей по следующим характеристикам: сладости, вкусовому профилю, растворимости, температурным режимам, способности участвовать в реакции Майяра, стабильности при хранении и технологической переработке, что необходимо учитывать при выборе и использовании подсластителей для замены сахара в рецептурах мучных кондитерских изделий. Исследование показателей качества и технологических свойств углеводсодер-

жащих сырьевых компонентов, применяемых в исследованиях, показало возможность их использования для замены сахара в мучных кондитерских изделиях.

Произведен расчет рецептурных составов сдобного песочно-выемного печенья с заменой сахара на низкокалорийные объемные подсластители и высокоинтенсивные подсластители в комбинации с наполнителями. Анализ органолептических, физико-химических и структурно-механических характеристик тестовых полуфабрикатов для печенья, изготовленных с заменой сахара, показал возможность использования низкокалорийных объемных подсластителей и высокоинтенсивных подсластителей в комбинации с различными наполнителями в рецептуре сдобного песочно-выемного печенья.

Анализ органолептических показателей качества готового сдобного песочно-выемного печенья, изготовленного с заменой сахара, показал, что из группы низкокалорийных объемных подсластителей наиболее целесообразно применение мальтита, а из группы высокоинтенсивных подсластителей возможно использование сукралозы и ацесульфама калия в комбинации с такими наполнителями как инулин и мальтодекстрин. Изучение физико-химических и структурно-механических характеристик печенья, изготовленного с заменой сахара, показало, что имеются отличия в прочности и намокаемости образцов, что предположительно может оказать влияние на потребительские характеристики готовой продукции. На основании полученных результатов исследований заключили, что с целью дифференциации углеводного профиля мучных кондитерских изделий в сегменте сдобного песочно-выемного печенья наиболее целесообразно использование мальтита, а также высокоинтенсивных подсластителей сукралозы и ацесульфама калия в комбинации с такими наполнителями как инулин или мальтодекстрин.

Благодарности. Исследования проводились в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025.

Список использованных источников

1. Савенкова, Т. В. Экспертиза кондитерских изделий, рекомендуемых для детей дошкольного и школьного возраста/ Т. В. Савенкова. // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2012. — № 11 (135). — С.6-9.
2. Мелконян, Ж. А. Рациональное питание в лечении сахарного диабета / Ж. А. Мелконян, Ю. В. Потапова. // Приоритетные научные направления: от теории к практике. —2013. — №4. — С. 15-18.
3. Ерохина, Ю. В. Анализ углеводов в пищевых продуктах / Ю. В. Ерохина, И. С. Полянская. // Инновационное развитие науки и образования: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, г. Душанбе, 17 апреля 2018 г. / Научно-издательский центр «Мир науки»; под общей редакцией А. И. Вострецова.– Душанбе, 2018. — С. 25-29.
4. Жаббарова, С. К. Влияние сахарозаменителей и подсластителей на безвредность кондитерских изделий / С. К. Жаббарова. // Universum: технические науки. — 2019. — №2 (59). — С. 27-31.
5. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум: учебник / А. С. Максимов, В. Я. Черных. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 176 с.
6. Руководство пользователя прибора BROOKFIELD: [сайт].– Волгоград, 2017 –URL: <https://brookfield.pro-solution.ru> (дата обращения: 01.04.2025).
7. Магомедов, Г. О. Технология мучных кондитерских изделий: учебное пособие для студентов вузов / Г. О. Магомедов, А. Я. Олейникова, Т. А. Шевякова. — М.: ДеЛипринт, 2009. — 295 с.
8. Олейникова, А. Я. Практикум по технологии кондитерских изделий: учебное пособие для вузов / А. Я. Олейникова, Г. О. Магомедов, Т. Н. Мирошникова. — СПб. : ГИОРД, 2005. — 480 с.
9. ГОСТ 5897-90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29 декабря 1990 г. № 3695: взамен ГОСТ 5897-70: дата введения 1992-01-01. / разработан техническим комитетом по стандартизации ТК 149 «Кондитерские изделия». // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).
10. ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие протоколом Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 5 декабря 2014 г. № 46: взамен ГОСТ 5900-73: дата введения 2016-07-01. / разработан Государственным научным учреждением Научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ НИИКП Россельхозакадемии). // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).
11. ГОСТ 10114-80. Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 7 мая 1980 г. № 20: взамен ГОСТ 10114-62: дата введения

- 1981-07-01. / разработан техническим комитетом по стандартизации ТК 149 «Кондитерские изделия». // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).
12. Натуральные и искусственные подсластители. Свойства и экспертиза качества / К.К. Полянский [и др.]. — М.: ДеЛипринт, 2009. — 252 с.
 13. Гартел, Р. У. Сахарные кондитерские изделия / Р. У. Гартел, Й. Г. фон Эльбе, Р. Хофбергер / пер. с англ. под науч. ред. канд. техн. наук Л. И. Рысевой. — СПб.: Профессия, 2019. — 784 с.
 14. Митчелл, Х. Подсластители и сахарозаменители / Х. Митчелл / пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2010. — 512 с.
 15. Журавлева, Е. И. Технология кондитерского производства / Е. И. Журавлева, С. И. Кормаков, Л. И. Токарев, К. Г. Рахманова; под общей редакцией Е. И. Журавлевой. — М.: Пищепромиздат, 2003. — 443 с.
 16. Нечаев, А. П. Пищевые добавки: учебник для вузов / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. — М.: Колос, 2001. — 256 с.— Текст: непосредственный.
 17. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки: энциклопедия / Л. А. Сарафанова— СПб: ГИОРД, 2003. — 688 с.
 18. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств: ТР ТС 029/2012 : технический регламент Таможенного союза: издание официальное: принят Решением Комиссии Таможенного союза от 20 июля 2012 г. №58: вступает в силу с 1 марта 2014 года (переиздан Решением Евразийской экономической комиссии от 29 августа 2023 г. №84. // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 10.03.2025).
 19. Сборник технологических карт кондитерских и булочных изделий: для торговых объектов общественного питания / Министерство торговли Республики Беларусь, Научно-информационный центр Белорусской ассоциации кулинаров; составители: В.Ф. Ерофеев [и др.] — Минск: ООО «НИЦ-БАК», 2007–735 с.
 20. СТБ 2434-2015. Печенье. Общие технические условия: государственный стандарт Республики Беларусь: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 9 ноября 2015 г. № 52 непосредственно в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 мая 2016 г.: введен впервые: дата введения 2016-05-01. / разработан Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»). // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 18.03.2025).
 21. СТБ 2265-2014. Изделия мучные кондитерские диетические и обогащенные. Общие технические условия: государственный стандарт Республики Беларусь: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 28 января 2014 г. № 5 непосредственно в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 сентября 2014 г.: введен впервые: дата введения 2014-09-01. / разработан Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»). // ИПС СТАНДАРТ (дата обращения: 15.03.2025).

Информация об авторах

Василевская Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by.

Машкова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий». (пр.Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: tehno_f@mail.ru.

Прохорцова Татьяна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хлебопродуктов» учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212029, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: prohorcova@tut.by.

Information about authors

Vasileuskaya Marina Nikolaevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3, Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).

E-mail: MarinaVasilevskaya15@yandex.by.

Mashkova Iryna Anatolievna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3, Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).

E-mail: tehno_f@mail.ru.

Prakhartsova Tatsina Valeryevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Bread Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. (3, Schmidt Ave., Mogilev, 212029, Republic of Belarus).

E-mail: prohorcova@tut.by.

УДК 664.8

Поступила в редакцию 05.08.2025
Received 05.08.2025

¹В. Н. Тимофеева, ¹А. В. Акулич, ²М. Л. Зенькова,
¹С. В. Волкова, ¹Т. М. Козина, ²Л. А. Мельникова

¹УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,
г. Могилев, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный экономический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЯБЛОК СВЕЖИХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЮРЕ

Аннотация. Приведены результаты исследований химического состава яблок, районированных в Республике Беларусь. Оптимизацию процесса обработки яблок проводили с применением программы Statgraphics18. Установлено, что теоретический выход пюре составил 91,1 % при температуре обработки 101,3 °С и продолжительности 12 мин. В результате обработки яблок разных помолологических сортов фактический выход пюре составил от 89,8 % до 90,2 % с содержанием растворимых сухих веществ 9,6–11,8 %.

Ключевые слова: яблоки, сорта яблок, химический состав, термическая обработка, пюре из яблок, технологические режимы.

¹V. N. Timofeeva, ¹A. V. Akulich, ²M. L. Zenkova, ¹S. V. Volkova, ¹T. M. Kozina,
²L. A. Melnikova

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

²Belarus State Economic University, Minsk, Republic of Belarus

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PROCESSING APPLES OF FRESH TO OBTAIN PUREE

Abstract. The results of studies of the chemical composition of apples, zoned in the Republic of Belarus are given. The optimization of the processing process of apples was carried out using the Statgraphics18 program. It was established that the theoretical output of mashed amounted to 91,1 % at a treatment temperature of 101,3 °C and a duration of 12 minutes. As a result of the processing of apples of different pomological varieties, the actual output of puree amounted to from 89,8 % to 90,2 % with the content of soluble dry substances 9,6–11,8 %.

Keywords: apples, apples of apples, chemical composition, heat treatment, apple puree, technological modes.

Введение. Самым распространенным видом семечковых фруктов в Республике Беларусь являются яблоки. Они имеют высокую пищевую ценность, обладают хорошими вкусовыми свойствами и являются ценным сырьем для переработки. Белорусские ученые работают над изучением химического состава яблок, изменением их качества при длительном хранении [1–3] и созданием новых технологий продуктов из районированных сортов яблок [4–5]. Установлено, что разные агротехнологии и способы хранения оказывают существенные влияния на качественные характеристики яблок даже одного помолологического сорта. Пюре из яблок используется в пищевой промышленности для получения широкого ассортимента продуктов — соковой продукции; кондитерских и хлебобулочных изделий; продукции, уваренной с сахаром; специализированных пищевых продуктов.

Известно, что яблоки являются источником пищевых волокон, содержат органические кислоты, сахара, витамины, минеральные и другие вещества. Важным аспектом при переработке помолологических сортов яблок в пюре является его выход, позволяющий обосновать технологические решения в производстве разных продуктов.

При хранении и переработке яблок применяют технологические приемы, обеспечивающие комплексное использование сырья и максимальное сохранение в нем полезных веществ. Известны многочисленные работы, посвященные исследованию химического состава свежих яблок, однако недостаточно изучены технологические свойства сырья и влияние технологических приемов на качество пюре из яблок. По результатам ранее проводимых исследований установлено, что по химическому составу и технологическим свойствам новые сорта яблок отличаются от аналогичных данных, представленных в справочных и нормативных источниках. Имеются также противоречивые сведения о технологии переработки яблок [6], что определяет актуальность данной работы. Полученные результаты помогут скорректировать технологии на предприятиях консервной промышленности при производстве продукции на основе пюре из яблок.

Целью работы является исследование сортовых особенностей химического состава яблок свежих поздних сроков созревания и оптимизация выхода пюре из них.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований являлись районированные сорта яблок свежих поздних сроков созревания — Белорусское сладкое, Зимнее лимонное, Чемпион, Лигол, Лобо, Антоновка обыкновенная. Исследования проводились в октябре-декабре 2023-2024 гг.

Отбор и подготовку проб осуществляли стандартными методами. Исследования проводились в соответствии со следующими методами: массовая доля растворимых сухих веществ рефрактометрическим методом; титруемая кислотность методом титрования в присутствии цветного индикатора; содержание витамина С титриметрическим методом с визуальным титрованием. Определение пектиновых веществ проводили кальций-пектатным методом, который основан на осаждении пектиновых кислот в виде кальциевых солей. Полученный осадок пектата кальция отфильтровывали через заранее высушенный до постоянной массы и взвешенный с бюксом бумажный фильтр. Осадок на фильтре промывали 0,5%-ным раствором CaCl_2 , затем 5-6 раз холодной дистиллированной водой. Фильтр с осадком перенесли в бюкс и сушили до постоянной массы при температуре 100–105 °С. Массу осадка, полученную по разности между массой бюкса с осадком на фильтре и массой бюкса с фильтром, умножали на 0,9235 для пересчета на пектовую кислоту. Содержание сырой клетчатки определяли на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12.

Обработку результатов проводили с применением программы Statgraphics18.

Результаты исследований и их обсуждение. Предварительная обработка сырья имеет большое значение для максимального выхода пюре из яблок. Применение способов обработки позволяет также сохранить натуральный цвет, полезные вещества и обеспечить необходимую консистенцию пюре [7-10]. В консервной промышленности к фруктам и овощам предъявляются определенные требования, обусловленные технологическим процессом переработки и ассортиментом вырабатываемой продукции. При получении пюре из свежих яблок контроль сырья проводится на соответствие нормативному документу по внешнему виду, запаху и вкусу, степени зрелости, массовой доли растворимых сухих веществ, размеру плодов, допустимым дефектам и отсутствию болезней [11]. Важную роль имеют и технологические свойства свежих яблок, к которым относят сахаро-кислотный индекс, содержание пектиновых веществ и клетчатки [12]. Применяя математическое моделирование проводятся работы по оптимизации получения пюре с минимальными потерями макро- и микронутриентов [13]. Данный прием часто используется в пищевой промышленности для получения адекватной модели переработки фруктов и овощей при оптимальном количестве опытов [14-17]. Для получения пюре были отобраны яблоки свежие поздних сроков созревания и исследован их химический состав (таблица 1).

Таблица 1. Химический состав яблок свежих поздних сроков созревания
Table 1. The chemical composition of fresh late ripening apples

Наименование pomологических сортов яблок	Наименование показателей				
	массовая доля растворимых сухих веществ, %	титруемая кислотность (на яблочную), %	содержание пектиновых веществ, %	содержание клетчатки, %	содержание витамина С, мг на 100 г
Белорусское сладкое	14,8	0,30	0,34	1,4	3,2
Зимнее лимонное	13,6	0,51	0,55	0,9	3,1
Чемпион	12,6	0,39	0,69	1,1	2,3
Лигол	11,8	0,32	0,66	1,3	2,3
Лобо	15,0	0,34	0,66	1,0	2,4
Антоновка обыкновенная	12,4	0,44	0,75	0,8	2,4
Справочные данные [18]	9,0	0,80	1,0	0,6	10,0

По результатам исследования химического состава яблок свежих поздних сроков созревания установлено, что содержание растворимых сухих веществ и клетчатки в плодах выше по сравнению со справочными данными, а содержание титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, пектиновых веществ и витамина С, наоборот, ниже. Наиболее высоким содержанием растворимых сухих веществ характеризуются помологические сорта яблок «Белорусское сладкое» и «Лобо». Полученные результаты согласуются с результатами других исследователей [9]. Однако имеются расхождения в исследованиях по содержанию общего пектина и витамина С [19], которые очевидно связаны с погодно-климатическими условиями и особенностями помологического сорта.

При получении пюре из яблок на предприятиях по переработке фруктов и овощей применяются две технологии [20]:

1 — подготовленные плоды в целом виде разваривают и затем направляют на протирание на двоярной протирочной машине;

2 — подготовленные плоды дробят с получением мезги, которую затем разваривают и протирают на двоярной протирочной машине.

В данном исследовании получали пюре из яблок по второй технологии. Применяя математическое планирование (ПФЭ 2²) определяли оптимальную температуру и продолжительность обработки яблок свежих при получении пюре. Исследовали взаимодействие следующих основных факторов, влияющих на выход пюре: x_1 — температура обработки (°С), x_2 — продолжительность обработки (мин), которые совместимы и не коррелируют между собой (таблица 2).

Таблица 2. Характеристика планирования ПФЭ 22 по оптимизации выхода пюре из яблок свежих

Table 2. Characterization of FFE 22 planning to optimize puree output from fresh apples

Характеристики планирования	Пределы изменения факторов	
	x_1 , °С	x_2 , мин
Основной уровень (0)	97,5	10
Интервал варьирования	7,5	5
Верхний уровень (+1)	105	15
Нижний уровень (-1)	90	5

Выбранный диапазон по температуре обработки мезги из яблок ($90\text{ °С} \leq x_1 \leq 105\text{ °С}$) и по продолжительности обработки ($5\text{ мин} \leq x_2 \leq 15\text{ мин}$) способствовал получению пюре хорошего качества. В качестве критериев оценки влияния условий обработки использовали выход пюре (y , %). Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 3.

Таблица 3. Матрица планирования ПФЭ 2² и значение выходного параметра оптимизации получения пюре из яблок свежих

Table 3. FFE 2² planning matrix and the value of the output parameter for optimizing the receipt of puree from fresh apples

Характеристики планирования	x_1	x_2	y
Номер опыта			
1	90,0	5,0	80,4
2	97,5	5,0	88,8
3	105,0	5,0	88,6
4	90,0	10,0	84,7
5	97,5	10,0	89,5
6	105,0	10,0	90,4
7	90,0	15,0	85,2
8	97,5	15,0	89,8
9	195,0	15,0	90,2

На рисунке 1 представлена карта Парето, которая графически отражает влияние каждого фактора и их взаимодействие на выход пюре.

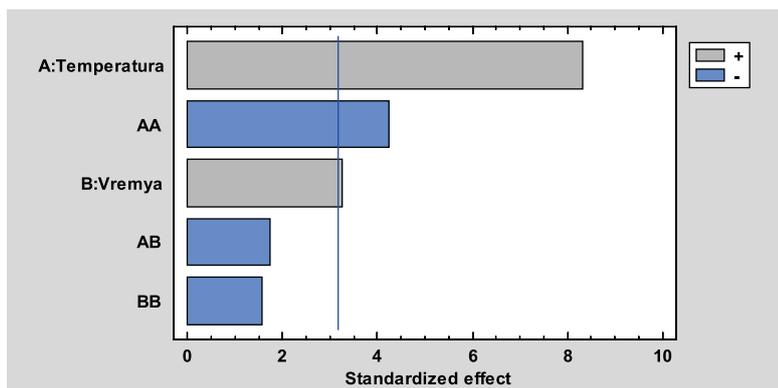


Рис. 1. Карта Парето влияния обработки на выход пюре из яблок
 Fig. 1. Pareto influence map in the production of puree from apples

При статистической обработке результатов эксперимента было получено уравнение регрессии (1), которое адекватно описывает исследуемый процесс под действием выбранных факторов.

$$y = -448,68 + 10,28x_1 + 3,15x_2 - 0,05x_1^2 - 0,02x_1x_2 - 0,04x_2^2, \tag{1}$$

где x_1 — температура обработки, °C; x_2 — продолжительность обработки, мин.

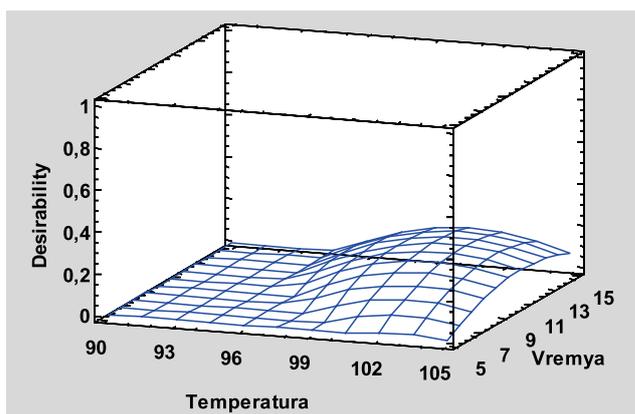


Рис. 2. Поверхность отклика выхода пюре из яблок свежих
 Fig. 2. The influence of factors on the exit of puree from fresh apples

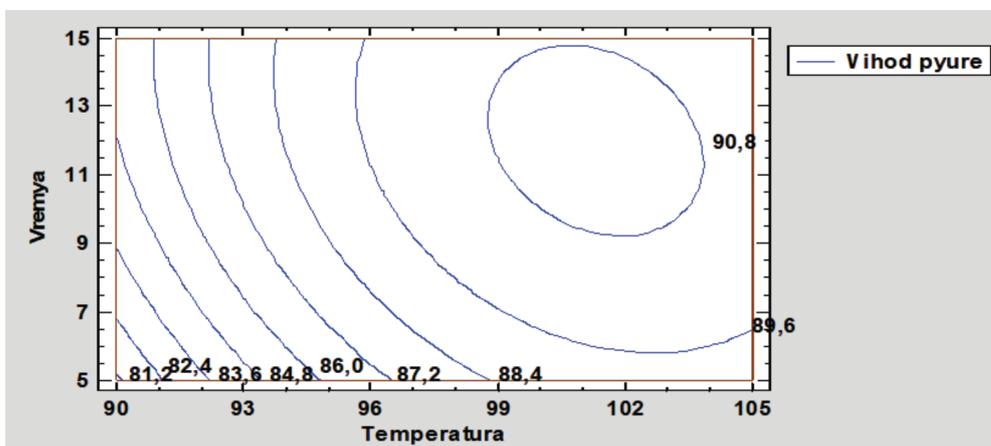


Рис. 3. Проекция линий уровня выхода пюре для двух факторов — температура и продолжительность
 Fig. 3. Projection of puree output lines for two factors — temperature and duration

Полученное уравнение характеризуется высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 97,18 \%$.

На основе указанного уравнения была получена поверхность отклика выхода пюре из яблок свежих и проекция линий уровня в зависимости от выбранных факторов (рисунки 2 и 3).

На рисунке 2 наблюдается максимум, который показывает теоретический выход пюре из яблок 91,1 % при оптимальных параметрах обработки (таблица 4).

Таблица 4. Оптимальные параметры обработки яблок
Table 4. Optimal parameters of apple processing

Факторы	Параметры
Температура, °С	101,3
Продолжительность, мин	12

Для изучения влияния способа предварительной обработки на выход пюре и содержание в нем растворимых сухих веществ в зависимости от помологического сорта яблок проведена серия опытов по оптимальным параметрам обработки яблок и средние результаты представлены на рисунке 4.

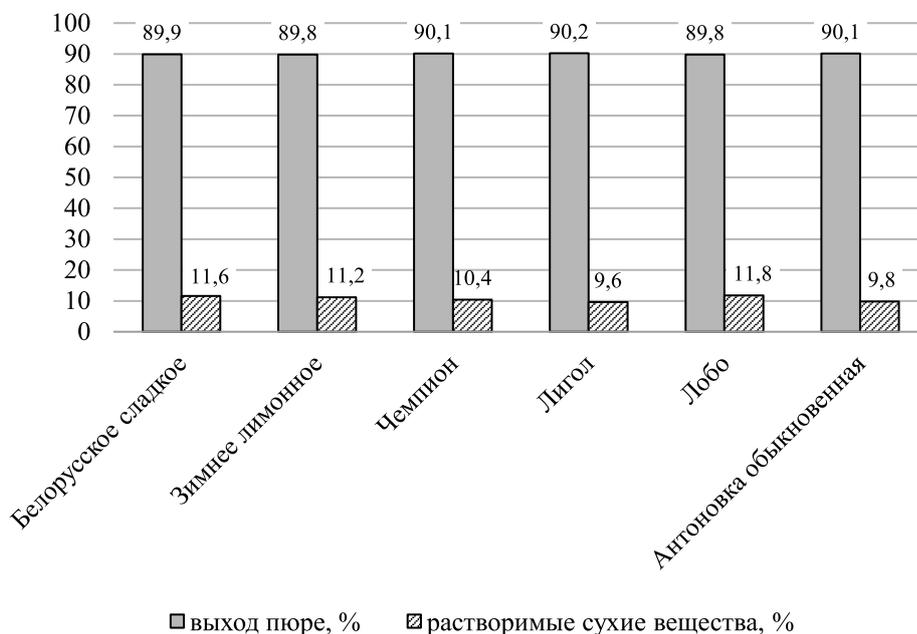


Рис. 4. Выход пюре и содержание в нем растворимых сухих веществ в зависимости от помологического сорта яблок

Fig. 4. The output of mashed and the content of soluble dry substances in it, depending on the apple variety

Анализ рисунка 4 показал, что в процессе переработки яблок свежих выход пюре близок к нормативному (90 %), но происходит снижение растворимых сухих веществ по сравнению со свежими яблоками. Однако данный показатель качества пюре остается выше нормативного (9 %). Установлено, что массовая доля растворимых сухих веществ в пюре из свежего сырья находится в пределах от 9,6 % до 11,8 % и при переработке яблок происходят неизбежные их потери на 2,2-3,2 %.

Заключение. На основании исследований установлена сортоспецифичность химического состава яблок свежих. Отмечена высокая вариабельность по содержанию растворимых сухих веществ, титруемых кислот, выраженная сортоспецифичность накопления пектиновых веществ и клетчатки, низкое содержание витамина С. Проведена оптимизация получения пюре из яблок свежих поздних сроков созревания в зависимости от температуры и продолжительности обработки. Выход пюре при оптимальных параметрах составил от 89,8 % до 90,2 % при этом содержание растворимых сухих веществ в пюре выше 9 %.

Благодарность. Исследования проводились при поддержке Министерства образования Республики Беларусь НИР «Исследование процессов получения консервированных десертов с использованием пророщенного зерна» в рамках задания ГПНИ.

Список использованных источников

1. Козловская, З. А. Новые перспективные гибриды яблони белорусской селекции / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, Г. М. Марудо // Плодоводство. — 2021. — Т. 33. — С. 7-11. URL: <https://doi.org/10.47612/0134-9759-2021-33-7-11>.
2. Криворот, А.М. Технологии хранения плодов / А.М. Криворот. — Минск: ИВЦ Минфина, 2004. — С. 262.
3. Липская, С. Л. Биохимический состав плодов яблони / С. Л. Липская, О. И. Камзолова, С. А. Ярмолич // Плодоводство. — 2007. — Т. 19. — С. 81-88.
4. Никитенко, А. Н. Ферментативные изменения яблочного сырья в процессе переработки на чипсы / А. Н. Никитенко, З. Е. Егорова // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. — 2011. — № 1. — С. 35-40.
5. Никитенко, А. Н. Обоснование режима бланширования яблочных пластин при производстве чипсов / А. Н. Никитенко, З. Е. Егорова // Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. — 2013. — № 4. — С. 105-110.
6. Кох, Д. А. Способы переработки мелкоплодных яблок в пюре / Д. А. Кох, Н. Н. Типсина, Ж. А. Кох // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2016. — № 3. — С. 67-73.
7. Fruit variability impacts puree quality: Assessment on individually processed apples using the visible and near infrared spectroscopy / W. Lan, B. Jaillais, S. Chen, C. M.G.C. Renard, A. Leca, S. Bureau // Food Chemistry. — 2022. — Vol. 390. — 133088. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133088>.
8. Азадова, Э. Ф. Инновационная технология производства яблочного пюре для детского питания // Э. Ф. Азадова, М. Э. Ахмедов, М. Д. Мукайлов // Проблемы развития АПК региона. — 2015. — Т. 21, № 1(21). — С. 57-60.
9. Борисова, А. В. Влияние технологических режимов на антиоксидантную активность яблочного пюре / А. В. Борисова, Н. В. Макарова // Пищевая промышленность. — 2012. — № 7. — С. 43-45.
10. Усовершенствование технологии производства пюре из яблок и шиповника для функционального питания с применением СВЧ-разваривания сырья и высокотемпературной ступенчатой стерилизации / А. Ф. Демирова, М. Э. Ахмедов, Д. А. Ярахмедова [и др.] // Пищевая промышленность. — 2024. — № 4. — С. 42-46.
11. Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 27572-2017. — Взамен ГОСТ 27572-87 ; введ. 01.07.2019. — М. : Стандартинформ, 2017. — 16 с.
12. Мегердичев, Е. Я. Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования : методические рекомендации / Е.Я. Мегердичев ; Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности. — Москва : [б. и.], 2003. — 93 с.
13. Математическая модель планирования плодово-ягодного пюре при различных способах обработки сырья / Д. Н. Протасов, М. Ю. Акимов, А. С. Ильинский [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. — 2023. — № 4. — С. 85-91. URL: <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2023-4-85-91>.
14. Моргунова, Е. М. Экстракция натурального растительного сырья повышенной биологической ценности / Е. М. Моргунова, Н. А. Шелегова, М. Л. Микулинич // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2010. — № 11. — С. 11-15.
15. Тимофеева, В. Н. Влияние ферментативной обработки мезги сортовой аронии черноплодной и рябины садовой на выход сока / В. Н. Тимофеева, Н. В. Саманкова, Ю. П. Азаренко // Пиво и напитки. — 2009. — № 5. — С. 24-26.
16. Зенькова, М. Л. Оптимизация технологических параметров получения пюре из ягод облепихи для изготовления консервированных десертов / М. Л. Зенькова, Е. В. Красильникова // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 16 мая 2024 г. / Белорусский государственный экономический ун-т; редкол.: А. В. Егоров (отв. ред.) [и др.]. — Минск: Колорград, 2024. — С. 199-200.
17. Масанский, С. Л. Влияние технологических факторов на экстрагируемость биологически активных веществ из ягод голубики садовой / С. Л. Масанский, Ю. М. Пинчукова // Пищевая промышленность : наука и технологии. — 2009. — № 4(6). — С. 45-49.
18. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов : справочник. — М. : ДеЛи плюс, 2012. — С. 284.
19. Изучение районированных сортов плодовоовощной продукции для разработки технологий получения биоэкологических продуктов с функциональными свойствами / М.Т. Велямов, А.Б. Оспанов, Н.В.

- Попова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2022. — Т. 10, №1. — С. 30-38. URL: <https://doi.org/10.14529/food220104>.
20. Тимофеева, В. Н. Технология консервирования фруктов и овощей : учебное пособие / В. Н. Тимофеева. — Минск : Вышэйшая школа, 2021. — С. 303.

Информация об авторах

Тимофеева Валентина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: Valya.timofeeva.1951@mail.ru

Акулич Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, проректор по научной работе учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: akulichav57@mail.ru

Зенькова Мария Леонидовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: mariya_LZ@mail.ru

Волкова Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: svetlana08@mail.ru

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

E-mail: MAIL@BGUT.BY

Мельникова Людмила Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь).

Information about the authors

Timofeeva Valentina Nikolaevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: Valya.timofeeva.1951@mail.ru

Akulich Alexander Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus, Vice-Rector for Scientific Work of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: akulichav57@mail.ru

Zenkova Mariya Leonidovna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Associate Professor of commodity science and expertise of products, Belarusian State Economic University (26, Partizansky Av., 220070, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: mariya_LZ@mail.ru

Volkava Sviatlana Vladimirovna, CPh.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: svetlana08@mail.ru

Kozina Tatsiana Mihailovna, Senior Lecturer, Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: MAIL@BGUT.BY

Melnikova Lyudmila Alexandrovna, CPh.D. (Technical), Associate Professor of commodity science and expertise of products, Belarusian State Economic University (26, Partizansky Av., 220070, Minsk, Republic of Belarus).

УДК 663.43

Поступила в редакцию 04.08.2025
Received 04.08.2025¹ В. В. Соловьев, ² А. И. Козинец, ¹ Ю. А. Шимановская, ¹ Ю. С. Шустикова¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Минск, Республика Беларусь

ВТОРИЧНЫЕ ПРОДУКТЫ КАК ИСТОЧНИК ПОВЫШЕНИЯ КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОРМОВ

Аннотация. Современное животноводство сталкивается с необходимостью обеспечения физиологически обоснованного и экономически эффективного кормления животных. В условиях ограниченности традиционных кормовых ресурсов, использование побочных продуктов агропромышленного комплекса, таких как дробина пивная сырая, жом свекловичный и послеспиртовая барда, становится все более актуальным. Эти продукты, ранее подверженные ограниченному использованию или утилизации, обладают высокой питательной ценностью и могут значительно повысить эффективность кормопроизводства.

В статье рассмотрены возможные пути применения вышеупомянутых отходов в кормовых составах для животных, что позволяет не только утилизировать органические отходы с минимальным воздействием на окружающую среду, но и снизить себестоимость кормов. Также подчеркивается улучшение пищеварения и усвоения питательных веществ животными благодаря высокому содержанию клетчатки, протеинов и дрожжевых компонентов.

Ключевые слова: меласса, дробина пивная сырая, жом свекловичный, послеспиртовая барда, продукт кормовой гранулированный.

¹ V. V. Solovyov, ² A. I. Kozinets, ¹ Yu. A. Shymanouskaya, ¹ Yu. S. Shustikova¹ RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus² RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry», Minsk, Republic of Belarus

SECONDARY PRODUCTS AS A SOURCE OF INCREASING THE FEED VALUE OF GRANULATED FEED

Abstract. Modern animal husbandry is faced with the need to ensure physiologically sound and cost-effective animal feeding. With limited access to traditional feed resources, the use of agricultural by-products such as raw beer dregs, beet pulp, and post-alcohol by-products is becoming increasingly important. These products, which were previously limited in use or disposed of, have high nutritional value and can significantly improve the efficiency of feed production.

The article discusses possible ways to use the aforementioned waste in animal feed formulations, which not only helps to dispose of organic waste with minimal environmental impact, but also reduces the cost of animal feed. The article also emphasizes the improvement of animal digestion and nutrient absorption due to the high content of fiber, protein, and yeast components.

Keywords: molasses, raw beer hops, beet pulp, after-alcohol wash, and granular feed product.

Введение. В условиях развития рыночных отношений в перерабатывающих отраслях особую роль играют сырьевые ресурсы, реальным источником пополнения которых является сокращение потерь при уборке, транспортировке, хранении и переработке продукции. При определении уровня технологии ставится задача не только повысить степень использования сырья, но и обеспечить получение полезной продукции из отходов, т.е. вовлечь в производство так называемые вторичные сырьевые ресурсы. Ежегодно в перерабатывающих

отраслях агропромышленного комплекса образуются миллиарды тонн отходов и попутных продуктов производства [1].

Эффективность развития животноводства во многом определяется состоянием кормовой базы. Поиск принципиально новых путей и экономическое обоснование технологических решений в области производства новых видов углеводно-белковых кормов на основе отходов пищевого производства имеет сегодня актуальное значение [2].

Сахарная отрасль относится к материалоемким и энергоемким видам производства, в которых объем сырья и вспомогательных материалов в несколько раз превышает выход готовой продукции. При среднем выходе сахара 10–12 % к массе переработанной свеклы образуется около 83 % свежего свекловичного жома, 5,4 % мелассы, 12 % фильтрационного осадка [3].

Меласса является ценным, многокомпонентным отходом сахарного производства, обладающим высокой вязкостью, содержащим сахарозу, растворимые сахара, ценные микроэлементы [4].

Самым многотоннажным видом отходов свеклосахарного производства является свекловичный жом. Емкость рынка свекловичного жома в отрасли составляет 9 млн т/год.

Жом в различных формах поставляется дешевой и очень ценную энергию в виде целлюлозы, гемицеллюлозы и пектина. Благодаря высокому содержанию пектиновых веществ свекловичный жом обладает пробиотическим действием. Пектины нормализуют работу пищеварительного тракта, вследствие чего животные потребляют меньше корма. В сыром жоме содержатся витамин С, белок, незаменимые аминокислоты [4 – 6].

В настоящее время острой экологической и, следовательно, экономической проблемой в спиртовой промышленности Беларуси является утилизация образующихся отходов и побочных продуктов при производстве этилового спирта. К ним относятся, главным образом, послеспиртовая барда, утилизация которой создает определенные сложности ввиду ее значительных объемов (на одну часть спирта приходится 13 частей барды) и низким содержанием сухих веществ [7].

В Беларуси ежегодно выпускается около 8,0 млн. дал спирта, при этом образуется примерно 1,2 млн. тонн жидкой барды. Анализ технологической оснащенности спиртовых предприятий Республики Беларусь показал, что на ряде спиртовых предприятий реализован только усеченный цикл переработки барды без ее сушки с получением послеспиртовой барды (срок хранения не более 3 суток).

В 1 кг свежей барды содержится 0,7 – 1,9 МДж обменной энергии, 8,5 – 17,6 г переваримого протеина. В свежем виде ее можно скармливать крупному рогатому скоту – до 50 л на голову в сутки, дойным коровам 20 – 30, свиньям 3 – 5, лошадям до 10 – 15 л [8].

Проблема утилизации отходов производства особенно остра и для пивоваренных заводов. На каждую 1000 тонн произведенной продукции приходится порядка 170 тонн твердых отходов в виде дробины и переработанных дрожжей, которые относятся к вторичным материальным ресурсам.

Пивная дробина – важнейший побочный продукт пивоваренной промышленности, которая представляет собой нерастворимые компоненты, оставшиеся после фильтрования сула перед брожением [9, 10].

Пивная дробина в свежем и сухом виде является хорошим молокогонным и белковым кормом, поэтому она используется для скармливания коровами для откорма крупного рогатого скота и свиней. В дробине содержится 20 – 25 % протеина (что в 2,5 раза превышает его содержание в ячмене), витамины группы «В», легко усваиваемые углеводы и полезные микроэлементы [11 – 13].

Дробина, благодаря своему химическому составу, имеет высокую энергетическую ценность, что относит ее к побочным продуктам, имеющим большое биотехнологическое значение [9].

На сегодняшний день весьма проблематична утилизация в пивоваренном производстве образующихся отходов из-за низкой эффективности технологий и технических средств по фракционированию пивной дробины как на пивоваренных предприятиях, так и тем более в животноводческих хозяйствах. Чаще всего пивную дробину утилизируют на полигонах, хотя общеизвестна ее питательная ценность и эффективность в составе кормовых рационов животных, в итоге возникают издержки в пивоваренном и животноводческом производстве продукции [14].

Проблема применения вторичных ресурсов в качестве источников кормов зачастую связана с тем, что отходы перерабатывающих и бродильных производств являются скоропортящимся сырьем [15].

Существует ряд исследований, посвященных использованию побочных продуктов агропромышленного комплекса в кормовых составах для животных. Например, Жетписбаева

и Чернигов [16] в своих исследованиях показали, что добавление пивной дробины в кормовую смесь для бычков на 20 % увеличивает среднесуточный прирост массы животного на 14,3 %. По данным исследования, это улучшает усвояемость питательных веществ и способствует ускоренному росту животных. В свою очередь, Киреева и Владимиров [17] установили, что включение гранулированной пивной дробины в рацион лактирующих коров в дозировке 1000 г на голову в сутки способствовало повышению удоев и улучшению рентабельности производства на 0,96 %. Гурский и Сурмач в своем исследовании [18] изучали влияние различных норм ввода сухого свекловичного жома в комбикорма (15 %, 20 % и 25 %) для дойных коров. Результаты показали, что введение 20 % сухого свекловичного жома в рацион привело к увеличению молочной продуктивности на 5,4 % и улучшению показателей рубцового пищеварения, таких как снижение кислотности в содержимом рубца и увеличение синтеза микробного белка.

При сравнительной оценке современных технологий приготовления кормов (прессование, сенажирование, силосование) выяснилось, что в подавляющем большинстве случаев сохранность питательных веществ выше при прессовании. Это обусловлено тем, что при заготовке сенажа наблюдаются более значительные потери питательных веществ, а также их более низкая перевариваемость. Например, при исследовании эффективности процессов изготовления брикетов и сенажа из ячменя было установлено, что сохранность питательных веществ в прессованных кормах в среднем была выше на 17 – 18% по сравнению с сенажом [19].

Прессование позволяет получить гранулированный продукт с низкой влажностью. Этот процесс снижает риск порчи корма и обеспечивает удобство хранения, улучшая как экономическую, так и экологическую эффективность кормопроизводства.

В общем, можно отметить, что вторичные продукты агропромышленного комплекса, такие как меласса, пивная дробина, свекловичный жом и послеспиртовая барда, являются важными источниками для повышения кормовой ценности гранулированных кормов. Их использование в кормлении животных способствует улучшению продуктивности, снижению себестоимости кормов и утилизации органических отходов что имеет важное значение как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в лаборатории отдела технологий спиртовой и пивобезалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», в лабораториях Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания (далее — РКИК), в лабораториях РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Экспериментальные работы по выпуску продукта кормового гранулированного с введением вторичных продуктов агропромышленного комплекса осуществлялись в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области (МТК «Березовица») в филиале ОАО «БЕЛАЗ» — управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» СПК «Первомайский» (МТУ «Ворот») с применением лабораторных грануляторов, представленных на рис. 1.



Рис. 1. Лабораторные грануляторы
Fig. 1. Laboratory granulators

Результаты исследований и их обсуждение. С целью повышения содержания сахара и определения возможности максимального ввода мелассы свекловичной, а также получения технологичного корма разработаны рецепты продукта кормового гранулированного мелассированного. В рамках этих разработок были учтены основные факторы, влияющие на состав и качество конечного продукта, такие как оптимальный баланс между содержанием сахаров, влаги и протеина, а также технологические параметры гранулирования.

Рецепты и состав продукта кормового гранулированного мелассированного представлены в таблице 1.

Таблица 1. Рецепты и состав продукта кормового гранулированного мелассированного
Table 1. Recipes and composition of the feed granulated molasses product

Наименование отходов	Содержание, %			
Ростки солодовые, %	45,5	43,2	40,7	38,4
Отходы от полировки солода, %	22,8	21,6	20,4	19,2
Смесь зерновая солодовенного производства, %	8,6	8,1	7,7	7,2
Пыль зерновая, %	6,7	6,3	6,0	5,6
Отходы при хранении и подработке зерна ячменя, %	5,7	5,4	5,1	4,8
Отходы зерновые с содержанием зерна до 2%, %	5,7	5,4	5,1	4,8
Меласса свекловичная, %	5,0	10,0	15,0	20,0

Произведены опытные партии продукта кормового гранулированного мелассированного с вводом различного количества мелассы. В процессе производства установлено, что использования дозировок 5, 10, 15 и 20 % позволяет получать качественный по технологичности продукт. Однако, в процессе хранения, образец, который был выработан с дозировкой мелассы 20 %, подвергся слеживаемости, и в дальнейшем не может быть использован в комбикормовой промышленности. Продукт кормовой гранулированный мелассированный представлен на рис.2.



Рис. 2. Продукт кормовой гранулированный мелассированный
Fig. 2. Pelleted molasses feed product

Введение мелассы в состав продукта кормового гранулированного в количестве 5 — 15 % способствует увеличению содержания в нем сахара до 2,7 — 8,1 % и получению корма с содержанием обменной энергии на уровне 11,0 — 11,2 МДж/кг, сырого протеина — 184 — 214 г/кг. При увеличении количества вводимой мелассы в состав продукта установлено повышение уровня общей влаги с 8,4 % до 10,2 %.

Использование мелассированного корма рекомендуется в рационах высокопродуктивных животных, нуждающихся в дополнительном источнике легкоусвояемых углеводов и энергии. Разработанные рецепты также подходят для внедрения в промышленные кормовые программы с целью повышения эффективности производства животноводческой продукции.

В рамках проведенных исследований также было разработано 14 вариаций с различными соотношениями компонентов, включая дробину пивную, жом свекловичный и барду после-спиртовую, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Рецепты продукта кормового гранулированного
Table 2. Recipes of the feed granulated product

№ рецепта	Содержание компонентов в рецепте, %						
	Ростки солодовые	Отходы от полировки	Смесь зерновая	Пыль зерновая	Дробина пивная сырая	Барда после-спиртовая	Жом свекловичный
1	48	22	8	17	5	-	-
2	48	19	8	15	10	-	-
3	48	17	7	13	15	-	-
4	48	15	5	12	20	-	-
5	48	22	8	17	-	5	-
6	48	19	8	15	-	10	-
7	48	17	7	13	-	15	-
8	48	15	5	12	-	20	-
9	48	22	8	17	-	-	5
10	48	19	8	15	-	-	10
11	48	17	7	13	-	-	15
12	48	15	5	12	-	-	20
13	-	-	-	70	30	-	-
14	-	-	-	60	40	-	-

Произведены опытные партии продукта кормового гранулированного по рецептам №2, №4, №6, №8, №10, №12, №13 и №14.

Однако, в процессе непродолжительного хранения большинство образцов подверглось микробиологической порче из-за повышенной влажности образцов (более 15 %) и в дальнейшем не могли бы использоваться в комбикормовой промышленности.

В лабораторию РКИК были переданы образцы продукта кормового гранулированного №2, №10 и №12. Образцы продукта кормового гранулированного представлены на рис.3.



Рис. 3. Продукт кормовой гранулированный с добавлением дробины пивной сырой и жома свекловичного

Fig. 3. Granulated feed product with added raw beer dregs and beet pulp

Дробина пивная содержит около 25 % белка и является источником клетчатки, что способствует улучшению пищеварения у животных. Жом свекловичный богат углеводами и клетчаткой, что повышает энергетическую ценность корма.

Образцы с добавлением жома свекловичного (образцы №10 и №12) имеют более низкое содержание редуцирующих сахаров (2,71–3,04 %) по сравнению с контрольным образцом (6,79 %). Это может способствовать улучшению обмена веществ у животных и снижению риска заболеваний, связанных с высоким содержанием сахаров. Образцы с добавлением жома свекловичного содержат больше кальция и магния, что способствует укреплению костной ткани и улучшению обмена веществ у животных.

Добавление жома свекловичного и дробины пивной повышает влажность кормов, что способствует улучшению их структуры, повышая привлекательность для животных и снижая пыление при скармливании.

Заключение. Введение мелассы в состав продукта кормового гранулированного в количестве 5–15 % способствует увеличению содержания в нем сахара до 2,7–8,1 % и получению корма с содержанием обменной энергии на уровне 11,0–11,2 МДж/кг, сырого протеина 184–214 г/кг. Мелассированный корм способствует улучшению продуктивности животных за счет повышения энергетической насыщенности, а также улучшает его поедаемость за счет сладкого вкуса. Применение данных рецептов также экономически оправдано, так как использование мелассы позволяет снижать стоимость кормовой смеси без ущерба для ее качества.

Исследовано повышение кормовой ценности продукта кормового гранулированного за счет использования жома свекловичного, дробины пивной сырой и барды послеспиртовой. Установлено, что образцы с добавлением жома свекловичного (образцы №10 и №12) имеют более низкое содержание редуцирующих сахаров (2,71–3,04 %) по сравнению с контрольным образцом (6,79 %). Это может способствовать улучшению обмена веществ у животных и снижению риска заболеваний, связанных с высоким содержанием сахаров. Образцы с добавлением жома свекловичного содержат больше кальция и магния, что способствует укреплению костной ткани и улучшению обмена веществ у животных. Добавление жома свекловичного и дробины пивной повышает влажность кормов, что способствует улучшению их структуры, повышая привлекательность для животных и снижая пыление при скармливании.

Список использованных источников

1. Соловьева Е. В., Мартыненко Я. Ф. Использование вторичных ресурсов как базы в кормопроизводстве // Известия вузов. Пищевая технология. 1992. № 5-6.
2. Костомахин, Н. М. Пивная дробина — перспективное сырье для производства кормов / Н. М. Костомахин, И. Е. Иванова, А. А. Казак // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. — 2023. — № 5(214). — С. 42-49.
3. Перспективные направления использования отходов сахарного производства / М. В. Протасова, С. Ю. Миронов, О. В. Лукьянчикова, Л. А. Бабкина // Auditorium. — 2016. — № 2(10). — С. 32-41.
4. Использование отходов перерабатывающих отраслей в животноводстве: науч. аналит. обзор. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011 — 96 с.
5. Шурбина, М. Ю. Переработка отходов сахарного производства / М. Ю. Шурбина, Р. Т. Валеева, Д. В. Тунцев // Актуальная биотехнология. — 2023. — № 4. — С. 50.
6. Эффективность использования кормовых смесей на основе свекловичного жома в рационах крупного рогатого скота / Е. А. Добрук, А. М. Тарас, О. В. Вертинская, А. Е. Ярош // Сельское хозяйство — проблемы и перспективы : Сборник научных трудов / Под редакцией В. К. Пестиса. Том 37. — Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2017. — С. 24-36.
7. Кузьминчук, В. И. Проблемы утилизации отходов спиртовых производств Республики Беларусь / В. И. Кузьминчук // Устойчивое развитие: региональные аспекты : сборник материалов X Международной научно-практической конференции молодых ученых, Брест, 25 апреля 2018 г. / Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина, Брестский государственный технический университет ; редкол.: И. В. Абрамова, М. А. Богдасаров, Т. А. Шелест. — Брест : БрГУ, 2018. — С. 185-187.
8. Кормление сельскохозяйственных животных. Кормовые средства (характеристика и использование) : учеб-метод. пособие для студентов по специальности «Ветеринарная медицина» / В. С. Токарев, Л. И. Лисунова. — Витебск : ВГАВМ, 2023 — 195 с.
9. Бурак, Л. Ч. Использование отходов пивоваренной отрасли. Обзор / Л. Ч. Бурак // The Scientific Heritage. — 2022. — № 86-1(86). — С. 9-20.
10. Орлов, А. И. Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях / А. И. Орлов, И. Ю. Резниченко // Ползуновский вестник. — 2021. — № 2. — С. 146-152.
11. Бешимов, Ю. С. Эффективность использования отходов пивоваренного производства для кормовых целей / Ю. С. Бешимов, Н. М. Бахриддинова, Л. Н. Хайдар-Заде // Вестник Алмагитинского технологического университета. — 2018. — № 2. — С. 22-26.

12. Березина, Н. А. Анализ современного состояния применения вторичного растительного сырья пищевой промышленности: обзор предметного поля / Н. А. Березина, Е. В. Хмелева // Хлебопечение России. — 2023. — Т. 67, № 1. — С. 17-33.
13. Орлов, А. И. Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях / А. И. Орлов, И. Ю. Резниченко // Ползуновский вестник. — 2021. — № 2. — С. 146-152.
14. Николаев, В. Н. Технология обезвоживания пивной дробины для приготовления высококонцентрированного корма / В. Н. Николаев, М. С. Ахметвалиев, А. В. Литаш // АПК России. — 2021. — Т. 28, № 5. — С. 653-657.
15. Разработка синбиотика для кормовых добавок на основе отходов пивоваренной и спиртовой промышленности / А. В. Чижаева, Г. Н. Дудикова, М. Т. Велямов [и др.] // Новости науки Казахстана. — 2019. — № 1(139). — С. 173-189.
16. Жетписбаева Х. Ш., Чернигов Ю. В. Гранулированная пивная дробина в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. — 2018. — № 4. — С. 29-37.
17. Киреева К. В., Владимиров Н.И. Эффективность использования гранулированной смеси на основе сухой пивной дробины в рационах лактирующих коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2019. — № 5 (175). — С. 92-95.
18. Гурский, В. Г. Сухой свекловичный жом в летних рационах дойных коров и его влияние на показатели рубцового пищеварения и на продуктивность / В. Г. Гурский, В. Н. Сурмач // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. — Витебск, 2013. — Т. 49, вып. 2, ч. 1. — С. 186-189.
19. Балашов, О. Ю. Особенности получения прессованных кормов из побочных продуктов пивоваренного производства / О. Ю. Балашов, В. В. Утолин, Н. Е. Лузгин // Аграрный вестник Верхневолжья. — 2018. — № 1(22). — С. 50-54.

Информация об авторах

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

E-mail: solovyoffg@gmail.com

Козинец Александр Иосифович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий опытно-экспериментальной научно-производственной лабораторией кормовых добавок и биопродуктов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Фрунзе, 11, 222160, г. Жодино, Минская обл., Республика Беларусь).

E-mail: largo80@yandex.ru

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

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

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

E-mail: pus-tanja@yandex.ru

Information about the authors

Solovyov Vitaliy Vladimirovich, Ph.D. (Technical), Head of the Department of Alcohol and Beer Beverage Technology of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: solovyoffg@gmail.com

Kozinets Alexander Iosifovich, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Head of the Experimental and Experimental Research and Production Laboratory of Feed Additives and Bioproducts of RUE «Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry» (11, Frunze Street, 222160, Zhodino, Minsk Region, Republic of Belarus).

E-mail: largo80@yandex.ru

Shymanouskaya Yulia Aleksandrovna, Researcher at the Department of Alcohol and Beer Beverage Technology of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

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

Shustikova Yulia Sergeevna, Senior Researcher at the Department of Alcohol and Beer Beverage Technology of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: pus-tanja@yandex.ru

УДК 664.692.5

Поступила в редакцию 06.03.2025
Received 06.03.2025**А. Б. Торган, А. М. Мазур, Д. П. Кропис***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ШНЕКОВЫХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ПРЕССАХ С УЗЛАМИ ПРЕССОВАНИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПОТОКОМ ТЕСТА**

Аннотация. В работе приведены результаты исследований по получению макаронных изделий, которые обладают повышенными качественными показателями, в узлах с управляемым потоком теста на шнековых формообразующих прессах. Макароны из муки мягкой пшеницы высшего сорта, полученные со вставками демонстрируют более высокие показатели качества по сравнению с изделиями без использования вставок. Они имеют более гладкую поверхность, стекловидный излом, меньшую влажность и кислотность, лучше сохраняют форму после варки и теряют меньше сухих веществ, требуют больше времени для варки, что свидетельствует о более плотной структуре макаронных изделий.

Макаронные изделия с повышенными качественными показателями получены в новой конструкции узла прессования оптимальной конфигурации: внутренняя конфигурация предматричной камеры выполнена в виде конфузorno-диффузорной вставки, при этом конфузornoм труба соединена со шнековой камерой, а диффузором — с формующими отверстиями матрицы, т.е. реализован механизм использования предматричного пространства для предварительного уплотнения, пластификации и разогрева теста. Для оптимизации конструкции матрицы в ее колодцы также установлены конфузorno-диффузорные вставки, которые позволили выровнять и стабилизировать поток теста.

Ключевые слова: качество макаронных изделий, органолептические показатели качества, физико-химические показатели качества, цвет, поверхность, форма, вкус, влажность, кислотность, время варки, состояние после варки, коэффициент увеличения массы макаронных изделий, количество сухих веществ, матрица, формующие отверстия, конфузор, диффузор, уплотнение, пластификация, разогрев теста, вязкость.

A. B. Torgan, A. M. Mazur, D. P. Kropis*Educational Institution «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE QUALITY OF PASTA PRODUCTS IN SCREW FORMING PRESSES WITH CONTROLLED DOUGH FLOW EXTRUSION UNITS**

Abstract. Pasta products were obtained in extrusion units with controlled dough flow, which exhibit enhanced quality characteristics. Pasta made from premium-grade soft wheat flour with inserts demonstrates higher quality indicators compared to products without the use of inserts. They have a smoother surface, a glassy fracture, lower moisture and acidity, retain their shape better after cooking, and lose fewer dry substances. However, they require a longer cooking time, which indicates a denser structure of the pasta.

Pasta with improved quality characteristics was obtained using a new design of an optimally configured extrusion unit: the internal configuration of the pre-matrix chamber is made in the form of a confuser-diffuser insert, where the confuser is connected to the screw chamber, and the diffuser is connected to the forming holes of the matrix. This implements a mechanism for utilizing the pre-matrix space for preliminary compaction, plasticization, and dough heating. To optimize the matrix design, confuser-diffuser inserts were also installed in its chambers, which allowed for the alignment and stabilization of the dough flow.

Keywords: pasta quality, organoleptic quality indicators, physicochemical quality indicators, color, surface, shape, taste, moisture content, acidity, cooking time, cooked state, weight increase coefficient of pasta, dry matter content, die, forming holes, confuser, diffuser, compaction, plastification, dough heating, viscosity.

Введение. При производстве макаронных изделий традиционным сырьем является твердая пшеница. Из зерна твердой пшеницы получают крупку (муку высшего сорта), полукрупку (муку первого сорта) и муку второго сорта. Для изготовления макаронных изделий используется мука высшего и первого сорта, а мука второго сорта может использоваться для производства кондитерских изделий или в качестве улучшителя для слабой муки. Мука высшего и первого сорта, полученная из твердой пшеницы, благодаря крупитчатой структуре, высокому содержанию белка и клейковины является лучшим сырьем для производства макаронных изделий высокого качества [1, 2, 3, 4].

В Республике Беларусь большая часть макаронных изделий вырабатывается из зерна мягкой пшеницы. Использование муки мягких сортов пшеницы приводит к снижению их питательных и вкусовых качеств. В соответствии с СТБ 1963-2009 макаронные изделия, которые получают из зерна мягкой пшеницы, могут быть только группы В, а с добавлением крупки — группы Б [5, 6, 7, 8].

Для повышения качественных показателей макаронных изделий, а также оптимизации процесса формования в учреждении образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» на кафедре «Технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции» была разработана специальная конфузочно-дифузорная вставка к макаронному прессу.

Цель работы — исследование качественных показателей макаронных изделий, полученных с использованием в процессе формования конфузочно-дифузорных вставок, установленных в предматричной камере узла прессования и в колодцах матрицы, и осуществляющих предварительное двухступенчатое уплотнение, пластификацию и разогрев теста перед входом его в формирующий механизм.

Теоретическая часть. Практическая разработка. Предматричное пространство макаронного пресса представляет собой условный цилиндр, в который прессующим шнеком подается винтообразно закрученный поток теста. Такое движение теста в предматричном пространстве влияет на распределение скоростей и работу шнека, а также на качество макаронных изделий и работу пресса в целом [9, 10, 11, 12].

Для оптимизации предматричного пространства макаронного пресса и управления потоком теста, в предматричный канал необходимо установить конфузочно-дифузорную вставку специальной конструкции.

На рис. 1. представлена принципиально-конструктивная схема узла прессования с управляемым потоком теста в предматричном пространстве.

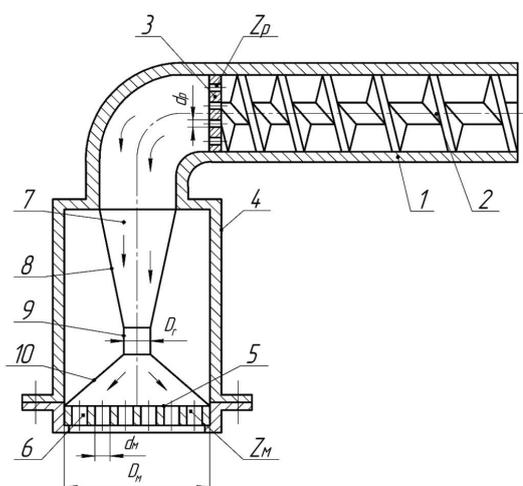


Рис. 1. Принципиально-конструктивная схема узла прессования с управлением потока теста в предматричном пространстве (по патенту на изобретение РБ № 23082)

Fig. 1. A fundamentally constructive scheme of the pressing unit with the control of the test flow in the pre-matrix space (according to the patent for the invention of the Republic of Belarus No. 23082)

Согласно патенту на изобретение РБ №23082 [13] 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 выполняет ключевую функцию в подготовке тестовой массы и существенно влияет на эффективность процесса формования макаронных изделий в формирующих механизмах.

Управление потоком теста в колодцах матрицы — одно из эффективных направлений модернизации конструкторских прессового оборудования для производства макаронных изделий. Таким образом, установка перед фильерами специальных конфузурно-диффузорных вставок, имеющих, расширения конфузур и диффузор, а так же цилиндрический переход (горловину) между ними, способствует выравниванию и стабилизации тестового потока (патент на изобретение РБ №23081) [14].

Экспериментальные исследования. Для экспериментального подтверждения теоретических предпосылок на заводе ОАО «Торгмаш» (г. Барановичи) был изготовлен промышленный образец предматричной камеры к пресс-автомату МИТ-2, конфигурация которого имеет конфузурно-диффузорный вид и конфузурно-диффузорные вставки в колодцы матрицы рис. 2. В предматричной камеры вставка конфузуром устанавливается в сторону шнека, а диффузором она опирается на матрицу, рабочее положение камеры — горизонтальное.



Рис. 2. Фотография конфузурно-диффузорных вставок
Fig. 2. Photograph of the confuser-diffuser inserts

Методы исследований. Для проведения эксперимента использовали муку хлебопекарную высшего сорта М 54-28 (СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная» ТУ). Данная мука используется на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскхлебпродукт», ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов» и ОАО «Лидахлебопродукт».

Вода, соответствующая СТБ 1188-99 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» [15].

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 «Мука и отруби. Метод определения влажности» [15] в соответствии с СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная. Технические условия» [16].

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

Органолептические и физико-химические показатели качества макаронных изделий определяли в соответствии с СТБ 1963-2009.

Программа и методика проведения эксперимента. Для проведения экспериментальных исследований был разработан, изготовлен, смонтирован и налажен стенд, который основывается на базе пресс-автомата для производства макаронных изделий МИТ-2 ТУ РБ 200167377,002-2001 и контрольно-измерительной аппаратуры для измерения основных параметров процесса формирования макаронных изделий, соединенные с компьютерной системой контроля параметров процесса формирования [17].

Компьютерная система контроля включает:

- ♦ измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ-148 ТУ 4217-004-46526536-2006;
- ♦ преобразователь интерфейсов АС4 ТУ 4218-003-46526536-2006 (сертификат соответствия №03.009.0331.);
- ♦ персональный переносной компьютер ASUS VivoBook 17X M3704YA-AU071.

Результаты эксперимента. В процессе испытаний проводился сравнительный анализ опытного образца узла прессования с заводским аналогом и оценивались органолептические и физико-химические показатели полученных макаронных изделий [18].

По итогам эксперимента составлена табл. 1 со сравнительным анализом макаронных изделий, полученных с использованием специальных вставок и без них.

Таблица 1. Качественные показатели макаронных изделий (со вставками и без)
Table 1. Quality indicators of pasta products (with and without inserts)

Показатели качества	Образцы муки	
	Мука мягкой пшеницы (высший сорт) <i>без вставок</i>	Мука мягкой пшеницы (высший сорт) <i>со вставками</i>
Цвет	однотонный с серо-кремовым оттенком	однотонный, без следов не-промеса
Поверхность	гладкая с незначительной шероховатостью	гладкая
Форма	соответствующая заданной	
Запах	свойственный макаронным изделиям, без постороннего запаха	
Вкус	свойственный макаронным изделиям, без постороннего привкуса	
Состояние излома	среднестекловидный	стекловидный
Влажность, %	12,71	12,31
Кислотность, град.	3,1	2,8
Время варки, мин.	7	10
Состояние после варки	сохраняют форму удовлетворительно, не-много склеиваются	сохраняют форму хорошо, не склеиваются, не образуют комков
Коэффициент увеличения массы макарон	2,0	2,21
Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, %	6,9	5,4

На основе проведенного анализа таблицы 1 можно сделать следующие выводы с указанием процентного соотношения улучшения или ухудшения показателей качества макаронных изделий, полученных из муки мягкой пшеницы высшего сорта со вставками по сравнению с изделиями без вставок:

1. Цвет. Макароны изделия со вставками: однотонный, без следов непромеса. Улучшение: наличие однородного цвета без дефектов (непромес) — 100% соответствие стандарту для макаронных изделий из твердых сортов пшеницы.

2. Поверхность. Макароны изделия со вставками: гладкая (у изделий, полученных без вставок — с незначительной шероховатостью). Улучшение: поверхность стала более гладкой — 100% соответствие стандарту для макаронных изделий из твердых сортов пшеницы.

3. Состояние излома. Макароны изделия со вставками: стекловидный (у изделий, полученных без вставок — среднестекловидный). Улучшение: более стекловидный излом свидетельствует о лучшей структуре — примерно на 15–20 % улучшение по стандарту.

4. Влажность. Макароны изделия со вставками: 12,31% (у изделий, полученных без вставок — 12,71%). Улучшение: снижение влажности на 3,1 %, что положительно влияет на хранение и качество изделий.

5. Кислотность. Макароны изделия со вставками: 2,8 градуса (у изделий, полученных без вставок — 3,1 градуса). Улучшение: снижение кислотности на 9,7 %, что увеличивает срок хранения и улучшает качество изделий.

6. Время варки. Макароны изделия со вставками: 10 минут (у изделий, полученных без вставок — 7 минут). Улучшение: увеличение времени варки на 42,9 %, что может быть связано с более плотной структурой, что будет способствовать меньшему переходу сухого вещества в варочную воду.

7. Состояние после варки. Макароны изделия со вставками: сохраняют форму хорошо, не склеиваются, не образуют комков (у изделий, полученных без вставок — склеиваются и сохраняют форму удовлетворительно). Улучшение: улучшение состояния после варки — на 20–25% (на основе экспериментальной оценки качества).

8. Коэффициент увеличения массы макарон. Макароны изделия со вставками: 2,21 (у изделий, полученных без вставок — 2,0). Улучшение: увеличение коэффициента на 10,5 %, что свидетельствует о лучшей способности впитывать и удерживать воду.

9. Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду. Макароны изделия со вставками: 5,4% (у изделий, полученных без вставок — 6,9%). Улучшение: снижение потерь сухих веществ на 21,7 %, что указывает на лучшую устойчивость к развариванию.

Таким образом, макароны изделия, полученные со вставками из муки мягкой пшеницы высшего сорта, показывают в среднем на 15–20 % улучшение по большинству показателей качества по сравнению с макаронными изделиями, без вставок, а конфузорно-дифузорная вставка играет основную роль в подготовке тестовой массы и оказывает решающее влияние на полноту процесса формирования макаронных изделий в формирующих механизмах, а именно:

- ♦ осуществляется предварительное и равномерное уплотнение теста в конфузоре и горловине вставки при одновременной его пластификации;
- ♦ имеет место предварительный подогрев (разогрев) теста за счет теплоты трения при его движении через конфузур и горловину вставки, вязкость его уменьшается, что обеспечивает более плавный проход теста через формирующие отверстия;
- ♦ форма вставки имеет минимальное гидравлическое сопротивление, что позволяет не только поддерживать необходимую величину давления, но и не снижать его уровень;
- ♦ за счет предварительного уплотнения, дополнительной пластификации и стабилизации потока теста, а также за счет предварительного подогрева тестовой массы и снижения гидравлических потерь в формирующих механизмах скорость выпрессовывания увеличивается, а, следовательно, повышается производительность устройства при явном улучшении качества полуфабрикатов.

В настоящее время белорусскими учеными проведены исследования и выведены белорусские сорта твердой пшеницы, из которых получены макаронные изделия. Так же были проведены исследования и анализ показателей качества макаронных изделий из белорусских сортов твердой пшеницы в соответствии с нормами СТБ 1963–2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия» [19, 20].

Анализ таблиц 1 и данных из источников литературы 19 и 20, также позволяет сделать вывод, что макароны изделия, полученные с использованием нового узла прессования с двухступенчатым управлением и стабилизацией теста по своим органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют макаронным изделиям из твердых сортов, т.е. качество их значительно увеличивается.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что двухступенчатое управление потоком теста в предматричном пространстве и в колодцах матрицы дает положительный результат.

Заключение. Макароны из муки мягкой пшеницы высшего сорта, полученные со вставками демонстрируют более высокие показатели качества по сравнению с изделиями без использования вставок. Они имеют более гладкую поверхность, стекловидный излом, меньшую влажность и кислотность, лучше сохраняют форму после варки и теряют меньше сухих веществ, требуют больше времени для варки, что свидетельствует о более плотной структуре макаронных изделий.

Выполнение предматричного пространства в виде конфузочно-диффузорных вставок в сочетании с конфузочно-диффузорными вставками, установленными в колодцах матрицы позволяет управлять (контролировать) потоком теста от шнека до формирующих отверстий, при этом происходит предварительное его уплотнение, пластификация и разогрев, т.е. осуществляется предварительная подготовка теста перед входом теста в формирующие отверстия. В этом случае тесто представляет собой более однородную слоистую массу, слои имеют одинаковую форму и толщину, происходит их слипание, между слоями отсутствуют расщелины, они становятся малозаметными, при этом происходит постепенное взаимное смешение и трение слоев, что приводит к интенсивному выделению теплоты: тесто перестает закручиваться и в дальнейшем слои лишь расплющиваются с изменением их формы и толщины, однако самое главное достижение — ликвидируются застойные зоны, наблюдается стабилизация потока и понижение его вязкости.

Таким образом, под воздействием необратимых деформаций в результате многократных сдвигов элементарных слоев тесто уплотняется, приобретая оптимальные физико-механические свойства. Техническая новизна нового узла прессования подтверждается патентами на изобретения РБ №23081 и №23082.

Список использованных источников

1. Чернов, М. С. Справочник по макаронному производству / М. С. Чернов, Г. М. Медведев, В. П. Негруб — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — С. 280.
2. Пути улучшения качества макаронных изделий / М. И. Васин, М. А. Калинина, С. А. Парфенова. — М.: ЦНИИГЭИ хлебопродуктов, 1991. — С. 24.
3. Мачихин, Ю. А. Формование пищевых масс / Ю. А. Мачихин, Г. К. Берман, Ю. В. Клаповский. — М.: Колос, 1992. — С. 272.
4. Груданов, В. Я. Процесс формования макаронных изделий в узлах прессования с улучшенными гидравлическими и технологическими характеристиками / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, В. М. Поздняков // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук, 2013. — №2. — С. 58-65.
5. Demianiuk, L. Sily i odkształcenia występujące podczas brykietowania materiałów drobnoziarnistych w komorze orwartej-analiza doświadczalna / L. Demianiuk, R. Hejft, A. Seweryn // Zeszyty naukowe Politechniki Białostockiej. Nauki Techniczne. Nr. 130. Mechanika 21, 1999, P. 95-107.
6. Fabrode, M. O. A rheological model for the compaction of fibrous agricultural materials / M. O. Fabrode, J. R. Callaghan // J. Agric. Eng. Res. 1989, V42, Nr 5, PP. 165-178.
7. Нрынiewicz, М. Zmiennosc tarcia zewnerznegq w procesie brykietowania. Zeszyty naukowe AGH. Mechanika, tom 13, z.4, 1994, — PP. 555-563.
8. Барсуков, В. Г. Технологическое трение при экструзии композитов / В. Г. Барсуков, А. И. Свириденко. — Гродно: ГрГУ, 1998. — С. 272.
9. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г. М. Медведев. — М.: Колос, 1998. — С. 272.
10. Мачихин, Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — С. 216.
11. Горбатов, А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов [и др.]; под ред. А. В. Горбатова. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — С. 296.
12. Ковальская, Л. П. Технология пищевых производств / Л. П. Ковальская. — М.: Колос, 1999. — С. 752.
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. 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.
15. Мука и отруби. Метод определения влажности : ГОСТ 9404-88. — Введ. 01.01.90 (взамен ГОСТ 9404-60). — М. : Изд-во стандартов, 1988. — С. 5.

16. Мука пшеничная. Технические условия : СТБ 1666-2006. Введ. 01.12.06 (впервые на территории РБ). — Минск : Госстандарт, 2006. — С. 11.
17. 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.
18. 18. Изделия макаронные. Общие технические условия: СТБ 1963-2009. — Введ. 29.12.2009. — Минск: Гос. комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. — С. 30.
19. Дуктова, Н. А. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) — новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия НАН Беларуси. — 2015. — № 3. — С. 85–92.
20. Дуктова, Н. А. Белорусская *Triticum durum* — это реально! / Н. Дуктова, В. Павловский, В. Дуктов // Белорусское сельское хозяйство. — 2012. — № 10. — С. 35–38.

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, 220023, г. Минск, Беларусь).

E-mail: anechkatorgan@mail.ru.

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Кропис Диана Петровна, инженер кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: kropis.diana03@mail.ru

Information about the authors

Torgan Anna Borisovna, Ph.D. (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, Belarus),
E-mail: anechkatorgan@mail.ru.

Mazur Anatoly Makarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Animal Husbandry Technology and Mechanization and Agricultural Products Processing at the educational institution, Belarusian State Agrarian Technical University, (99, Nezavisimosty Ave., 220023, Minsk, Belarus).

E-mail: 6557206@mail.ru

Kropis Diana Petrovna, engineer of the department of technologies and mechanization of animal husbandry and processing of agricultural products of the educational institution “Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosty Ave., 220023, Minsk, Belarus).

E-mail: kropis.diana03@mail.ru

УДК 631.15:33

Поступила в редакцию 31.07.2025
Received 31.07.2025¹И. А. Оганезов, ¹Л. К. Ловкис, ¹Н. Г. Королевич, ²А. В. Буга¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь²Северо-Западный институт управления — филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНЯНОГО МАСЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИИ

Аннотация. Приведена информация о современном состоянии отрасли льноводства в Беларуси. Исследованы и проанализированы основные особенности развития белорусского и российского производства и переработки льна масличного в разрезе основных производителей за последние годы.

Ключевые слова: льносемена, сорта, технологии, качество, затраты, резервы, проекты, замещение, эффективность.

¹I. A. Oganezov, ¹L. K. Lovkis, ¹N. G. Karalevich, ²A. V. Buga¹Educational institution «Belarusian State Agrarian Technical University» Minsk, Republic of Belarus²North-Western Institute of Management of the Russian Presidential Academy of National Economy
and Public Administration, St. Petersburg, Russian Federation

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

Abstract. Information is provided on the current state of the flax growing industry in Belarus. The main features of the development of Belarusian and Russian production and processing of oil flax in terms of the main producers in recent years are studied and analyzed.

Keywords: flax, varieties, technologies, quality, costs, reserves, projects, substitution, efficiency.

Введение. Беларусь и Россия — исторически льносеющие страны. Белорусский лен хорошо известен в странах СНГ и зарубежья.

На сегодня известно более 100 видов льна. Наиболее широкое распространение получил лен обыкновенный. У него имеется 3 подгруппы, образцы которых имеют наибольшую популярность и востребованность:

- ♦ лен-долгунец;
- ♦ лен-кудряш (масличный);
- ♦ стелющийся лен

В семенах льна-кудряша содержится 35–42 % жира и до 23 % белка [5].

Ценнейшим продуктом, получаемым при переработке льносемян, является льняное масло.

Льняное масло — богатый источник жирных кислот. При оптимальном соотношении этих компонентов масло почти вдвое превосходит по питательному веществу рыбий жир.

Льняное масло является важной технической культурой, которая имеет для Республики Беларусь стратегическое значение. Продукты переработки масличного льна находят широкое применение в пищевой, текстильной, металлургической и лакокрасочной промышленности, медицине. Техническое льняное масло применяется для нужд деревообрабатывающей и лакокрасочной отраслей и входит в состав самых дорогих красок мировых производителей.

Масло, получаемое при переработке семян, богато кислотами и принадлежит к группе легковывсыхающих. Льняное масло имеет высокое йодное число — 170-200 [7].

При переработке семян льна масличного получают льняной жмых (65-70 кг из 100 кг семян), который содержит 30-32% белка, 3-5 % масла, значительное количество крахмала, и поэтому используется для кормления животных.

По своей питательности жмых принадлежит к лучшим концентрированным кормам, так как в 1 кг содержится 1,1-1,2 к. е., 280-285 г. переваримого протеина.

Для кормления животных используют полову, которая получается при обмолоте семян льна.

Цель исследования — анализ экономико-статистических материалов, как доказательной базы для разработки научно-обоснованных предложений по развитию отрасли.

Материалы и методы исследований. Теоретической основой исследований являются фундаментальные и прикладные научные труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам выращивания льна-кудряша, производства льняного масла и продуктов его переработки с высокой добавленной стоимостью.

Информационной базой исследования являются отраслевые справочно-нормативные материалы, положения и рекомендации специализированных научно — исследовательских учреждений, данные статистических органов и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

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

Результаты исследований. Результаты исследований в России подтвердили данные из научных источников, указывающие, что по биологической ценности белок семян льна масличного приближается к идеальному белку по рекомендациям ВОЗ (см табл. 1). В 100 г белка семян льна содержится 7,5-8,5 г лизина; 6,7-7,2 г метионина и цистина; 11,3-12,3 г. фенилаланина и тирозина; 3,5-6,1 г триптофана [4-5].

Таблица 1. Массовая доля аминокислот в семенах льна и различных жмыхах масличных культур, % на сухое вещество

Table 1. Mass fraction of amino acids in flax seeds and various oilseed cakes, % of dry matter

Показатель	Семена льна, сорт ЛМ 98	Жмых подсолнечника	Жмых соевый	Жмых льняной	Жмых рапсовый
Незаменимые аминокислоты					
Лизин	1,11	0,70	1,93	2,68	3,16
Метионин	0,47	0,76	0,83	0,90	1,19
Лейцин	1,25	1,65	2,47	2,30	2,51
Треонин	0,34	0,35	0,42	0,44	0,52
Валин	0,78	0,93	1,47	1,68	1,73
Изолейцин	0,70	1,09	1,48	1,22	1,43
Фенилаланин	0,96	1,28	2,01	1,76	2,36
Триптофан	0,77	0,71	0,99	0,58	1,09
Заменимые аминокислоты					
Цистин	0,38	0,58	0,81	1,10	1,37
Серин	1,01	1,12	1,94	1,64	1,82
Глицин	1,35	1,65	1,77	2,07	2,40
Гистидин	0,51	0,67	1,03	1,09	1,28
Аргинин	2,05	1,99	2,62	2,34	2,99
Аланин	0,55	0,69	1,05	1,10	1,40
Тирозин	0,47	0,49	1,04	0,80	0,89
Сумма аминокислот	12,70	14,66	21,86	21,70	26,14

Площади льна масличного в мире в 2024-м году выросли с 3,5 до 4 миллионов га из-за увеличения посевных площадей в России. В результате посева данной культуры у наших соседей стали занимать половину общемировых. Это стало реакцией производителей на действовавшие экспортные пошлины на подсолнечник, рапс, сою.

Причем мировой рынок масличного льна довольно ограничен в плане спроса, а столь сильный прирост предложения в РФ крайне избыточен. Цены на льняное масло и лен в мире уже упали ниже альтернатив в виде рапса и рапсового масла. Кроме того, в силу текущей

геополитической повестки спрос европейских импортеров на российские семена льна сильно сократился.

Как отметил исполнительный директор Масложирового союза России Михаил Мальцев, Россия стоит на первом месте в мире по экспорту льна масличного, на втором — по вывозу сырого льняного масла. По его словам, в ближайшем будущем РФ сможет в несколько раз нарастить объемы поставок льняного масла за рубеж, сократив вывоз маслосемян данной культуры.

За 2024-й год урожай масличного льна в России составил примерно 1,5 миллиона тонн — почти в два раза больше, чем в предыдущие годы. Причем производство масла и шрота семян увеличилось незначительно. Россия входит в топ-3 мировых экспортеров семян масличного льна, конкурируя с Канадой и Казахстаном. Экспорт семян масличного льна в сезоне 2023/24 увеличился на 73 % до рекордных 975 тысяч тонн, которые отгружались в 48 стран. Росту экспорта российского льняного масла должен способствовать запуск в ближайшем будущем двух заводов по переработке льна [8].

Крупнейший производитель льна масличного Канада в 2024 году потеряла ключевые рынки, такие как Китай и Европейский союз, только США остались крупным покупателем семян льна. Канада произвела около 474 тысяч тонн семян масличного льна в 2024 году, Россия увеличила свой урожай до 1,5 миллиона тонн, Казахстан собрал 800 тысяч тонн. Мировое производство льняного масла представлено на рис. 1.

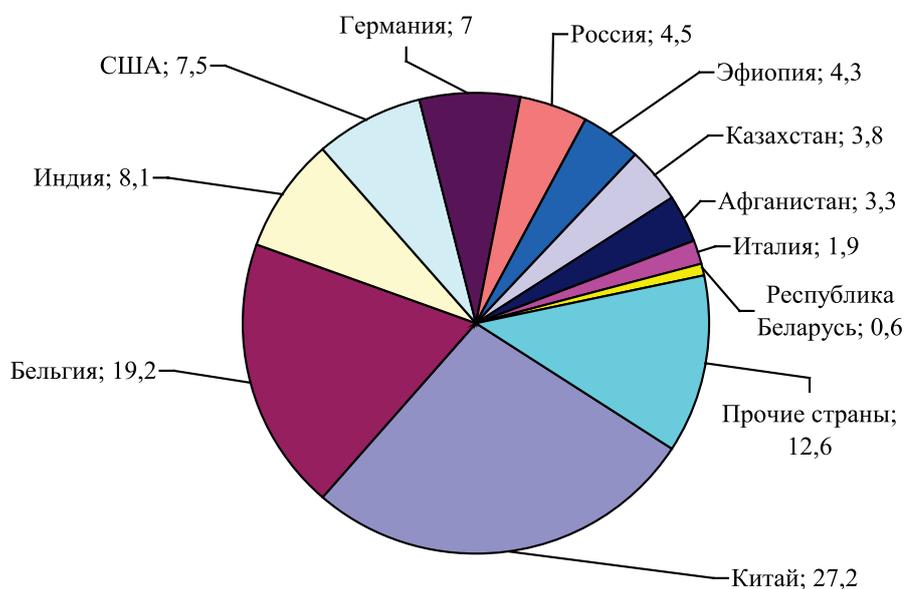


Рис. 1. Доля стран в мировом производстве льняного масла, %
Fig. 1. Share of countries in world production of linseed oil, %

Следует отметить, что страны, крупнейшие производители льна масличного, часто просто продают сырье другим государствам для переработки. С 2020 по 2024 год мировое производство семян масличного льна увеличилось в 1,5 раза и достигло 3,5 миллиона тонн. Из этого количества в 2023 году произведено около 824 тысячи тонн масла. Сокращение производства в 2020–2022 гг. было связано с последствиями COVID-19, вызвавшими остановку выпуска товаров льняного масла (лакокрасочная, мыловаренная, электротехническая промышленность, пищевая индустрия) и, как следствие, сокращение производства льняного масла в целом. Кроме того, есть и другие причины, такие как существенные потери урожайности семян льна в Казахстане, Канаде и США, что компенсируется ростом посевных площадей.

Ожидается, что в ближайшие годы рынок льняного масла в мире стабилизируется на уровне 800 тысяч тонн за счет восстановления спроса со стороны ключевых отраслей потребления, а также ключевых стран-потребителей, преимущественно Китая.

Основные производители льняного масла в 2024-м году: Бельгия (152), Германия (55); Китай (215), Индия (64) и США (59). Производство льняного масла в России достигло 35 тысяч тонн. Суммарная доля пяти крупнейших производителей — 69 % процентов мирового производства [16].

В Республике Беларусь за 2024 год собрано 2300 тонн семян льна и получено 600 тонн льняного масла.

Импорт льняного масла демонстрировал в целом стабильную динамику, достигнув пикового значения 211 тысяч тонн в 2022 году. Однако в стоимостном выражении исторический максимум пришелся на 2023-й год — 324 миллиона долларов, плюс 28 % к предыдущему году. Крупнейшими странами-импортерами в натуральном выражении с объемами свыше 10 тысяч тонн по итогам 2022 года стали Китай, Германия, Нидерланды, Норвегия и Бельгия, совокупно закупившие 61 % всего объема.

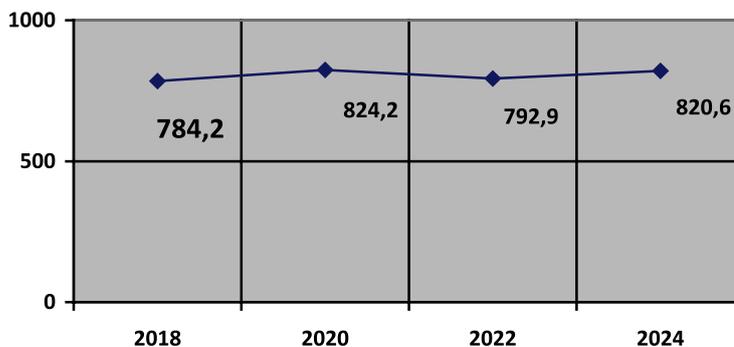


Рис. 2. Мировое производство льняного масла, тыс. тонн
 Fig. 2. World production of linseed oil, thousand tons

В 2024 году мировой экспорт составил 313 миллионов долларов, что на 70 миллионов долларов больше, чем в предыдущем году. В натуральном выражении экспорт сократился до 192 тысяч тонн, менее 4 % по отношению к 2023 году. Структура экспорта по странам характеризуется более выраженной концентрацией по сравнению с импортом. По итогам 2024 года выделяются четыре ведущих экспортера: Бельгия, Россия, Казахстан и Германия с объемами поставок свыше 10 тысяч тонн. На них пришлось 80 % мирового экспорта в натуральном выражении и 72 % в стоимостном.

Средняя цена экспорта масла в 2024-м году составила 1631 доллар за тонну, увеличившись относительно уровня предыдущего года на 34 %.

За анализируемый период (с 2019 по 2024 гг.) площади посевов масличного льна в Республике Беларусь составляли не более 2,5 тыс. га и были сконцентрированы в Минской, Гродненской и Витебской областях, что составляло около 5,5 % от общей площади.

Производство льняного масла освоили 10 белорусских льнозаводов. Льняное пищевое масло производят три предприятия: ООО «Клуб Фарм-Эко» (д. Ровины, Дрогичинский район), производственный участок «Лида» (ОАО «Кореличи-Лен») и ОАО «Воложинский льнокомбинат». Техническое льняное масло производится в ОАО «Кореличи-Лен», ОАО «Дубровенский льнозавод», ОАО «Ляховичский льнозавод», ОАО «Поставский льнозавод», ОАО «Шкловский льнозавод» и др. Оно востребовано в нефтехимической промышленности. До 90 % данного вида продукции льнозаводы намерены поставлять на экспорт, а побочный продукт, такой как льняной жмых, будет реализовываться сельскохозяйственным организациям на корм животным [16].

Однако льняное масло — редкий гость на прилавках наших магазинов. Эксперты предполагают, что в год на одного белоруса приходится 40 граммов льняного масла с учетом импортного, всего одна ложка. На самом деле это цифра меньше, считает директор ОАО «Кореличи-Лен» Федор Жук. По его словам, за год предприятие на участке «Лида» производит 140 тонн льняного масла, из которых только примерно 7 тонн фасуется в мелкую упаковку для реализации на пищевые цели. Отсутствует спрос. Остальная полученная продукция отправляется на технические цели.

В то же время магазины заполнены импортным оливковым маслом. Отдавая должное этому продукту, следует заметить, что в нем из полиненасыщенных жирных кислот преобладает омега-9, а вот омега-6 мало, омега-3 совсем нет. В то же время в льняном масле их достаточно, а особо ценной омега-3 — 44 % (больше, чем в любом другом). Не случайно специалисты-диетологи ставят льняное масло на первое место в мире по его полезности для человека. Почему же не наполняется отечественный рынок таким ценным отечественным продуктом, не прививается культура его потребления?

По оценкам специалистов, в год одному белорусу желательно потреблять в среднем 2 литра льняного масла, что в 100 раз больше, чем теперь.

Министерством сельского хозяйства и продовольствия разработаны мероприятия по реализации программы производства льна масличного и его продукции в Республике Беларусь на 2020–2025 годы, которыми предусматривалось доведение посевных площадей этой культуры до 4 тысяч гектаров, получение 6 тысяч тонн маслосемян и 2,4 тысячи тонн масла. Однако такие рубежи оказались не под силу. Причем переработчики утверждают: если бы программу выполнили и за год выпустили 2,4 тысячи тонн масла, то это бы подорвало экономику заводов, большая часть продукции просто осталась бы на складах.

Под такие объемы пока нет внутреннего спроса, а на мировой рынок выйти непросто — там крупные производители с низкой себестоимостью.

В нашей стране льняное масло пока не стало таким же массово потребляемым продуктом, как оливковое в Италии. Его мало покупают, потому что не знают о полезных свойствах. Вот почему следует подключать органы здравоохранения, просвещения, СМИ с информацией о полезности льняного масла. Да и сами производители могли бы рекламировать свою продукцию. От этого выиграют не только потребители. С увеличением производства отечественного продукта уменьшится ввоз оливкового масла, импортозамещение принесет экономию валюты, возрастут мощности наших перерабатывающих предприятий. Это дополнительные рабочие места, увеличение зарплаты и поступлений в бюджет.

Россия является одним из мировых лидеров по площадям, занятым масличным льном и являясь крупнейшим поставщиком семени льна на мировой рынок. При этом в 2021–2024 годах валовые сборы семян льна в России увеличились в 3,2 раза, экспорт данной продукции в денежном выражении — в 3,8 раза.

Согласно статистическим данным, посевная площадь под масличный лен в России в 2024 г. расширилась на 18,4% (на 259,6 тыс. га), что составило 1,67 млн. га, а урожайность данной культуры — 8,08 ц/га. Лидерами по сбору масличного льна в 2024 г. стали Алтайский край, Омская, Курганская, Ростовская и Челябинская области Российской Федерации, на долю которых суммарно пришлось 47,5% .

Таблица 2. Динамика основных показателей производства масличного льна в Российской Федерации

Table 2. Dynamics of the main indicators of oil flax production in Russian Federation

Показатели	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024 в %
Валовой сбор, млн. т	0,651	0,787	1,3	1,73	1,1567	1,35	207,37
Посевная площадь, млн. га	0,815	1	1,56	2,1	1,4104	1,67	204,91
Урожайность, ц/га	7,99	7,87	8,33	8,24	8,20	8,08	101,13

Изменение урожайности масличного льна в РФ с 2019 по 2024 показано на рис.3.

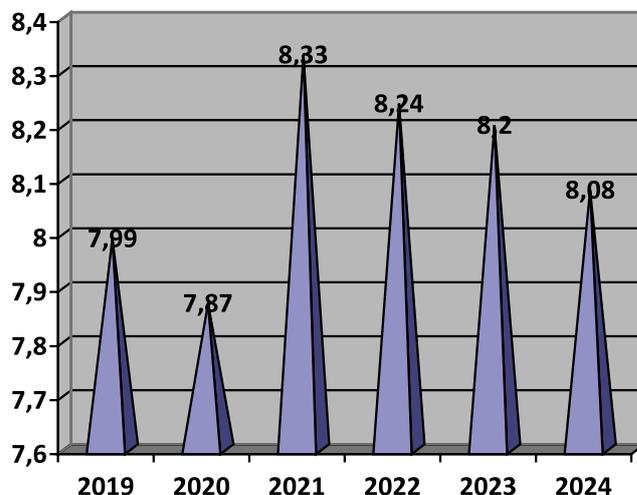


Рис. 3. Изменение урожайности масличного льна в Российской Федерации с 2019 по 2024 гг., ц/га

Fig. 3. Changes in the yield of oilseed flax in the Russian Federation from 2019 to 2024

Почти половина экспортируемых семян льна из Российской Федерации уходит в Китай. В 2024 году экспорт семян льна в КНР превысил полмиллиона тонн, а в 2023 и вовсе составил 889 тысяч тонн. По итогам 2024 года в КНР было поставлено 644 тысячи тонн масличного льна, а уже за 3 месяца текущего года, по данным федерального центра «Агроэкспорт», вывоз семян льна в КНР показал рост на 33 % в натуральном выражении, достигнув 236 тысяч тонн, и 41 % в стоимостном выражении.

На втором месте, традиционно, находится Бельгия. Поставки в страну достигли максимума в 328 тысяч тонн в 2022 году и с тех пор снизились к 275 тысяч тонн по итогам прошлого года. За три месяца текущего года вывоз в эту европейскую страну составил 32,4 тысяч тонн.

На третьем месте находится Польша, экспорт семян льна в которую по итогам 2023 года превысил 78 тысяч тонн. В 2024 году польские производители экспортировали 70,7 тысяч тонн, а за первые три месяца текущего года — 5,68 тысяч тонн.

Республика Беларусь, находящаяся на четвертом месте рейтинга, серьезно нарастила поставки семян льна из России с 1,1 тысяч тонн в 2023 году к 37,5 тысяч тонн и 45,7 тысяч тонн по итогам 2024 года. За январь-март текущего года поставки составили 13,6 тысяч тонн.

Топ-5 стран импортеров замыкает Казахстан, экспорт в республику по итогам 2024 года составил 20,3 тысяч тонн, а в 2023 году превысил 39,7 тысяч тонн. За прошлый год страна закупила в России 28,2 тысячи тонн семян льна, а за три месяца 2025 года — этот показатель превысили на 12,2 тысяч тонн.

Всего по итогам прошлого года Россия поставляла семена льна в 37 стран объемом в 1 млн 114 тыс. тонн. За первые три месяца этого года было экспортировано 322 тысяч тонн семян масличных.

Специализированные проекты в области переработки льна в России представлены пока одной крупной компанией «Астон», которая планирует к запуску в конце лета 2025 года крупный маслоэкстракционный завод. Его мощность составит 148,5 тыс. тонн сырья в год, объем производства — 53,5 тысяч тонн льняного масла и 90 тысяч тонн жмыха.

Также, летом текущего года в промышленно-логистическом парке «Южный» Новосибирской области планируется ввести в эксплуатацию первую очередь завода по переработке льна и рапса компании ООО «Маслов» (РФ). Компания планировала реализовать проект в два этапа: запуск первой очереди позволит предприятию перерабатывать до 150 тыс. тонн сырья в год; вторая очередь увеличит мощность до 450 тыс. тонн в год. На полную проектную мощность завод планирует выйти в 2026 году.

Альтернативные мощности позволяют осуществлять переработку льна на предприятиях, изначально предназначенных для обработки рапса. Однако текущие объемы такой переработки остаются низкими.

Заключение. Льняное масло — ценный продуктом с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, делающим его востребованным как в пищевой промышленности (диетическое питание, функциональные продукты), фармацевтике и косметологии (БАДы, кремы, лечебные препараты), так и в технических целях (лаки, олифа, биоразлагаемые полимеры). Жмых и шрот льняной пользуются спросом в кормопроизводстве как высокобелковый и органический компонент, не подверженный генной модификации.

Внутренне потребление льняного масла населением остается низким из-за незнания его полезных свойств и незначительного участия структур здравоохранения, образования, СМИ, производителей продукции в пропаганде полезности льняного масла и достижения уровня массово потребляемого продукта.

Необходимо повысить стратегическое значение льна, как нереализованного сырьевого резерва масложировой отрасли: повысить производство семян льна, увеличить его переработку внутри страны и экспортировать уже продукцию с добавленной стоимостью (масло, жмых, шрот).

Программа Союзного государства «Инновационное развитие льняных комплексов Российской Федерации и Республики Беларусь» («Лен») имеет хорошие перспективы для развития производства льна и его производных. Ее совместная реализация может позволить модернизировать белорусские льнозаводы новыми российскими льноперерабатывающими линиями, а также освоить льноводами Республики Беларусь и Российской Федерации значительную нишу емкости мирового рынка льна.

Список использованных источников

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы (Электронный ресурс): постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>. (дата обращения: 10.04.2025). URL: Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. буклет / редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. — Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — 2024. — С. 36.
2. Льноводам надо активизироваться, чтобы ежегодно получать 180 тысяч тонн тресты [Электронный ресурс] / Беларусь сегодня — Минск, 2025 — URL: <https://www.sb.by/articles/zador-sozdaet-potentsial.html> <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>. (дата обращения: 10.04.2025).
3. Першаков, А. Ю. Лен масличный в восточных регионах страны (аналитический обзор) / А. Ю. Першаков, Р. И. Белкина, С. А. Хаустова // Агропродовольственная политика России. — 2020. — № 6. — С. 11-15.
4. Порсев, И. Н. Перспективные сорта льна-долгунца и льна масличного в ресурсосберегающих технологиях Южного Зауралья / И. Н. Порсев, Г. Г. Карпов, К. С. Саломатина // Главный агроном. — 2021. — № 7. — С.45-48.
5. Улучшить финансовое положение льнозаводов можно разными путями. Какой лучше? [Электронный ресурс] / Беларусь сегодня — Минск, 2025 — URL: <https://www.sb.by/articles/eksportnaya-tsena-dlya-vnutrennego-gynka.html>. (дата обращения: 10.04.2025).
6. Урожай льна в этом году прогнозируется на 20 процентов выше прошлогоднего [Электронный ресурс] / Беларусь сегодня — Минск, 2025. — URL: <https://www.sb.by/articles/nauka-predpolagaet-praktika-podtverzhdaet.htm>. (дата обращения: 10.04.2025).
7. Льняное vs оливковое: определяем победителя масляного баттла [Электронный ресурс] / Витебские вести — Витебск, 2025. — URL: <https://vitvesti.by/index.php/zdorovie/lnianoe-vs-olivkovoe-opredeliaem-pobeditelia-aslianogo-battla.html>. (дата обращения: 10.04.2025).
8. Полезные свойства льняного масла Высокое содержание Омега-3, Омега-6, Омега-9 [Электронный ресурс] — Минск, 2025. — URL: <https://vkusvill.ru/media/journal/lnyanoe-maslo-polza-vred-i-vkusnyetseptu.html>. (дата обращения: 10.04.2025).
9. Механико-технологические основы совершенствования послеуборочной обработки льновороха на семена / В. А. Шаршунов [и др.] — Горки: БГСХА, 2012. — С. 332.
10. Лен-даўгунец : Падручнік для падрыхтоўкі майстроў сельскай гаспадаркі 2 разрады / Пад агульн. рэд. А. І. Афоніна. — Мінск. — Дзярж. Выд. БССР : рэдакцыя сель. гасп.-ай літаратуры, 1955. — С. 222.
11. Кононович, Е. Поднять лен — дело чести и совести / Е. Кононович // Советская Белоруссия. — 2018. — № 232 (25619). — С. 2-3. 5. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2020-2025 годы, утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2020 года № 196 с изм. и доп.
12. Отраслевой регламент. Возделывание льна. Типовые технологические процессы. — Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. — С. 44.
13. Шаршунов, В. А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. — Вестник БГСХА. — 2022. — №2. — С. 137-141.
14. Шаршунов, В. А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. — Вестник БГСХА. — 2022. — №4. — С.14.
15. В Ляховичах модернизировали льнозавод — рассказываем, что изменилось [Электронный ресурс] / СТВ — Минск, 2025 — URL: <https://ctv.by/news/obshestvo/v-lyahovichah-modernizirovalilnozavod-rasskazyvaemchtoizmenilos>. (дата обращения: 10.04.2025).
16. Масло льняное техническое [Электронный ресурс] / belarusinfo. — Режим Минск, 2025 <https://www.belarusinfo.by/ru/poisk.html>-доступа: (дата обращения: 10.04.2025).
17. Современные льноуборочные машины — залог эффективной уборки (Электронный ресурс) / ГлавПхарь — Минск, 2025. — URL:<https://glavpahar.ru/articles/sovremennye-lnouborochnye-mashiny-zalog-effektivnoy-ubor>. (дата обращения: 10.04.2025).
18. Сбор масличного льна в России в 2024 году вырос на 16,8% [Электронный ресурс] / Экспертно-аналитический центр агробизнеса — URL: <https://www.google.com> (дата обращения: 10.04.2025).
19. Импорт семян льна масличного в Китай: комплексный анализ (объем, стоимость поставок, цены, ввоз по странам) [Электронный ресурс] / Экспертно-аналитический центр агробизнеса — URL: <https://ab-centre.ru/news/import-semyan-lna-maslichnogo-v-kitay-kompleksnyy-analiz-obem-stoimost-postavok-ceny-vvoz-po-stranam>. (дата обращения: 10.04.2025).

20. Программа Союзного государства «Лен» поможет Беларуси и России занять хорошие позиции на емком рынке льна [Электронный ресурс] Vitbichi.by — Витебск, 2025. — URL: <https://www.vitbichi.by/news/ekonomika/programma-soyuznogo-gosudarstva-len-pomozhet-belarus-i-rossi-zanyat-khoroshie-pozitsii-na-embkom-rynke>. (дата обращения: 11.04.2025).

Информация об авторах

Оганезов Игорь Азизович, кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», (пр. Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: iaoganezov.eop@gmail.com

Ловкис Лилия Константиновна, старший преподаватель кафедры экономики и организации предприятий АПК учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: LovkisLiliya@mail.ru

Королевич Наталья Генриховна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и организации предприятий АПК Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: eiop1@mail.ru

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

E-mail: ale-buga@yandex.ru

Information about the authors

Oganezov Igor Azizovich, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Department of Economics and Organization of Agricultural Enterprises, Educational Institution, Educational Institution «Belarusian State Agrarian Technical University», (99, Nezavisimosti ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus)

E-mail: iaoganezov.eop@gmail.com

Lovkis Lilia Konstantinovna, Senior Lecturer Department of Economics and Organization of Agricultural Enterprises educational institution “Belarusian state agricultural Technical University” (99, Nezavisimosti Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: LovkisLiliya@mail.ru

Korolevich Natalia Genrikhovna, Ph.D. (Economic), Associate Professor, Head of the Department of Economics and Organization of Agricultural Enterprises of the Educational Institution “Belarusian State Agrarian Technical University” (99, Nezavisimosti Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: eiop1@mail.ru

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

E-mail: ale-buga@yandex.ru

УДК 665.345.4: 665.256.15

Поступила в редакцию 01.07.2025
Received 01.07.2025**А. А. Сосновская, И. П. Едимечева, Г. А. Ксендзова***Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», Минск, Республика Беларусь*

ПРИРОДНЫЕ ФЕНОЛЬНЫЕ АНТИОКСИДАНТЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЬНЯНОГО МАСЛА ОТ ОКИСЛЕНИЯ

Аннотация. Целью данной работы было выявление эффективных природных антиоксидантов (АО) для стабилизации льняного масла (МЛ), которое отличается высоким содержанием α -линоленовой кислоты (омега-3 жирной кислоты). В условиях ускоренного окисления при 100 °С определены значения периода индукции и эффективности ингибирования окисления МЛ (фактора стабилизации F) в присутствии добавок 0,02 масс. % 26 природных фенольных соединений, а также для сравнения и некоторых известных синтетических АО. Выявлены наиболее эффективные АО: галловая и кофейная кислоты, фраксетин, госсипол ($F = 1,97-2,58$). АО-активность фраксетина, галловой и кофейной кислот статистически значимо не отличается от синтетических АО пропилгаллата и аскорбилпальмитата и существенно превышает АО-активность бутилированного гидрокситолуола. Вторая группа природных АО, включающая синаповую кислоту, эскулетин и кверцетин, проявила в МЛ меньшую эффективность ($F = 1,40-1,52$). Другие гидроксилированные производные бензойной и коричной кислот, а также кумарин, дикумарол, куркумин и ресвератрол показали в МЛ низкую АО-активность либо ее отсутствие. Показано, что использование композиций аскорбилпальмитата и природных фенольных АО, таких как галловая и кофейная кислоты, фраксетин, позволяет эффективно ингибировать окисление МЛ, существенно повышая фактор стабилизации (до 3,77–4,18).

Ключевые слова: масло льняное, окислительная устойчивость, фактор стабилизации, антиоксиданты, дифенолы, фенольные кислоты, кумарины.

A. A. Sosnovskaya, I. P. Edimecheva, G. A. Ksendzova*Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University, Minsk, Belarus*

NATURAL PHENOLIC ANTIOXIDANTS TO PROTECT FLAXSEED OIL FROM OXIDATION

Abstract. The aim of this work was to identify effective natural antioxidants (AO) for stabilizing flaxseed oil (FO), which is characterized by a high content of α -linolenic acid (omega-3 fatty acid). Under conditions of accelerated oxidation at 100 °C, the values of the induction period and the efficiency of FO oxidation inhibition (stabilization factor F) were determined in the presence of additives of 0.02 wt. % of 26 natural phenolic compounds, as well as some known synthetic AO for comparison. The most effective AO were identified: gallic and caffeic acids, fraxetin, gossypol ($F = 1.97-2.58$). The AO activity of fraxetine, gallic and caffeic acids does not statistically significantly differ from the synthetic AO propyl gallate and ascorbyl palmitate and significantly exceeds the AO activity of butylated hydroxytoluene. The second group of natural AO, including sinapic acid, esculetin, and quercetin, showed lower efficiency in FO ($F = 1.40-1.52$). Other hydroxylated derivatives of benzoic and cinnamic acids, as well as coumarin, dicoumarol, curcumin and resveratrol showed low or no AO activity in FO. It was shown that the use of compositions of ascorbyl palmitate and natural phenolic AO, such as gallic acid, caffeic acid and fraxetine, allows to effectively inhibit FO oxidation, significantly increasing the stabilization factor (up to 3.77–4.18).

Keywords: flaxseed oil, oxidative stability, stabilization factor, antioxidants, diphenols, phenolic acids, coumarins.

Введение. Льняное масло (МЛ) является наиболее распространенным растительным источником α -линоленовой кислоты (АЛК), относящейся к семейству омега-3 полиненасыщенных

жирных кислот (ПНЖК). Доля АЛК составляет до 49–66% от общего содержания жирных кислот МЛ, что делает его ценным продуктом для профилактики и лечения сердечно-сосудистых, онкологических и ряда других заболеваний [1]. Однако наличие трех двойных связей в структуре АЛК обуславливает высокую подверженность МЛ окислению с образованием пероксидных радикалов и вторичных продуктов окисления, которые могут вызывать необратимые повреждения в реакциях с биологическими важными молекулами, такими как ДНК, белки или липиды [2]. Окисление масел изменяет их органолептические свойства и снижает срок годности продуктов, что приводит к потере пищевой ценности, а также к изменению цвета, текстуры, сенсорных и других физиологических свойств.

Наиболее эффективным подходом для защиты жиросодержащих продуктов от окислительного старения и увеличения сроков их хранения является использование антиоксидантов (АО). Как правило, в качестве таковых используют фенольные соединения, способные взаимодействовать со свободными радикалами, образующимися при окислении [3]. Синтетические АО, такие как третбутилгидрохинон (ТБГХ), бутилированный гидрокситолуол (БОТ), бутилированный гидроксианизол (БГА) и пропилгаллат (ПГ), широко используются в пищевой промышленности, так как они достаточно эффективны и более доступны, чем натуральные АО. Однако их безопасность подвергается сомнению из-за возможных долгосрочных токсических эффектов [4]. Например, синтетический антиоксидант ТБГХ в течение ряда лет считался самым эффективным в мире, но сейчас он запрещен во многих развитых странах, включая Канаду, Японию и Европу [5]. Из-за этих проблем безопасности наблюдается растущая тенденция заменять синтетические АО натуральными, которые являются более безопасными, не проявляющими отрицательного воздействия на организм даже при длительном применении [6, 7]. Природные АО не только стабилизируют пищевые масла, но и повышают их нутрицевтическую ценность. Поэтому выявление эффективных и безопасных природных АО для использования вместо синтетических стало все более актуальной проблемой в настоящее время. При этом эффективность природных АО значительно варьируется в зависимости от типа продуктов, их АО-эффекты в различных пищевых системах часто трудно предсказать. Также существует проблема, что в настоящее время на рынке доступно лишь несколько натуральных АО. К ним относятся экстракт розмарина, смесь токоферолов, экстракт шалфея и катехины зеленого чая [7].

В последние годы фенольные соединения растительного происхождения привлекли значительное внимание из-за их полезных функциональных и питательных эффектов, включая антиоксидантную и антимикробную активности [8]. Полифенолы широко распространены в пищевых продуктах и лекарственных растениях и включают фенольные кислоты, флавоноиды, лигнаны и стильбены. Среди примечательных биологических свойств фенольных соединений широко изучена АО-активность, включая нейтрализацию свободных радикалов, ингибирование окисления липидов, снижение образования гидропероксидов и т. д. [8, 9]. Фенольные кислоты, в частности, представляют собой важную группу мощных природных соединений, которые, обладая значительной растворимостью в липидах и воде, могут ингибировать окисление при добавлении в качестве функциональных ингредиентов в модельные эмульсионные системы [10, 11]. Среди природных фенольных соединений, демонстрирующих защитный и лечебный потенциал при различных заболеваниях с минимальными побочными эффектами, кумарины произвели революцию в области исследований с их потенциалом предотвращать и лечить ряд заболеваний [12]. В частности, эскулетин продемонстрировал защитный эффект при различных неинфекционных заболеваниях, включая онкологические и сердечно-сосудистые [13]. Сообщалось также об АО-свойствах кумаринов в подсолнечном масле [14].

Многочисленные исследования были проведены для изучения эффективности различных АО в ингибировании окислительных процессов в МЛ. С этой целью использовали синтетические и натуральные АО, а также и их композиции [15–17], экстракты розмарина [18], стручкового перца [19], шалфея, тимьяна, шиповника, тмина, имбиря, куркумы, гвоздики [20] и целый ряд других растительных экстрактов. Литературные данные показывают, что известные природные и синтетические АО не всегда оказываются эффективными ингибиторами процессов окисления липидов МЛ. Например, синтетические АО БОТ и БОА, а также токоферолы и большинство изученных растительных экстрактов, включая экстракт розмарина, проявили довольно низкую ингибирующую активность при окислении МЛ [15, 17, 18, 20]. Поэтому актуальным остается поиск эффективных и безопасных АО и стабилизирующих композиций, которые позволили бы существенно повысить устойчивость к окислению и продлить сроки хранения МЛ и содержащих его продуктов.

Целью данного исследования было выявление эффективных природных АО среди производных фенольных кислот, кумаринов и ряда других фенольных соединений для защиты от окисления МЛ, оценка влияния структуры тестируемых веществ на АО-активность в высокополиненасыщенном масле в условиях его ускоренного окисления при 100 °С.

Материалы и методы исследований. МЛ для исследований получали от компании ООО «Клуб «Фарм-Эко» (Республика Беларусь). Масло было получено путем холодного отжима из сухих очищенных семян льна масличного на шнековом прессе (температура масла на выходе из пресса не превышала 40 °С) с последующим отстаиванием в течение суток. Пробы масла до начала исследований хранились в темных герметически закрытых стеклянных бутылках при температуре 4–10 °С.

В работе использовали синтетические АО: 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол (БОТ, I), *трет*-бутилгидрохинон (ТБГХ, II), *n*-пропил-3,4,5-тригидроксibenзоат (пропилгаллат, ПГ, III) от Sigma–Aldrich, 6-О-пальмитоил-L-аскорбиновая кислота (АП, IV), пирокатехин (V) и гидрохинон (VI) от Sigma; фенольные кислоты, альдегиды и спирты (VII–XXIII), кумарины (XXIV–XXVIII), фенольные АО куркумин, эллаговая кислота, ресвератрол, госсипол и катехин (XXIX–XXXIII) от Sigma–Aldrich. Аналитические стандарты были: смесь метиловых эфиров жирных кислот (RM-2) (C16–C18) от Supelco, метилгептадеканат, 5- α -холестан, коэнзимы Q₉ и Q₁₀, наборы каротиноидов и фитостеролов от Sigma–Aldrich; смесь токоферолов (α -, β -, γ -, δ -токоферолы) от Calbiochem (Merck). Для очистки МЛ от минорных компонентов использовали силикагель (размер частиц: 100–200 меш), активированный уголь от Sigma–Aldrich. Все реагенты, используемые для анализа растительных масел, были аналитической степени чистоты (> 95 %) и использовались без дополнительной очистки. Растворители для ВЭЖХ были хроматографической чистоты от Sigma–Aldrich.

Триацилглицериды льняного масла (ТГЛ) были получены путем очистки масла от про-антиоксидантов, пероксидов, следов металлов и других полярных компонентов с помощью упрощенного метода (с использованием материала неподвижной фазы), описанного в [21]. Масло (60 г), смешанное с гексаном (60 мл), перемешивалось с силикагелем (90 г) и активированным углем (45 г) в течение 1 ч дважды в атмосфере азота. Эту операцию проводили в вытяжном шкафу при комнатной температуре, после чего проводили фильтрацию с отсасыванием. Кроме того, для промывки материала во время фильтрации использовали 200 мл гексана. Растворитель удаляли с помощью роторного испарителя при 40 °С, после чего проводили продувку азотом; очищенное масло затем хранили при -20 °С перед использованием.

1 %-ные растворы фенольных кислот и их производных, а также других фенольных соединений в МЛ готовили растворением исследуемых соединений при интенсивном перемешивании до получения прозрачных растворов. В ряде случаев использовали нагревание до 40 °С или 105 °С (для АП) в атмосфере азота. Некоторые соединения растворяли под воздействием ультразвука в течение 3 мин на установке BANDEIN SONOREX RK-52. Полученные растворы добавляли к МЛ в количествах, необходимых для получения требуемой концентрации в масле.

Оценку окислительной устойчивости МЛ и эффективности АО в масле проводили стандартным методом ускоренного окисления [22] с использованием прибора 892 Professional Rancimat. Устойчивость масел к окислению может быть выражена как индукционный период (ИП) или индекс окислительной стабильности — время, необходимое для достижения критической точки окисления, соответствующей резкому ускорению этого процесса. Окисление масла проводили при температуре 100 °С и продувке воздуха со скоростью 20 л/ч, масса пробы масла составляла 3 г. Регистрацию индукционного времени выполняли в автоматическом режиме с помощью программы StabNet 1.0. Математически это максимум второй производной проводимости воды в измерительной ячейке прибора по отношению к измеренному периоду времени. Для каждого образца определяли время индукции не менее 3 раз, полученные результаты усредняли. Эффективность стабилизации (фактор стабилизации F) оценивали отношением периодов индукции окисления МЛ в присутствии стабилизирующих добавок (ИП_{доб}) и в контрольной пробе (без добавок) (ИП₀): $F = \text{ИП}_{\text{доб}} / \text{ИП}_0$.

Пероксидное, кислотное, анизидиновое и иодное числа (ПЧ, КЧ, АЧ, ИЧ) в пробах определяли в соответствии со стандартными методами [23–26].

Для определения жирнокислотного состава глицеридов МЛ проводили их переэтерификацию по стандартному методу [27] с последующим хроматографическим анализом полученных метиловых эфиров на газовом хроматографе «Shimadzu» GC-2010 согласно [17]. Содержание жирных кислот (ЖК) рассчитывали методом внутреннего стандарта, используя метилгептадеканат в качестве стандарта.

Содержание индивидуальных фитостеролов в пробах определяли методом ГЖХ, токоферолов, каротиноидов и коэнзимов Q — методами ВЭЖХ, как описано в [17].

Статистическую обработку данных проводили, используя программное обеспечение Statistica v.12. Все измерения были выполнены в трехкратной повторности, результаты представлены как среднее арифметическое ± стандартное отклонение (SD). Результаты были подвергнуты однофакторному дисперсионному анализу (ANOVA). Для определения значимых различий и гомогенности сравниваемых групп использовался тест Фишера (LSD-тест). Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Экспериментальные данные по составу композиции ЖК, содержанию минорных компонентов, а также значениям основных показателей качества использованного для исследований МЛ приведены ниже в табл. 1. Низкие величины пероксидного, кислотного и анизидинового чисел, характеризующих степень окислительного загрязнения растительных масел (содержание гидропероксидов, свободных жирных кислот и общее содержание вторичных карбонильных продуктов окисления, соответственно), свидетельствуют о высоком качестве тестируемого образца МЛ. Согласно экспериментальным данным, МЛ содержит большое количество ПНЖК, из которых на долю омега-3 АЛК приходится $(57,38 \pm 2,68) \%$. Масло содержит комплекс минорных компонентов — токоферолов, каротиноидов, коэнзимов Q, фитостеролов, фосфолипидов и ряд других соединений, в значительной степени обеспечивающих естественную АО-защиту масла. Среди эндогенных АО льняного масла основными являются токоферолы, из которых на долю γ -токоферола в тестируемом образце приходится 96,3 масс. %. Лютеин является основным каротиноидом в МЛ, составляя 72,4% от общего содержания каротиноидов, при этом на бета-каротин приходится 11,1%. Основными видами стеролов, обнаруженными в исследованном образце МЛ, были β -ситостерол, кампестерол и циклоартенол. Содержание фосфолипидов (ФЛ) в льняном масле составляет от 2 до 3% от общего содержания липидов по данным Herchi et al. [28]. Необходимо принят во внимание возможность взаимодействия различных АО в процессе окисления. Присутствие эндогенных минорных компонентов нужно учитывать при подборе АО, обеспечивающих эффективную стабилизацию растительных масел.

Таблица 1. Характеристики изученного льняного масла
Table 1. Characteristics of the studied flaxseed oil

Характеристика	Значение	Характеристика	Значение
Жирные кислоты (г/100 г):		Токоферолы (мг/100 г):	
С14:0 миристиновая	НД	γ	56.14 ± 2.53
С 16:0 пальмитиновая	5.44 ± 0.19	α	1.15 ± 0.03
С16:1 (n-7) пальмитолеиновая	НД	δ	0.98 ± 0.04
С 18:0 стеариновая	4.62 ± 0.20	сумма	58.27 ± 2.65
С 18:1 (n-9) олеиновая	16.13 ± 0.74	Фитостеролы (мг/100 г):	
С 18:2 (n-6) линолевая	15.81 ± 0.70	β -ситостерол	$178,54 \pm 6,24$
С 18:3 (n-3) α -линоленовая	57.38 ± 2.68	кампестерол	$120,77 \pm 4,86$
другие	0.62 ± 0.04	циклоартенол	$181,89 \pm 6,80$
ПНЖК, сумма	73.19 ± 4.76	другие	$79,82 \pm 2,85$
		сумма	$561,02 \pm 20,15$
ПЧ (мг-экв O ₂ /кг)	1.12 ± 0.07	Каротиноиды (мг/100 г):	
КЧ (мг КОН/г)	$0.82 \pm 0,03$	β -каротин	$0,35 \pm 0.02$
p-АЧ	$0.49 \pm 0,02$	лютеин	$2,28 \pm 0.12$
		другие	$0,52 \pm 0.03$
		сумма	$3,15 \pm 0.16$
ИЧ (г I ₂ /100 г)	186.2 ± 9.4	Коэнзимы (мг/100 г):	
		Q ₁₀	3.62 ± 0.32
		Q ₉	1.74 ± 0.12

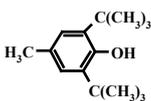
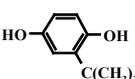
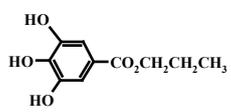
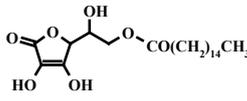
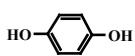
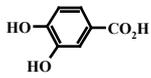
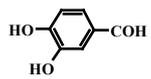
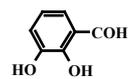
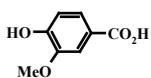
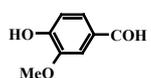
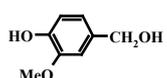
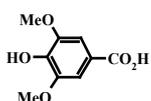
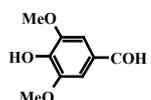
Сокращения: НД = не обнаружено, величина \leq LOQ (предел количественного обнаружения). Результаты выражены как среднее \pm SD (n = 3).

В условиях ускоренного окисления при температуре 100 °С проведен скрининг АО-активности природных фенольных кислот и их производных, кумаринов и ряда других фенольных соединений в МЛ, для чего определены значения периодов индукции и эффективности ингибирования окисления МЛ в присутствии добавок тестируемых природных фенольных АО, а также для сравнения и некоторых известных синтетических АО — БОТ, ПГ, ТБГХ,

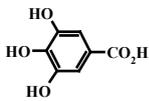
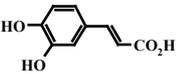
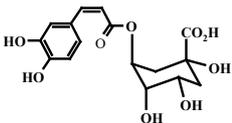
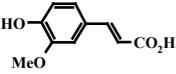
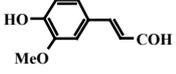
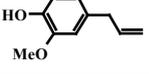
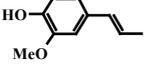
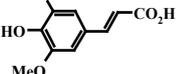
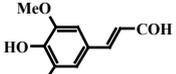
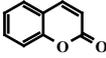
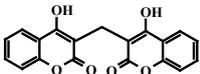
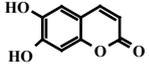
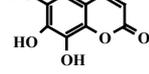
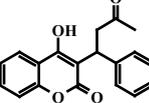
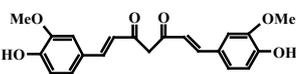
жирорастворимого производного аскорбиновой кислоты АП, а также композиций АП с природными АО. Полученные данные для изученного образца масла приведены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние добавок антиоксидантов (0,02 масс. %) на окислительную устойчивость льняного масла

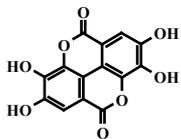
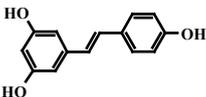
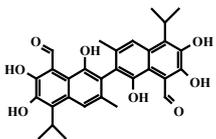
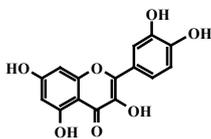
Table 2. Effect of antioxidant additives (0,02 mass %) on the oxidative stability of flaxseed oil

№ п/п	Антиоксидант	Структура АО	ИП, ч (при 100 °С)	F = ИП _{доб} /ИП ₀
—	Контроль (без добавок)	—	4,35 ± 0,15	1,00 ± 0,07 ^a
I	2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол (БОТ)		5,05 ± 0,18	1,16 ± 0,08 ^b
II	Трет-бутил гидрохинон (ТБГХ)		23,92 ± 0,79	5,50 ± 0,36 ⁱ
III	Пропилгаллат (ПГ)		10,31 ± 0,39	2,37 ± 0,18 ^{ef}
IV	Аскорбилпальмитат (АП)		10,27 ± 0,35	2,36 ± 0,16 ^{ef}
V	Пирокатехин		6,48 ± 0,25	1,49 ± 0,11 ^{cd}
VI	Гидрохинон		9,92 ± 0,35	2,28 ± 0,16 ^{ef}
VII	Протокатеховая кислота		5,05 ± 0,17	1,16 ± 0,08 ^b
VIII	Протокатеховый альдегид		4,97 ± 0,18	1,17 ± 0,08 ^b
IX	2,3-дигидрокси-бензальдегид		6,05 ± 0,19	1,39 ± 0,09 ^{bc}
X	Ванилиновая кислота		4,91 ± 0,17	1,17 ± 0,08 ^b
XI	Ванилин		4,97 ± 0,18	1,17 ± 0,08 ^b
XII	Ванилиновый спирт		4,48 ± 0,16	1,03 ± 0,07 ^a
XIII	Сиреневая кислота		5,05 ± 0,17	1,16 ± 0,08 ^b
XIV	Сиреневый альдегид		5,00 ± 0,17	1,15 ± 0,08 ^b

Продолжение табл. 2.

№ п/п	Антиоксидант	Структура АО	ИП, ч (при 100 °С)	F = ИП _{доб} /ИП ₀
XV	Галловая кислота		11,14 ± 0,37	2,56 ± 0,17 ^{fg}
XVI	Кофейная кислота		9,22 ± 0,31	2,12 ± 0,14 ^{ef}
XVII	Хлорогеновая кислота		4,57 ± 0,15	1,05 ± 0,07 ^a
XVIII	Феруловая кислота		5,22 ± 0,18	1,20 ± 0,07 ^b
XIX	Кониферилловый альдегид		5,00 ± 0,17 ^c	1,15 ± 0,08 ^b
XX	Эвгенол		5,57 ± 0,18	1,28 ± 0,08 ^{bc}
XXI	Изоэвгенол		5,18 ± 0,18	1,22 ± 0,06 ^{bc}
XXII	Синаповая кислота		6,61 ± 0,26	1,52 ± 0,12 ^{cd}
XXIII	Синаповый альдегид		4,13 ± 0,14	0,95 ± 0,06 ^a
XXIV	Кумарин		4,74 ± 0,16	1,09 ± 0,07 ^a
XXV	Дикумарол		4,57 ± 0,17	1,05 ± 0,07 ^a
XXVI	Эскулетин		6,53 ± 0,23	1,50 ± 0,10 ^{cd}
XXVII	Фраксетин		11,22 ± 0,40	2,58 ± 0,18 ^{fg}
XXVIII	Варфарин		5,96 ± 0,20	1,37 ± 0,09 ^{cd}
XXIX	Куркумин		4,44 ± 0,16	1,02 ± 0,07 ^a

Окончание табл. 2.

№ п/п	Антиоксидант	Структура АО	ИП, ч (при 100 °С)	F = ИП _{доб} /ИП ₀
XXX	Эллаговая кислота		4,26 ± 0,15	0,98 ± 0,07 ^a
XXXI	Ресвератрол		4,35 ± 0,17	1,00 ± 0,08 ^a
XXXII	Госсипол		8,57 ± 0,29	1,97 ± 0,13 ^e
XXXIII	Кверцетин		6,09 ± 0,19	1,40 ± 0,09 ^{cd}
XXXIV*	Галловая кислота + АП		18,18 ± 0,64	4,18 ± 0,29 ^b
XXXV*	Кофейная кислота + АП		16,40 ± 0,54	3,77 ± 0,2 ^b
XXXVI*	Фраксетин + АП		17,49 ± 0,63	4,02 ± 0,29 ^b
XXXVII*	Пропилгаллат + АП		18,01 ± 0,56	4,14 ± 0,25 ^b

Результаты представлены как среднее ± SD (n = 3). (a–i) — значения в одном и том же столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$).

*Концентрация каждого АО в композиции составляет 0,02 масс. %.

Межгрупповое сравнение тестируемых соединений по эффективности их воздействия на процесс окисления МЛ (значениям фактора стабилизации F) проводили, используя тест Фишера. Изученные соединения были разделены на 10 гомогенных групп, объединяющих соединения, которые не имеют различий по тесту Фишера (значения F, обозначенные одной и той же буквой алфавита) (табл. 2). Согласно тесту Фишера значения фактора F для большинства фенольных соединений (6 синтетических и 18 природных) значимо отличаются от контроля ($p = 0,00000 - 0,04199$). Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии структурных особенностей фенольных соединений на их АО-активность. Согласно данным табл. 2 все изученные производные бензойной кислоты (протокатеховая, ванилиновая, сиреневая, галловая кислоты и соответствующие альдегиды) в концентрации 0,02 % увеличили время индукции МЛ, что указывает на их способность повышать окислительную стабильность МЛ ($p < 0,05$). Эти соединения имеют в своей структуре реакционноспособные гидроксильные группы фенольного типа и способны выступать донорами атома водорода в реакциях с пероксидными радикалами МЛ, восстанавливая их до гидропероксидов [9]. Заместители в ароматическом кольце в фенольных кислотах влияют на стабилизацию образующихся из них феноксильных радикалов и, следовательно, на их способность нейтрализовывать радикальные частицы [29]. Среди других изученных производных бензойной кислоты галловая кислота (XV), в молекуле которой присутствуют три соседние гидроксильные группы, продемонстрировала самую высокую АО-активность ($F = 2,56 \pm 0,17$). Для протокатеховой, ванилиновой, сиреневой кислот и соответствующих альдегидов F существенно ниже, чем для галловой кислоты, и изменялся в интервале 1,15–1,17. Тот факт, что протокатеховая кислота оказалась менее эффективной, чем пирокатехин (V), демонстрирует отрицательное влияние карбоксилатной группы, непосредственно связанной с фенольным кольцом, на АО-активность фенольных кислот. При сравнении альдегидов VIII и IX видно, что наличие альдегидной группы в *мета*-положении к ОН-группе способствует проявлению более высокой АО-активности, чем присутствие –СНО-группы в *пара*-положении (табл. 2).

Согласно экспериментальным данным гидроксированные производные коричной кислоты, у которых карбоксильная группа отделена от ароматического кольца двумя атомами углерода: кофейная, феруловая, синаповая, — более активно ингибируют окисление МЛ, чем соответствующие производные бензойной кислоты протокатеховая, ванилиновая и сиреневая (табл. 2). Присутствие групп $-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ в молекулах производных коричной кислоты обеспечивает большую способность донора Н и последующую стабилизацию радикалов, чем карбоксилатная группа в бензойных кислотах [9, 29]. По-видимому, группа $-\text{C}=\text{C}-\text{COOH}$, связанная с фенильным кольцом, играет роль в стабилизации радикала посредством резонанса, и, следовательно, кофейная кислота более эффективна, чем пирокатехин. Наибольшую активность в ингибировании окисления МЛ среди производных коричной кислоты проявила кофейная кислота ($F = 2,12 \pm 0,14$). При этом хлорогеновая кислота, являющаяся сложным эфиром кофейной кислоты и хинной кислоты, не показала АО-активности в МЛ, т.е. гликозилирование карбоксилатной группы кофейной кислоты привело к резкому снижению АО-активности ($F = 1,05 \pm 0,07$). Гидроксированные производные коричной кислоты продемонстрировали в МЛ следующий порядок АО-активности: кофейная > синаповая > феруловая > хлорогеновая. Необходимо отметить, что производные феруловой кислоты эвгенол и изоэвгенол, не содержащие карбоксильной либо альдегидной групп, как и феруловая кислота, также проявили заметную АО-активность в МЛ (F изменялся в интервале 1,22–1,28).

Изучена также АО-активность кумарина и ряда его гидроксированных производных при окислении МЛ. Кумарины являются природными гетероциклическими кислородсодержащими соединениями, в основе которых лежит бензо- α -пирон (лактон цис-орто-оксикоричной кислоты (кумариновой кислоты)). Это обеспечивает сопряженную систему с достаточными свойствами переноса электронов и зарядов [12, 13]. Представленные в табл. 2 данные показывают, что добавки кумарина и дикумарола, содержащего одну гидроксильную группу на каждый кумариновый фрагмент, не изменяют окислительную стабильность МЛ. Производные кумарина с двумя соседними гидроксильными группами эскулетин и фраксетин ингибировали окисление МЛ, значения ΦC составили ($1,50 \pm 0,10$) и ($2,58 \pm 0,18$) соответственно.

Таким образом, фенольные гидроксильные, и орто-метоксигруппа значительно усиливают АО-активность кумаринов. Ранее показано [14], что эскулетин и фраксетин демонстрируют АО-свойства при окислении подсолнечного масла при 25 °С и 100 °С и триацилглицеридов подсолнечного масла при 100 °С, при этом согласно полученным нами данным эффективность ингибирования окисления МЛ при одинаковых условиях эксперимента была выше, чем в случае подсолнечного масла.

Известно, что защитные эффекты фенольных соединений при окислении масел усиливаются в присутствии синергических молекул, таких как аскорбилпальмитат [30]. Так, аскорбиновая кислота и АП могут действовать как синергисты токоферолов, восстанавливая их радикалы или продукты окисления до исходных молекул и тем самым пролонгируя их АО-действие [2, 3]. Механизмы действия АП в маслах включают регенерацию эндогенных АО за счет отдачи атома Н, инактивацию металлов и снижение скорости иницирования окисления липидов, восстановление гидропероксидов липидов до более стабильных гидроксилсодержащих соединений за счет нерадикальных процессов и поглощение кислорода [3]. Основным эндогенным АО в МЛ является γ -токоферол, который действует как более сильный АО, чем α -токоферол в большинстве растительных масел [31]. Было найдено, что концентрация нативного γ -токоферола в образце анализируемого масла составляет 1,25 мМ (табл. 1). Во время пероксидного окисления липидов ненасыщенные масла конкурируют с нативными токоферолами за липидные пероксидные радикалы, которые, как известно, взаимодействуют с токоферолами гораздо быстрее, чем с липидами [31], превращая пероксидные радикалы в гидропероксиды и тем самым прерывая процесс цепного окисления и увеличивая индукционный период. АО-свойства в растительных маслах проявляют также β -каротин и другие каротиноиды, фитостеролы, такие как авенастеролы и др. [2], а также ряд других соединений. Некоторые АО при одновременном присутствии в исследуемом образце могут взаимодействовать и усиливать или ослаблять АО-эффект. Например, получены доказательства синергизма совместного действия α -токоферола и β -каротина в снижении скорости автоокисления соевого масла [2]. Коэнзим Q_{10} в восстановленной форме (убихинол) участвовал в регенерации α -токоферола, и было обнаружено, что эти два АО проявляют синергизм [32]. Сообщалось также об АО-синергизме между фосфолипидами и токоферолами [33]. Одним из потенциальных механизмов такого синергизма является способность ФЛ регенерировать токоферол из его окисленной формы. При выборе АО, обеспечивающих

эффективное ингибирование окисления масел, следует учитывать наличие эндогенных минорных компонентов.

Согласно экспериментальным данным композиции АП и ряда тестируемых фенольных АО, таких как галловая и кофейная кислоты, фраксетин, эффективно ингибируют окисление МЛ, существенно повышая фактор стабилизации: до $(4,18 \pm 0,29)$, $(3,77 \pm 0,25)$ и $(4,02 \pm 0,29)$ соответственно (табл. 2, XXXIV–XXXVI). Необходимо отметить, что синергические эффекты в случае вышеуказанных фенольных АО и АП не наблюдаются, по-видимому, из-за присутствия целого ряда эндогенных АО (γ -токоферола, каротиноидов, коэнзимов Q, фосфолипидов, фитостеролов), которые могут участвовать в протекающих в МЛ процессах окисления. После удаления из МЛ эндогенных АО, в значительной степени обеспечивающих защиту масла от окисления, окислительная стабильность очищенного масла существенно снижается, о чем свидетельствуют данные табл. 3, согласно которым индукционный период окисления очищенного МЛ (триацилглицеридов, ТГЛ) в 1,6 раза меньше, чем неочищенного.

Таблица 3. Влияние добавок фенольных антиоксидантов (0,02 %) на окислительную стабильность триацилглицеридов льняного масла
Table 3. Effect of phenolic antioxidant additives (0.02%) on the oxidative stability of flaxseed oil triacylglycerides

Антиоксидант	ИП, ч (при 100 °С)	ФС
Контроль (без добавок)	$2,76 \pm 0,09$	$1,00 \pm 0,07^a$
Галловая кислота	$9,97 \pm 0,36$	$3,61 \pm 0,26^d$
Пропилгаллат	$11,68 \pm 0,40$	$4,23 \pm 0,29^e$
Кофейная кислота	$5,82 \pm 0,20$	$2,11 \pm 0,15^c$
Фраксетин	$10,14 \pm 0,32$	$3,67 \pm 0,23^d$
АП	$4,99 \pm 0,18$	$1,81 \pm 0,13^b$

Результаты представлены как среднее \pm SD ($n = 3$). (a–e) — значения в одном и том же столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются ($p \leq 0,05$)

Добавка фенольных АО повышает окислительную стабильность ТГЛ, при этом если в случае кофейной кислоты эффективность ингибирования окисления ТГЛ и МЛ одинакова, то для галловой кислоты, пропилгаллата и фраксетина эффективность ингибирования окисления триглицеридов существенно выше, чем МЛ (в 1,4 — 1,8 раза), то есть нативное МЛ гораздо сложнее стабилизировать, чем чистые триацилглицериды. Необходимо отметить, что в отличие от фенольных АО антиоксидантная активность АП в ТГЛ ниже, чем в МЛ, значения F составили $(1,81 \pm 0,13)$ и $(2,36 \pm 0,16)$ соответственно (табл. 2, 3), что может быть связано с возможностью синергического взаимодействия АП с нативными минорными компонентами МЛ, в частности с γ -токоферолом.

Нами изучены АО-свойства в МЛ ряда других известных природных соединений, принадлежащих к разным группам фенольных антиоксидантов, таких как куркумин, эллаговая кислота, ресвератрол, кверцетин, госсипол, показавших ранее АО-активность при окислении липидов ряда растительных масел, а также *in vivo*. АО-активность этих фенольных соединений в МЛ ранее не исследовалась. Согласно экспериментальным данным, известный природный АО куркумин, молекула которого содержит β -дикетогруппу, соединенную с двумя остатками феруловой кислоты, не проявил активности в ингибировании окисления МЛ (табл. 2). Не проявила АО-активности в МЛ и эллаговая кислота, принадлежащая к фенолкарбоновым кислотам (табл. 2). Структурно эллаговая кислота представляет собой дилактон гексагидроксидифеновой кислоты, димерного производного галловой кислоты, получаемого в основном путем гидролиза эллагитаннинов, широко распространенной группы вторичных метаболитов растений. Ресвератрол — уникальное природное полифенольное соединение, которое в последние годы привлекло большое внимание своими замечательными антиоксидантными, противораковыми и другими полезными свойствами, также не показал АО-активности в МЛ, что следует из данных табл. 2.

Госсипол — это природный полифенольный альдегид с АО-свойствами, выделенный из семян хлопка, который токсичен для людей и животных, что ограничивает его применение. При концентрациях 250 и 500 ppm госсипол показал статистически значимые повышения ИП при 110 °С (Rancimat) в биодизельном топливе (метиловых эфирах жирных кислот, полученных из соевого масла) [34]. В структуре госсипола присутствуют два фраг-

мента 2,3-дигидроксибензальдегида (IX), что мотивировало нас протестировать его на МЛ с целью выявления влияния данного структурного фрагмента на АО-активность. Из данных табл. 2 видно, что в МЛ госсипол демонстрирует значительную АО-активность ($F = 1,97 \pm 0,13$).

Кверцетин является одним из наиболее распространенных пищевых флавоноидов и считается сильным АО из-за его способности нейтрализовывать свободные радикалы и связывать ионы переходных металлов. Эти свойства кверцетина позволяют ему ингибировать пероксидное окисление липидов и защищать клеточные структуры от окислительного повреждения [35]. Некоторые авторы ранее сообщали об АО-эффекте кверцетина в растительных маслах. В МЛ кверцетин показал относительно невысокую эффективность в ингибировании окисления, повышая окислительную стабильность масла в 1,4 раза при концентрации добавки 0,02 % (табл. 2).

На рисунке приведены значения фактора стабилизации (F) МЛ для наиболее эффективных из изученных природных и синтетических АО (за исключением ТБГХ).

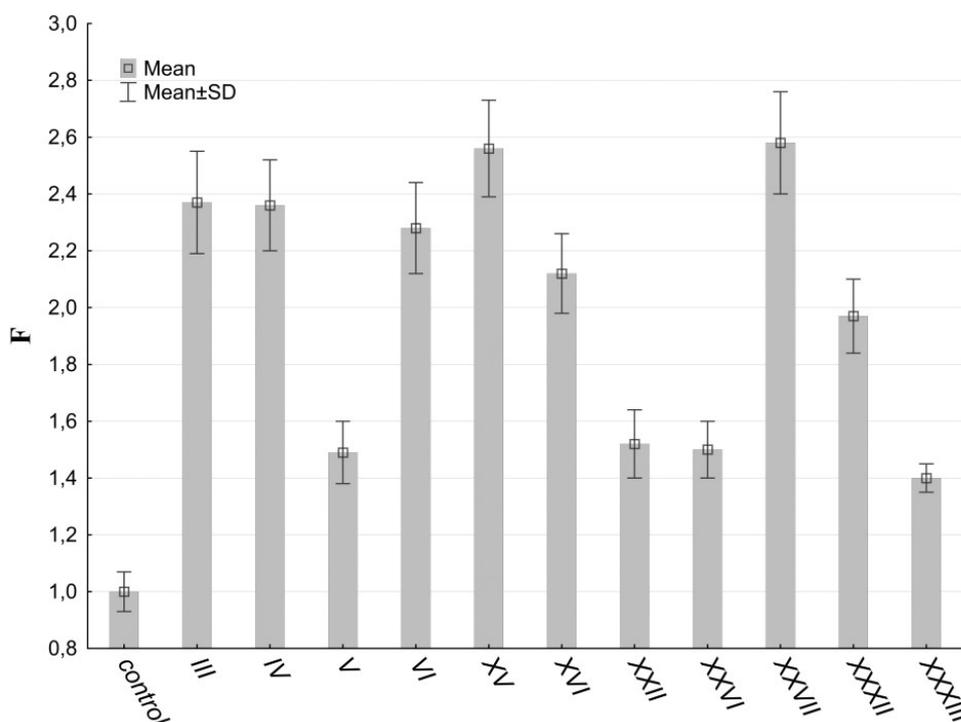


Рис. 1. Фактор стабилизации (F) льняного масла для наиболее эффективных тестируемых природных и синтетических АО при концентрации в масле 0,02 %

Fig. 1. Stabilization factor (F) of flaxseed oil for the most effective tested natural and synthetic AO at a concentration in oil of 0.02%

Согласно полученным данным наибольшую эффективность в ингибировании окисления МЛ показали галловая кислота (XV), кофейная кислота (XVI), фраксетин (XXVII) и госсипол (XXXII), для которых значения F находятся в интервале 1,97–2,58 (рис., табл. 2).

АО активность фраксетина, галловой и кофейной кислот госсипола превышает АО-активность БОТ (I) и статистически значимо не отличается от синтетических АО ПГ (III) и АП (IV). Группа природных фенольных АО, включающая синаповую кислоту (XXII), эскулетин (XXVI) и кверцетин (XXXIII), по АО-активности в МЛ ($F = 1,40–1,52$) уступает указанным выше наиболее эффективным природным и синтетическим АО и не отличается от пирокатехина (V).

Заключение. Изучена эффективность 26 природных фенольных АО в ингибировании окисления льняного масла в условиях ускоренного окисления при 100 °С. С этой целью были определены значения периодов индукции и эффективности ингибирования окисления МЛ (фактора стабилизации F) в присутствии добавок 0,02 % природных фенольных кислот и их производных, кумаринов и ряда других фенольных соединений, а также для сравнения и некоторых известных синтетических АО — БОТ, ПГ, ТБГХ, АП. Выявлены наиболее эффек-

тивные АО среди изученных природных фенольных соединений — галловая и кофейная кислоты, фраксетин, госсипол ($F = 1,97–2,58$). АО-активность фраксетина, галловой и кофейной кислот статистически значимо не отличается от синтетических АО ПГ и АП и существенно превышает АО-активность БОТ. Меньшую эффективность проявила вторая группа природных АО, включающая синаповую кислоту, эскулетин и кверцетин ($F = 1,40–1,52$). Протокатеховая, ванилиновая, сиреневая, феруловая кислоты и соответствующие альдегиды, а также эвгенол и изоэвгенол проявили в МЛ самую низкую АО-активность ($F = 1,15–1,28$). Показано, что использование композиций АП и природных фенольных АО, таких как галловая и кофейная кислоты, фраксетин, позволяет эффективно ингибировать окисление МЛ, существенно повышая фактор стабилизации (до 3,77–4,18).

Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии структурных особенностей фенольных соединений на их АО-активность. Установлено, что гидроксированные производные коричной кислоты — кофейная, феруловая, синаповая, — более активно ингибируют окисление МЛ, чем соответствующие производные бензойной кислоты протокатеховая, ванилиновая и сиреневая. Среди изученных соединений монофенольные производные, включая классический АО ионол (I), проявляли достаточно низкую АО-активность (X, XI, XIII, XIV, XVIII–XXI) или не проявляли ее вовсе (XII, XXIII, XXIX). Наличие в структуре фенольных соединений фрагментов 1,4-дигидроксibenзола (II, VI), 1,2,3-тригидроксibenзола (III, XV) и 1-метокси-2,3-дигидроксibenзола (XXVII) приводило к максимально высокой АО активности в отношении МЛ. Менее активными были вещества с 1,2-дигидроксibenзольным фрагментом в совокупности с отсутствием электроноакцепторной карбонильной группы в *пара*-положении к одной из гидроксильных групп (V, IX, XVI, XXVI, XXXII, XXXIII). Обсуждены возможные механизмы процессов, протекающих в МЛ в присутствии АО.

Результаты проведенного исследования будут полезны при разработке новых методов стабилизации МЛ, обеспечивающих его надежную и безопасную защиту от окисления, увеличение сроков хранения и повышениенутрицевтической ценности.

Результаты данной работы получены в рамках выполнения ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» (задание № 2.2.01.05).

Список использованных источников

1. Al-Madhagy, S. A comprehensive review of the health benefits of flaxseed oil in relation to its chemical composition and comparison with other omega-3-rich oils / S. Al-Madhagy, N. S. Ashmawy, A. Mamdouh [et al.] // Eur. J. Med. Res. — 2023. — V. 28. — 240. URL: <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01203-6>.
2. Choe, E. Mechanisms and factors for edible oil oxidation / E. Choe, D. B. Vin // Compr. Rev. Food Sci. F. — 2006. — V. 5. P. 169–186. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>.
3. Frankel, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality / E. N. Frankel // Food Chem. — 1996. — V. 57. — P. 51–55. URL: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(96\)00067-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00067-2).
4. Liu, R. Synthetic Phenolic Antioxidants: A Review of Environmental Occurrence, Fate, Human Exposure, and Toxicity / R. Liu, S. A. Mabury // Environ. Sci. Technol. — 2020. — V. 54. — P. 11706–11719. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05077>.
5. Wu, L. Food additives: From functions to analytical methods / L. Wu, C. Zhang, Y. Long [at al.] // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. — 2022. — V. 62(30). — P. 8497–8517. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.192982>.
6. Yanishlieva, N. V. Stabilization of edible oils with natural antioxidants / N. V. Yanishlieva, E. M. Marinova // Eur. J. Lipid Sci. Technol. — 2001 — V. 103(11). — P. 752–767. URL: [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200111\)103:11<752::AID-EJLT752>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200111)103:11<752::AID-EJLT752>3.0.CO;2-0).
7. Viana da Silva, M. Synthetic and Natural Antioxidants Used in the Oxidative Stability of Edible Oils: An Overview / M. Viana da Silva, M. R. C. Santos, I. R. Alves Silva [at al.] // Food Rev. Intern. — 2021. — V. 38(sup. 1). — P. 1–24. URL: <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1869775>.
8. Li, A-N. Resources and Biological Activities of Natural Polyphenols / A-N. Li, S. Li, Y-J. Zhang [at al.] // Nutrients. — 2014. — V. 6(12). — P. 6020–6047. URL: <https://doi.org/10.3390/nu6126020>.
9. Rice-Evans, C. A. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids / C. A. Rice-Evans, N. J. Miller, G. Paganga // Free Radic. Biol. Med. — 1996. — V. 20(7). — P. 933–956. URL: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9).
10. Kumar, N. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications / N. Kumar, N. Goel // Biotechnol. Rep. (Amst). — 2019. — V. 24. — e00370. URL: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>.

11. Kiokias, S. Phenolic Acids of Plant Origin — Review on Their Antioxidant Activity In Vitro (O/W Emulsion Systems) Along with Their in Vivo Health Biochemical Properties / S. Kiokias, C. Proestos, V. Oreopoulou // *Foods*. — 2020. — V. 9(4). — 534. URL: <https://doi.org/10.3390/foods9040534>.
12. Coumarins: Biology, Applications, and Mode of Action / eds. R. O'Kennedy, R.D. Thornes. — New York, U.S.: John Wiley & Sons, 1997. — P. 360.
13. Kadakol, A. Esculetin: A phytochemical endeavor fortifying effect against non-communicable diseases / A. Kadakol, N. Sharma, Y. A. Kulkarni, A. B. Gaikwad // *Biomed. Pharmacother.* — 2016. — V. 84. — P. 1442–1448. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.10.072>.
14. Yanishlieva, N. V. Antioxidative effectiveness of some natural antioxidants in sunflower oil / N. V. Yanishlieva, E. M. Marinova // *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* — 1996. — V. 203(3). — P. 220–223. URL: <https://doi.org/10.1007/bf01192867>.
15. Omar, K. I. Stabilizing flaxseed oil with individual antioxidants and their mixtures / K. I. Omar, L. Shan, Y. L. Wang, X. Wang // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* — 2010. — V. 112(9). — P. 1003–1011. URL: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900264>.
16. Michotte, D. Linseed oil stabilisation with pure natural phenolic compounds / D. Michotte, H. Rogez, R. Chirinos, E. Mignolet // *Food Chem.* — 2011. — V. 129. — P. 1228–1231. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.108>.
17. Shadyro, O. I. Flaxseed oil stabilization using natural and synthetic antioxidants / O.I. Shadyro, A. A. Sosnovskaya, I. P. Edimecheva // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* — 2017. — V. 119, 1700079. URL: <https://doi.org/ejlt.201700079>.
18. Колар, М.Х. Натуральный антиоксидант — экстракт розмарина / М. Х. Колар, С. Урбанчич // *Масла и жиры*. — 2008. — Т. 3. — С. 26–28.
19. Nag, A. Stabilization of flaxseed oil with capsicum antioxidant / A. Nag // *J. Am. Oil Chem. Soc.* — 2000. — V. 77. P. 799–800. URL: <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0127-0>.
20. Шадыро, О. И. Применение растительного сырья для защиты льняного масла от окисления / О. И. Шадыро, А. А. Сосновская, И. П. Едимечева // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук*. — № 1. — С. 121–126.
21. Abad, A. A robust stripping method for the removal of minor components from edible oils / A. Abad, F. Shahidi // *Food Prod. Process. and Nutr.* — 2020. — V. 2(1), P. 2–9. URL: <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0015-2>.
22. ГОСТ Р 53160–2008 (ИСО 6886: 2006). Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление). — Введ. 01.01.2010. — М.: Стандартинформ, 2009. — 16 с.
23. СТБ ГОСТ Р 51487–2001. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа. — Введ. 01.11.2002. — Минск: БелГИСС, 2001. — 6 с.
24. ГОСТ 31933–2012. Масла растительные. Методы определения кислотного числа и кислотности (с Изменением N 1). — Введ. 01.01.2014. — М.: Стандартинформ, 2014. — 11 с.
25. СТБ 1869–2008 (ИСО 6885:2006). Жиры и масла животные и растительные. Определение анизидинового числа. — Введ. 01.01.2009. — Минск: БелГИСС, 2008. — 15 с.
26. ГОСТ 5475-69 (ISO 3691:2013). Масла растительные. Методы определения йодного числа (с Изменениями N 1, 2). — Введ. 01.01.1970. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. — 19-23 с.
27. СТБ ИСО 5509-2007. Жиры и масла животные и растительные. Приготовление метиловых эфиров жирных кислот. — Введ. 01.10.2007. — Минск: БелГИСС, 2007 — 20 с.
28. Herchi, W. Characterisation of the glycerophospholipid fraction in flaxseed oil using liquid chromatography-mass spectrometry / W. Herchi, F. Sakouhi, S.Khaled [at al.] // *Food Chem.* — 2011. — V. 129. — P. 437–442. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.096>.
29. Chen, J. Structure-antioxidant activity relationship of methoxy, phenolic hydroxyl, and carboxylic acid groups of phenolic acids / J. Chen, J. Yang, L. Ma [at al.] // *Sci. Rep.* — 2020. — V. 10(1). — 2611. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59451-z>.
30. Pokorny, J. Antioxidant in food preservation. / J. Pokorny // *Handbook of food preservation* / eds. M. S. Rahman, M. Dekker. — New York (USA): CRC Press, 1999. — P. 309–337.
31. Kamal-Eldin, A. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols / A. Kamal-Eldin, L-A. Appelqvist // *Lipids*. — 1996. — V. 31. — P. 671–701. URL: <https://doi.org/10.1007/BF02522884>.
32. Quinn, P. J. Expansion of antioxidant function of vitamin E by coenzyme Q / P. J. Quinn, J. P. Fabisiak, V. E. Kagan // *Biofactors*. — 1999. — V. 9. — P. 149–154. URL: <https://doi.org/10.1002/biof.5520090209>.
33. Bandarra, N. M. Antioxidant synergy of α -tocopherol and phospholipids / N. M. Bandarra, R. M. Campos, I. Batista, M. L. Nunes, J. M. Empis // *J. Am. Oil Chem. Soc.* — 1999. — V. 76. — P. 905–913. URL: <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0105-4>.
34. Moser, B. R. Efficacy of gossypol as an antioxidant additive in biodiesel / B. R. Moser // *Renew. Energy*. — 2012. — V. 40(1). — P. 65–70. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.09.022>.

35. Sakanashi, Y. Possible use of quercetin, an antioxidant, for protection of cells suffering from overload of intracellular Ca^{2+} : a model experiment / Y. Sakanashi, K. Oyama, H. Matsui [et al.] // *Life Sci.* — 2008. — V. 83. — P. 164–169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2008.05.009>.

Информация об авторах

Сосновская Анна Алексеевна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химии биологически активных веществ НИИ ФХП БГУ, (ул. Корженевского, 31, кв. 335, 220108, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: anna-sosn@mail.ru

Едимечева Ирина Петровна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химии биологически активных веществ НИИ ФХП БГУ, (ул. К. Маркса, 27, кв. 7, 220030, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: irina.edimecheva@gmail.com

Ксендзова Галина Анатольевна, кандидат химических наук, заведующий сектором химии свободнорадикальных процессов лаборатории физико-химии биологически активных веществ НИИ ФХП БГУ (ул. Дачная, 11, 223034, Минская область, Минский р-н, г. Заславль, Республика Беларусь).

E-mail: ksja-bn@tut.by

Information about authors

Sosnovskaya Anna Alekseevna, Ph.D (Chemistry), leading researcher of laboratory of chemistry of free radical processes, Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University (31, Korzhenevsky St., apt. 335, 220108, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: anna-sosn@mail.ru

Edimecheva Irina Petrovna, Ph.D (Chemistry), leading researcher of laboratory of chemistry of free radical processes, Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University. (27, K. Marx St., apt. 7, 220030, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: irina.edimecheva@gmail.com

Ksendzova Galina Anatolievna, Ph.D (Chemistry), the head of the sector of chemistry of free radical processes of laboratory of chemistry of free radical processes, Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University (11, Dachnaja str., 223034, Zaslavl, Republic of Belarus).

E-mail: ksja-bn@tut.by

УДК 663.43

Поступила в редакцию 23.05.2025
Received 23.05.2025**Ю. С. Шустикова, В. В. Соловьев, Ю. А. Шимановская***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольству», г. Минск, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА ЛАМИНЕКС
MAX FLOW 4G НА КАЧЕСТВО ПИВОВАРЕННОГО СОЛОДА**

Аннотация. Пивоваренные компании стремятся производить пиво высокого качества, чтобы выделяться на конкурентном рынке. Улучшение пивоваренных свойств солода из озимого ячменя может дать пивоварам дополнительные преимущества и возможности для создания уникальных и качественных продуктов. Для улучшения свойств ячменя, используемого при производстве солода, ведутся работы по селекции сортов ячменя, а также по нахождению способов воздействия на процесс солодоращения. Для получения солода с улучшенными качественными характеристиками, ведется поиск по определению подходов к его получению: усовершенствование используемого оборудования, изменение технологических параметров процесса солодоращения, влияние химических и физических способов воздействия, применение вспомогательных средств и др.

Улучшить свойства солода можно интенсифицировав процесс солодоращения, направив методы на ускорение и повышение эффективности производства солода. Это позволяет сократить время производства солода, снизить затраты на электроэнергию, повысить выход солода и улучшить его качество, увеличить производительность и др. Добавление ферментных препаратов повышает активность ферментов в ячмене и стимулирует процесс проращивания. Использование специальных штаммов микроорганизмов способствует улучшению качества солода и ускоряет процесс солодоращения.

В данной работе проведены исследования по изучению влияния ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G на качество пивоваренного солода, вырабатываемого из озимого ячменя.

Ключевые слова: интенсификация солодоращения, озимый ячмень, ферментный препарат, пиво, содержание β -глюканов.

Yu. S. Shustikova, V. V. Solovyov, Yu. A. Shymanouskaya*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***THE EFFECT OF THE ENZYME PREPARATION LAMINEX MAX FLOW 4G
ON THE QUALITY OF BREWING MALT**

Abstract. Brewing companies strive to produce high-quality beer in order to stand out in a competitive market. Improving the brewing properties of malt from winter barley can give brewers additional advantages and opportunities to create unique and high-quality products. To improve the properties of barley used in malt production, work is underway on the breeding of barley varieties, as well as on finding ways to influence the malting process. To obtain malt with improved quality characteristics, a search is underway to identify approaches to its production: improving the equipment used, changing the technological parameters of the malting process, the influence of chemical and physical methods of exposure, the use of auxiliary means, etc.

Malt properties can be improved by intensifying the malting process, directing methods to accelerate and increase malt production efficiency. This makes it possible to reduce malt production time, reduce energy costs, increase malt yield and improve its quality, increase productivity, etc. The addition of enzyme preparations increases the activity of enzymes in barley and stimulates the

germination process. The use of special strains of microorganisms improves malt quality and accelerates the malting process.

In this paper, studies have been conducted to study the effect of the enzyme preparation Laminex Max Flow 4G on the quality of brewing malt produced from winter barley.

Keywords: malting intensification, winter barley, enzyme preparation, beer, beta-glucan content.

Введение. Пивоваренные предприятия нацелены на выпуск высококачественного пива, чтобы выделяться среди конкурентов. Повышение пивоваренных характеристик солода из озимого ячменя может предоставить пивоварам дополнительные преимущества и расширить возможности для разработки уникальных и высококачественных продуктов.

Для повышения качественных характеристик ячменя, применяемого в производстве солода, осуществляются исследования по селекции новых сортов ячменя и разработке методов воздействия на процесс его проращивания.

В настоящее время селекционная работа по созданию новых сортов пивоваренного ячменя направлена на повышение урожайности, продуктивности, устойчивости к полеганию, иммунитета, снижение содержания белка, увеличение экстрактивных свойств, крупности зерна и других характеристик. Учитывая современные климатические изменения, особое значение приобретает разработка сортов, которые не только обладают высокой потенциальной урожайностью, но и демонстрируют устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды. Наиболее целесообразным считается создание сортов и гибридов, адаптированных к конкретным агроэкологическим условиям региона.

Несмотря на то, что солодоращение и связанная с ним пивоваренная промышленность не считаются ключевыми отраслями, определяющими продовольственную безопасность страны, они являются важными поставщиками своей продукции на продовольственный рынок, где спрос на производимый продукт традиционно высок. Производители стремятся расширить географию сбыта и ставят перед собой новые задачи. В целях повышения качества продукции они часто внедряют изменения в технологические процессы солодоращения, проводят модернизацию оборудования и др.

На сегодняшний день актуальным является изучение влияния различных способов и факторов на процесс солодоращения [1]. Для получения солода с улучшенными качественными характеристиками, ведется поиск по определению подходов к его получению: усовершенствование используемого оборудования, варьирование технологических параметров процесса солодоращения, воздействие химических и физических способов влияния, применение вспомогательных средств [2-9].

В настоящее время ведутся исследования новых методов воздействия на зерно с целью повышения его всхожести, сокращения времени проращивания пивоваренного ячменя, увеличения ферментативной активности и улучшения качества готового солода. Одним из эффективных способов расширения мощностей действующих заводов является применение ферментных препаратов, содержащих амилолитические, протеолитические и цитолитические ферменты. Проникая в зерно при замачивании или проращивании, эти ферменты воздействуют на мучнистое тело, способствуя разрыхлению клеточных оболочек и эндосперма, что ускоряет процесс солодоращения [10-12].

Клеточная стенка эндосперма зерна ячменя окружена растворимыми в воде бета-глюканами и арабиноксиланами, пектином, белком. Они обеспечивают структурную целостность семян. Пивоварам необходимо снизить содержание бета-глюкана и арабиноксилана, т.к. они делают сусло вязким. Разрушение клеточных стенок также приводит к высвобождению белков, обеспечивающих свободный аминный азот для дрожжей.

Использование ферментных препаратов позволяет не вносить значительных изменений в технологическую схему производства, при этом совершенствуя технологические режимы солодоращения [13-15].

Целью исследования являлось изучение влияния ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G на качество пивоваренного солода, вырабатываемого из озимого ячменя.

Изучаемый ферментный комплекс, расщепляющий β -глюканы, пентозаны и смежные углеводы улучшает процессы отделения сусла и фильтрации пива; повышает эффективность фильтрации пива; снижает вязкость сусла и пива; снижает риск возникновения помутнения пива, обусловленное присутствием некрахмальных полисахаридов; позволяет поддерживать процессы постоянными.

К ячменю, предназначенному для солодоращения, предъявляются особые требования. Существуют различные показатели, которые определяют его пригодность. [16-19].

Для производства зерна ячменя, пригодного для пивоваренной промышленности, необходимо использовать только включенные в Государственный реестр сорта пивоваренного ячменя. Ячмень пивоваренный должен соответствовать требованиям ГОСТа 5060-2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия» [19], либо нормативных документов, разработанных и утвержденных в установленном порядке.

Целью солодоращения является накопление в зерне максимально возможного или заданного количества ферментов, главным образом гидролитических. В процессе изготовления солода, в зерне формируется комплекс диастатических ферментов. Они способны расщеплять продукты, содержащие крахмал на простые сахара (процесс осахаривания крахмала), которые в результате брожения превращаются в этиловый спирт [20-23].

Технология солода включает следующие основные этапы: приемка зерна, его очистка и сортирование, замачивание зерна и его проращивание, сушка свежепроросшего солода, удаление ростков, полировка солода, отлежка и хранение солода.

Материалы и методы исследований. Ферментный препарат Ламинекс Max Flow 4G представляет собой комбинацию бета-глюканызы и ксиланызы, которую дозированно добавляют в ячмень при замачивании и проращивании.

Для более детального изучения влияния ферментного препарата на качество солода был поставлен ряд опытов в производственных условиях ОАО «Белсолод».

На данном этапе были проведены экспериментальные работы по изучению влияния комплексного ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G на озимый ячмень импортной селекции сорта Изоцел в различных дозировках на разных стадиях солодоращения. Проведена сравнительная характеристика показателей качества солода, полученного при классической схеме производства (без использования ферментного препарата) и солода, полученного с его использованием.

При проведении экспериментальных работ было взято 4 партии озимого ячменя пивоваренного импортной селекции сорта Изоцел урожая 2024 года.

В качестве контрольного образца использовали партию «№0» (без внесения ферментного препарата) (далее — контрольный образец), а в качестве опытных: «№1» (с внесением ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G на стадии проращивания ячменя в количестве 0,2 кг на 1 т ячменя), «№2» (с внесением ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G на стадии проращивания ячменя в количестве 0,3 кг на 1 т ячменя) и «№3» (с внесением ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G в 2 приема: на стадии замачивания ячменя в количестве 0,2 кг и на стадии проращивания в количестве 0,2 кг на 1,0 т ячменя) (далее — опытные образцы).

Технологический процесс производства солода включал замачивание с чередованием водных и воздушных пауз до 48 часов, последующее проращивание в течение 4–5 суток при температуре 16–18 °С, и завершался ступенчатой сушкой с постепенным повышением температуры до 85 °С.

Результаты исследований и их обсуждение. Образцы ячменя (контрольный и опытные) перед поступлением в производство прошли предварительные органолептические и физико-химические исследования в лаборатории ОАО «Белсолод». Физико-химические показатели ячменя импортной селекции сорта Изоцел контрольного и опытных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели качества ячменя
Table 1. Physico-chemical indicators of barley quality

Наименование показателя	Наименование образца			
	Контрольный образец ячменя «№0»	Опытный образец ячменя «№1»	Опытный образец ячменя «№2»	Опытный образец ячменя «№3»
Крупность, %	82,3	84,1	79,5	82,0
Содержание мелкого зерна, %	0,9	0,6	1,2	0,3
Содержание сорной примеси, %	0,1	0,1	0,2	0,1
Содержание зерновой примеси, %	2,6	2,5	3,3	4,3
Натура, г/л	687	686	694	692
Содержание белка, %	10,9	10,9	11,0	11,0
Массовая доля крахмала, %	62,4	62,7	62,6	62,8
Массовая доля влажности, %	12,0	12,4	12,4	12,0

Для пивоварения используют специальные сорта ячменя с низким содержанием белка (от 9 до 11 %), поскольку увеличение содержания белка в зерне приводит к снижению крахмала и, как следствие, уменьшению выхода экстракта — основного экономического показателя производства. В исследуемых образцах содержание белка составляло 10,9–11,0 %, что соответствует установленным требованиям. Уровень крахмала находился в диапазоне 62,4–62,8 %, что также соответствует нормативам.

Содержание влаги образцов ячменя составляло 12,0 – 12,4 %, что не превышало нормативное значение (не более 15,5 %), данный показатель может изменяться в зависимости от погодных условий при созревании и от технологии сбора урожая.

Крупность зерна также соответствовала требованию стандарта (не менее 75 %). По содержанию мелкого зерна, сорной и зерновой примеси ячмень всех партий также соответствовал требованиям стандарта.

Таким образом, изучив физико-химические показатели ячменя, отображенные в таблице 1, можно констатировать, что как контрольный, так и опытные образцы ячменя по исследуемым показателям качества являются сопоставимыми и могут использоваться для дальнейшего проведения экспериментальных работ.

Замачивание ячменя контрольного образца длилось 33 ч 25 мин, при этом наклев с ленты составлял 72 %. В опытных образцах «№1», «№2» и «№3» замачивание длилось 35 ч 30 мин, 35 ч 20 мин и 39 ч 30 мин, соответственно. При этом был отмечен лучший результат по показателю «наклев с ленты» у опытного образца «№3» — 93 %.

Далее проводили проращивание контрольного и опытных образцов ячменя на солодорастильных ящиках типа Solodin, после чего проводили сушку зеленого солода и получали светлый солод. Полученные показатели качества солода проверяли на соответствие ГОСТ 29294-2014 «Солод пивоваренный. Технические условия» [24]. Результаты исследований показателей качества солода представлены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели качества солода
Table 1. Malt quality indicators

Наименование образца	Наименование показателя									
	Влажность, %	Массовая доля экстракта, %		Разница массовых долей экстрактов, %	Продолжительность осахаривания/прозрачность	Цвет суслу, см ³ р-ра конц. 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ суслу	Кислотность, см ³ р-ра NaOH конц. 1 моль/дм ³ на см ³	Срез	Фриабильность, %	Массовая концентрация β-глюкана, мг/дм ³
		на ВСВ	на СВ							
Контрольный «№0»	4,1	75,8	79,4	3,4	15 незнач. опал.	0,25	1,06	74-3-0	72(5,7)9,3	326
Опытный «№1»	4,8	75,4	79,6	0,9	15 незнач. опал.	0,23	1,08	80-1-1	74(4,1)7,1	41
Опытный «№2»	4,4	74,9	78,3	2,2	15 прозр	0,25	1,02	83-0-0	77(1,2)3,7	44
Опытный «№3»	4,6	75,6	79,2	3,2	15 опал.	0,23	1,00	80-0-0	75(1,6)5,4	52

Анализ данных, представленных в таблице 2, позволил провести следующую сравнительную характеристику.

Содержание экстракта в четырех образцах солода составило от 74,9 до 75,8 % на воздушно-сухое вещество и от 78,3 до 79,4 % на сухое вещество.

Солод, изготовленный без внесения ферментного препарата (контрольный образец) по показателю фриабильности и срез уступал образцам с внесением ферментного препарата (опытные образцы).

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что контрольный образец и опытный образец «№3» (с применением ферментного препарата в два приема) по показателю «разница массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помолов» значительно превышают данный показатель опытных образцов «1» и «2». Использование ферментного препарата только на стадии проращивания для образцов «1» и «2» позволило достичь значений этого показателя 0,9 % и 2,2 % соответственно, что полностью соответствует требованиям стандарта ГОСТ 29294.

Наглядная сравнительная характеристика образцов солода по показателю разницы массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помолов отображена на рисунке 1.

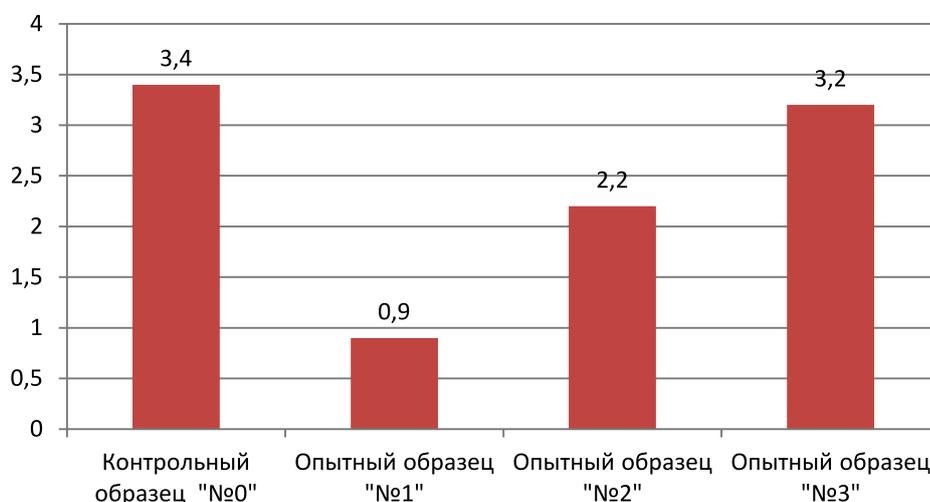


Рис. 1. Показатель «разница массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помолов» в исследуемых образцах солода, %

Fig. 1. The indicator “difference in the mass fraction of extracts in the dry matter of fine and coarse malt” in the malt samples studied

Для технологии пивоварения важно, чтобы содержание β-глюкана в солоде (и сусле) было минимальным, то есть чтобы этот полисахарид полностью расщеплялся. Неполное его расщепление вызывает негативные последствия: увеличение вязкости сусла и пива, снижение выхода сусла и ухудшение фильтруемости пива. Проблемы, связанные с высоким уровнем β-глюкана, подчеркивают его значимость для оценки качества солода и прогнозирования технологического процесса производства пива. В зависимости от степени растворения солода массовая концентрация высокомолекулярного β-глюкана в конгрессном сусле может варьировать от 50 до 300 мг/дм³.



Рис. 2. Показатель «содержание β-глюкана» в исследуемых образцах солода, мг/дм³

Fig. 2. The indicator “beta-glucan content” in the malt samples studied, mg/dm³

Наилучшие результаты по показателю «массовая концентрация β-глюкана» получены в образце солода с использованием ферментного препарата на стадии проращивания в дозирова-

ке 0,2 кг/т ячменя (41 мг/дм³). Причем в контрольном образце значение данного показателя было выше почти в 8 раз (326 мг/дм³). Опытные образцы «№2» и «№3» также имели низкие значения данного показателя — 44 и 52 мг/дм³, соответственно. Наглядная сравнительная характеристика образцов солода по показателю β-глюкана отображена на рисунке 2.

Заключение. В результате проведенного эксперимента было отмечено, что применение ферментного препарата Ламинекс Max Flow 4G положительно влияет на процесс производства солода из озимого ячменя, особенно в дозировке 0,2 кг/т ячменя на стадии проращивания в один прием. Это позволяет повысить эффективность процесса производства и улучшить ключевые технологические параметры процесса солодоращения.

Исследования проводились в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 по заданию 5.27 «Обоснование способов улучшения пивоваренных свойств солода из озимого ячменя».

Список использованных источников

1. Киселева, Т. Ф. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот / Т. Ф. Киселева, Ю. Ю. Миллер, Ю. В. Гребенникова, Е. И. Стабровская // Техника и технология пищевых производств. — 2016. — №1 (40). — С. 11-15.
2. Шоева, О. Ю. Мировой опыт создания пивоваренных сортов ячменя на основе беспроантоцианидиновых мутантов / О. Ю. Шоева // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2021. — 7(1). — С. 23-33.
3. Максимов, И. В. Абсцизовая кислота во взаимоотношениях растений и микроорганизмов / И. В. Максимов // Физиология растений. — 2009. — №6. — С. 824-835.
4. Конвейерная солодовня: пат. RU 196622 U1 / В. К. Франтенко, А. И. Демина. — Оpubл. 06.03.2020.
5. Способ производства солода, способ замачивания солода, способ проращивания солода и способ выдержки солода: пат. RU 2250248 C2 / С.Э. Кочубей [и др.]. — Оpubл. 20.04.2005.
6. Способ увеличения экстрактивности пивоваренного солода: пат. RU 2011 128 572 A / Д.В. Карпенко. — Оpubл. 27.10.2013.
7. Кретьова, Ю. И. Совершенствование технологии обработки зернового сырья в процессе солодоращения / Ю. И. Кретьова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2000. — №4. — С.27-32.
8. Способ получения солода: пат. RU 2731981 C1 / Д. М. Муслюмова [и др.]. — Оpubл. 09.09.2020.
9. Зарубина, Е. П. Влияние частоты переменного тока на солодоращение ячменя / Е. П. Зарубина, С. Ф. Данько, Т. Н. Данильчук // Пиво и напитки. — 2003. — №4. — С. 14-15.
10. Киселева, Т. Ф. Совершенствование технологии ржаного солода с применением ферментных препаратов / Киселева Т. Ф., Помозова В. А., Кроль А.Н. // Пиво и напитки. — 2016. — №2. — С. 22-24.
11. Способ производства ферментированного солода: пат. RU 2674607 C1 / А.М. Гавриленков. — Оpubл. 11.12.2018.
12. Дамдинсүрэн, А. Разработка технологии солода с применением ферментных препаратов для получения пива с добавками водных экстрактов. [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.01 : защищена 24.05.2005 / Дамдинсүрэн Алтанцэцэг. — Воронеж, 2005. — С. 158.
13. Дамдинсүрэн, А. Разработка технологии солода с применением ферментных препаратов для получения пива с добавками водных экстрактов. [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.01 : защищена 24.05.2005 / Дамдинсүрэн Алтанцэцэг. — Воронеж, 2005. — С. 158.
14. Нарцисс, Л. (а) Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс; при участии В. Бака; пер. с нем. А. А. Куреленкова. — СПб.: Профессия. — 2007. — С. 640.
15. Нарцисс, Л. (б) Технология солодоращения / Л. Нарцисс — пер. с нем. под общей ред. Г. А. Ермолаевой, Е. Ф. Шапенко. — СПб.: Профессия. 2007. — С. 584.
16. ГОСТ 10967-2019. Зерно. Методы определения запаха и цвета. — Введ. 2020-04-01. — Минск: Госстандарт, 2019. — С. 6.
17. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. — Введ. 2023-01-01. — Минск: Госстандарт, 2015. — С.12.
18. ГОСТ 29294-2014 Солод пивоваренный. Технические условия. — Введ. 2016-10-01. — Минск: Госстандарт, 2014. — С. 26.
19. ГОСТ 5060-2021. Ячмень пивоваренный. Технические условия. — Введ. 01.04.2022. — Москва : Российский институт стандартизации, 2021. — С. 8.
20. Белкина, Р. И. Технология производства солода, пива и спирта: учебное пособие / Р. И. Белкина, В. М. Губанова, М. В. Губанов. — Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2018. — 140 с. — Текст: электронный // Лань: электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113496>.
21. Кунце, В. Технология солода и пива. — 3-е изд., перераб. и доп. — пер. с нем. 9-го изд. — СПб.: Профессия, 2009. — С. 1064.

22. Меледина, Т. В. Несоложенные материалы в пивоварении: учебное пособие. / Т. В. Меледина, И.В. Матвеев, А.В. Федоров. — СПб.: Университет ИТМО, 2017. — С. 66.
23. Рожнов, Е. Д. Анализ зернового сырья бродильных производств: методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Введение в специальность» для студентов направления «Продукты питания 88 из растительного сырья» (уровень бакалавриата) / Е. Д. Рожнов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. — Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2016. — С. 24.
24. ГОСТ 29294-2014 Солод пивоваренный. Технические условия. — Введ. 2016-10-01. — Минск: Госстандарт, 2014. — С. 26.

Информация об авторах

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

E-mail: yuliyashustikova90@gmail.com

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

E-mail: solovyoffg@gmail.com

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

г. Минск, Республика Беларусь).

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

Information about authors

Shustikova Yulia Sergeevna, Ph.D. (Technical), Senior Researcher at the Department of Technologies of the alcohol and non-alcoholic beer products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: yuliyashustikova90@gmail.com

Solovyov Vitaliy Vladimirovich, Ph.D. (Technical), Head of the Technology Department of alcoholic and non-alcoholic beer products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: solovyoffg@gmail.com

Shymanouskaya Yulia Aleksandrovna, Researcher at the Department of Technologies of the alcohol and non-alcoholic beer products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

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

УДК 574.5

Поступила в редакцию 11.08.2025
Received 11.08.2025**¹В. В. Шилов, ¹А. Н. Батян, ²А. А. Журня, ²Т. В. Окулова, ³В. Г. Цыганков**¹*«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*³*Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии, эпидемиологии,
вирусологии и микробиологии, г. Минск, Республика Беларусь*

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ПИТАНИЯ

Аннотация. Экология питания является междисциплинарной научной дисциплиной и охватывает такие вопросы, как общее качество продуктов питания, цены на продовольствие, экологические балансы, влияние систем питания на климат, в также вопросы сельскохозяйственной, экологической и потребительской политики. Экология питания включает в себя все аспекты пищевой цепи: производство, хранение, транспортировку, переработку, торговлю, потребление пищевых продуктов, а также утилизацию их отходов. В экологии питания выделяют четыре аспекта- это здоровье, окружающая среда, общество и экономика. Внедрение массового животноводства и индустриального сельского хозяйства породило некоторые негативные влияния на здоровье человека и окружающую среду. Качество продуктов питания во многом определяется качеством окружающей среды. На окружающую среду, в свою очередь, влияют региональные и национальные особенности питания.

Ключевые слова: экология, питание, диета, здоровье, окружающая среда.

¹V. V. Shylau, ¹A. N. Batyan, ²H. A. Zhurnia, ²T. V. Akulava, ³V. G. Tsygankou¹*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*³*Research Institute of Hygiene, Toxicology, Epidemiology, Virology, and Microbiology, Minsk,
Republic of Belarus*

MODERN ASPECTS OF NUTRITIONAL ECOLOGY

Abstract. Nutrition ecology is an interdisciplinary scientific field that encompasses issues such as overall food quality, food prices, ecological balances, the impact of food systems on the climate, as well as agricultural, environmental, and consumer policy. Nutrition ecology includes all aspects of the food chain: production, storage, transportation, processing, trade, consumption of food products, and the disposal of food waste. In nutrition ecology, four key dimensions are distinguished: health, environment, society, and economy. The rise of industrial agriculture and large-scale livestock production has led to certain negative impacts on human health and the environment. The quality of food is largely determined by the quality of the environment. In turn, the environment is influenced by regional and national dietary patterns.

Keywords: ecology, nutrition, diet, health, environment.

Введение. Экология питания — это междисциплинарная научная область, которая охватывает всю пищевую цепочку — от производства, сбора и хранения до переработки, упаковки, торговли, распределения, приготовления, потребления и утилизации пищевых отходов и исследует ее взаимодействие с ключевыми сферами: здоровьем, окружающей средой, обществом и экономикой [1]. Термин «экология питания» был введен в 1986 году группой диетологов из Университета Гиссена (Германия) и с тех пор стал основой для нового взгляда на продовольственные системы, особенно в контексте устойчивого развития [2]. Сегодня

под «экологией питания» понимают комплекс работ, направленных на обеспечение безопасности продовольственного снабжения, минимизацию воздействия промышленности на природные экосистемы и адаптацию организма человека к новым условиям питания [3].

Концепция экологии питания имеет глубокие исторические корни, восходящие к эпохе перехода от охоты и собирательства к систематическому земледелию и одомашниванию животных [4]. Эти процессы радикально изменили как природные ландшафты, так и социальные структуры, способствуя, например, греческим экспансиям, обусловленным ростом потребления мяса и необходимостью расширения сельскохозяйственных угодий. На протяжении тысячелетий происходила масштабная вырубка лесов для нужд земледелия и строительства. Уже в Средние века мыслители, такие как Томас Аквинский, обращали внимание на влияние аграрных практик на окружающую среду [5]. В XVIII–XIX веках Жан-Жак Руссо и Генри Торо критиковали индустриализацию сельского хозяйства, а к концу XIX века Якоб фон Уэкскуль утвердил экологию как самостоятельную научную дисциплину, заложив основы системного подхода к взаимодействию человека и природы [6].

В XX веке индустриализация сельскохозяйственного производства приобрела глобальный масштаб, оказывая значительное влияние на здоровье населения, биоразнообразии, климат и экономику [7]. Тем не менее, современные рекомендации в области питания преимущественно опираются на физиологические и токсикологические критерии: содержание нутриентов, безопасность продуктов, допустимые уровни загрязнителей и др., без учета системных последствий продовольственных решений [8].

Кризисы последних лет, такие как пандемия COVID-19, климатические катаклизмы, рост цен на энергоносители и удобрения, а также геополитические конфликты и сбои в логистических цепочках, продемонстрировали, что продовольственные системы имеют многоуровневое влияние, которое выходит за рамки простого биохимического состава продуктов [9]. На Всемирной встрече по продовольственным системам, состоявшейся в 2022 году и организованной Комитетом по всемирной продовольственной безопасности (CFS), было признано, что глобальная продовольственная безопасность находится на критическом рубеже [10]. Для ее укрепления необходимы масштабные трансформации, включая создание инновационных партнерств между государствами, международными финансовыми институтами и гражданским обществом [11].

На фоне обозначенных факторов экология питания становится ключевым инструментом переосмысления продовольственной политики, предлагая системные решения для устойчивого развития [12]. Экология питания направлена на формирование устойчивых продовольственных систем, способных одновременно: обеспечивать сохранение и укрепление здоровья человека; снижать негативное воздействие на окружающую среду; обеспечивать социальную справедливость и доступность ресурсов; поддерживать экономическую стабильность и стимулировать инновации.

В рамках этой дисциплины реализуются научные исследования, образовательные программы и общественные инициативы, позволяющие глубже анализировать: происхождение и качество пищевых продуктов; экологические балансы и жизненные циклы производства; влияние пищевых систем на климатические процессы, глобальные продовольственные цены и доступность питания; взаимосвязь рационов с аграрной политикой, экологическими стандартами и потребительским поведением [13].

Рассмотрим более подробно ключевые аспекты экологии питания: здоровье, окружающая среда, общество и экономика.

Здоровье. Здоровье человека является важнейшим аспектом экологии питания. Рацион питания человека оказывает комплексное влияние на его физическое и психическое состояние, а также на риск развития хронических заболеваний. Так, например, высокое потребление ультраобработанных продуктов, насыщенных жиров и добавленного сахара связано с ростом случаев ожирения, диабета 2 типа, сердечно-сосудистых и некоторых онкологических заболеваний [14].

Экология питания акцентирует внимание на необходимости снижения потребления мяса и молочных продуктов. Исследования показывают, что переход на растительные диеты может снизить риск хронических заболеваний и улучшить качество жизни.

Средиземноморская, вегетарианская и планетарно-здоровая диеты демонстрируют стабильные преимущества: снижение риска преждевременной смерти, улучшение липидного профиля, контроля гликемии и воспалительных маркеров [15, 16].

Исследование, проведенное на базе UK Biobank с участием более 110 000 человек, показало, что соблюдение средиземноморского рациона питания и образа жизни даже за пределами стран Средиземноморья связано с заметным снижением риска смерти. Люди, которые придерживались такого подхода в питании и образе жизни, имели примерно на 29% меньший риск умереть

от рака и других причин, по сравнению с теми, кто не следовал этим принципам. Средиземноморский образ жизни включает не только рацион, богатый овощами, фруктами, орехами, цельнозерновыми и оливковым маслом, но также регулярную физическую активность, адекватный отдых и социальную активность. Все эти составляющие: питание, привычки и социальное взаимодействие оказывали независимое положительное влияние на здоровье [17].

Растительно-ориентированные диеты не только способствуют улучшению здоровья, но и уменьшают негативное воздействие на окружающую среду. По данным последних исследований, переход на планетарную модель питания, разработанную комиссией EAT-Lancet с целью улучшения здоровья человека и снижения воздействия пищевой системы на окружающую среду, позволяет сократить выбросы парниковых газов на 30–50% по сравнению с традиционным рационом [18].

Средиземноморская диета, богатая фруктами, овощами, цельными злаками и растительными жирами, также демонстрирует низкий экологический след при высоком уровне нутритивной плотности [19].

Таким образом, переход к растительно-ориентированным моделям питания представляет собой не только эффективную стратегию улучшения индивидуального и общественного здоровья, но и ключевой механизм снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Они могут быть адаптированы к локальным условиям и культурным предпочтениям, став основой функциональных продуктов с доказанным эффектом на здоровье. Учитывая потенциал нутригеномики и нутрициологии, они также способствуют экспрессии генов, связанных с противовоспалительными и антиоксидантными путями, повышая индивидуальную адаптацию к экологическим и метаболическим стрессорам.

Внедрение рационов питания с увеличением доли продуктов растительного происхождения и снижением потребления животной пищи может рассматриваться как мультидисциплинарная мера — от защиты биоразнообразия до укрепления здоровья населения. В условиях глобальных вызовов, таких как изменение климата, рост хронических заболеваний и деградация агропищевых систем, такой подход становится неотъемлемым элементом стратегии устойчивого развития.

Крайне важную роль в экологии питания играет микробиом человека. Установлено, что рацион питания влияет на состав и активность микробиоты кишечника. Исследования показывают, что при переходе на растительный рацион: увеличивается продукция короткоцепочечных жирных кислот; возрастает микробное разнообразие; улучшаются показатели иммуннометаболического здоровья [20]. Эти изменения связаны с улучшением иммунной регуляции, снижением системного воспаления и благоприятным влиянием на метаболические маркеры.

Современные исследования показывают, что кишечная микрофлора не только участвует в синтезе витаминов и ферментов, но и активно связывает и перерабатывает тяжелые металлы и органические токсины. В Центре биохимии РУДН выполнен проект по транскриптомному анализу штаммов *Lactobacillus rhamnosus*, способных инактивировать кадмий и свинец в условиях *in vitro*: при добавлении пробиотика в корм мышам уровень тяжелых металлов в печени снизился на 37 % [21]. Такие данные открывают пути к разработке функциональных продуктов и пробиотических препаратов, уменьшающих нагрузку загрязнений на организм.

Учитывая влияние пищевого рациона на здоровье человека, становится очевидным, что вопросы питания неразрывно связаны с состоянием окружающей среды. Однако производство продуктов питания само по себе оказывает значительное воздействие на экосистему — от истощения почв до выбросов парниковых газов. Поэтому следующий важный аспект — анализ экологического следа агропромышленного комплекса и устойчивости продовольственных систем.

Окружающая среда. Влияние производства продуктов питания на окружающую среду определяется используемым сельскохозяйственным методом [22].

Сельское хозяйство оказывает значительное влияние на окружающую среду, являясь одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, потребления пресной воды и деградации почв. Согласно данным Our World in Data, продовольственное производство отвечает примерно за 26% глобальных выбросов парниковых газов, при этом 70% всех пресноводных ресурсов используется именно в аграрном секторе. Кроме того, половина всей пригодной для жизни суши занята сельскохозяйственными угодьями, что ведет к потере естественных экосистем и биоразнообразия. [23]

В ответ на эти вызовы экология питания предлагает устойчивые решения, направленные на снижение экологического следа агропродовольственной системы. Среди таких методов можно выделить органическое земледелие, которое исключает использование синтетических пестицидов и удобрений, а также агроэкологические практики, которые направлены на восстановление экосистем и биоразнообразия.

В отличие от традиционных методов, опирающихся на интенсивное использование природных ресурсов и связанных с высоким риском загрязнения продукции, органическое сельское хозяйство демонстрирует более устойчивую модель производства, минимизирующую негативное воздействие на окружающую среду.

Согласно исследованию Smith и соавт. (2019), применение органических методов ведения сельского хозяйства способствует повышению биоразнообразия почвенных микроорганизмов и улучшению ее физико-химических характеристик, включая структуру и содержание органического углерода. Эти улучшения не только укрепляют экосистемные функции почвы, но и создают основу для более стабильных и экологически безопасных агропрактик, что имеет критическое значение для устойчивого сельского хозяйства [24].

Как отмечают Tiana и соавт. (2005), агроэкологические методы, такие как биологическая борьба с вредителями, севооборот и использование бобовых культур в качестве зеленого удобрения, способствуют восстановлению структуры почвы, повышению ее плодородия и укреплению экосистемных функций. В отличие от традиционного сельского хозяйства, основанного на синтетических пестицидах и удобрениях, органические практики снижают экологическую нагрузку и повышают устойчивость агросистем. [25, 26].

Интегрированное сельское хозяйство объединяет органические и традиционные подходы, позволяя снизить общее воздействие на окружающую среду. Для минимизации экологического следа агропродовольственной системы необходимо глобально управлять питательной средой и не допускать истощения почв. При этом экологическая эффективность достигается не только за счет методов производства, но и благодаря минимальной переработке, упаковке и транспортировке продукции, что снижает потребление ресурсов и выбросы парниковых газов на всех этапах жизненного цикла продуктов.

Инновационным направлением в странах с отсутствием плодородных земель является **вертикальное земледелие**. Такие системы позволяют экономно использовать ресурсы, снижать воздействие на окружающую среду и обеспечивать стабильное производство продуктов питания круглый год. Вертикальные фермы используют многоярусные конструкции, гидропонику, аэропонику и контролируруемую среду (СЕА), что позволяет выращивать растения без почвы, с точным управлением питательными веществами, освещением и микроклиматом. Это особенно актуально в городских условиях, где ограничено пространство и высока потребность в локальном производстве продуктов. [27, 28].

По данным Green и соавт. (2023), интеграция автоматизации, искусственного интеллекта и замкнутых производственных циклов в вертикальном земледелии способствует повышению урожайности, снижению водопотребления до 95% и исключению использования пестицидов [29].

Современные подходы, применяемые в вертикальном земледелии как одной из моделей устойчивого агропроизводства, включают биомимикрию, устойчивые методы выращивания и цифровые технологии, такие как сенсорные системы, Интернет вещей (IoT) и алгоритмы машинного обучения. Эти решения позволяют точно управлять питательной средой, микроклиматом и процессами роста растений, адаптируя производство к климатическим вызовам и дефициту плодородных земель. При этом вертикальное земледелие рассматривается как ключевой элемент будущей продовольственной безопасности, особенно в условиях роста населения и урбанизации [27, 28, 30].

Кроме того, экология питания акцентирует внимание на необходимости сокращения пищевых отходов, которые, по данным FAO (2021), составляют около трети от общего объема производимых продуктов питания [31]. Brown (2022) подчеркивает, что образовательные программы для потребителей являются эффективным инструментом в борьбе с избыточным потреблением и нерациональным обращением с продуктами. Пищевые отходы не только представляют собой потерю ресурсов, но и способствуют выбросам метана на свалках, усугубляя климатические проблемы [32]. Внедрение эффективных систем утилизации и переработки, а также образовательные программы по минимизации отходов помогают справиться с этой проблемой.

Таким образом, внедрение инноваций — от вертикального земледелия до систем сокращения пищевых отходов — формирует технологическую основу устойчивого агропроизводства. Однако экологически ответственный подход к питанию невозможен без активного участия общества.

Общество. Общество играет ключевую роль в формировании экологически устойчивой системы питания, поскольку социальные структуры, культурные нормы и экономические условия напрямую влияют на пищевое поведение, производство и потребление продуктов [33].

На уровне повседневной жизни пищевые привычки зависят от доступа к качественным продуктам, уровня образования, занятости и дохода. Люди в разных социальных группах сталкиваются с неодинаковыми условиями выбора — для одних доступны фермерские рынки и органические продукты, другие ограничены в выборе из-за экономических причин или отсутствия инфраструктуры. Это порождает неравенство в питании, что влияет на здоровье и усугубляет социальное расслоение. [34].

Экология питания рассматривает проблему доступа к качественным продуктам через призму социальной справедливости. Сегодня миллионы людей сталкиваются с голодом и дефицитом питательных веществ, в то время как другие страдают от переизбытка и ожирения. Это подчеркивает необходимость построения инклюзивной и устойчивой системы питания, обеспечивающей равные условия для всех групп населения [35]. Экология питания предлагает решения, такие как поддержка местных производителей, развитие локальных продовольственных систем и образовательных программ, направленные на повышение осведомленности о здоровом и устойчивом питании.

Особое внимание следует уделять уязвимым группам, включая низкооплачиваемых работников, мигрантов и людей с ограниченными возможностями. Для них доступ к питательной и экологически безопасной пище должен быть не роскошью, а гарантией социальной поддержки.

Сохранение культурных традиций и пищевых привычек также является важным аспектом экологии питания. Уважение к местным обычаям и традициям в питании способствует социальной сплоченности и укреплению идентичности сообществ. Это может быть достигнуто через программы, которые поддерживают местные кулинарные практики и продвигают местные продукты [36].

Важным фактором экологии питания является просвещение населения в вопросах экологически чистых пищевых продуктов, а также принятие политических мер для поддержки устойчивых пищевых систем, включая субсидии и образовательные программы.

Таким образом, экологически устойчивое питание невозможно рассматривать в отрыве от социальных и культурных контекстов. Пищевые практики отражают не только индивидуальные предпочтения, но и коллективные ценности, традиции, доступ и справедливость. Однако устойчивость продовольственной системы зависит не только от поведения общества, но и от экономических механизмов, которые определяют ее жизнеспособность.

Экономика. Во всем мире основным фактором, определяющим структуру потребления продовольствия, является финансовое положение стран и различных групп населения. Экологически устойчивое питание невозможно без экономической жизнеспособности продовольственной системы. Это означает, что производство, переработка, распределение и потребление пищи должны быть не только экологически безопасными, но и экономически оправданными. Устойчивость включает рентабельность агропредприятий, справедливую оплату труда, доступность продуктов и инвестиционную привлекательность отрасли.

Одним из вызовов является ценовая доступность здоровых пищевых продуктов, включая органику, локальные сезонные товары и растительные альтернативы. Эти категории, как правило, дороже, что усиливает продовольственное неравенство. Согласно данным ФАО за 2022 год, здоровое питание было экономически недоступно для 2,83 миллиарда человек — это около 35,4% населения мира [37]. Несмотря на рост цен (средняя стоимость здорового рациона достигла 3,96 долл. по ППС на человека в день), общее число людей без доступа к питательной пище снизилось по сравнению с 2021 годом. Это связано с частичным восстановлением экономики и доходов в странах с высоким и средним уровнем дохода. Однако в странах с низким уровнем дохода ситуация ухудшилась: в Африке число людей, не имеющих доступа к здоровому питанию, выросло до 924,8 млн человек, что на 24,6 млн больше, чем в 2021 году [37]. В ответ государства внедряют компенсационные механизмы: субсидии, налоговые льготы, модели социального питания, а также ценовую политику, направленную на снижение стоимости полезных продуктов и ограничение доступа к вредным [38].

Так, Европейский регион ВОЗ реализует стратегию ценовой политики, направленную на формирование более здорового рациона питания среди населения. Эта стратегия включает экономические меры, такие как снижение налогов на полезные продукты (фрукты, овощи, цельнозерновые), субсидирование производителей экологически чистой продукции, а также введение налогов на продукты с высоким содержанием сахара, соли и насыщенных жиров. Цель — сделать здоровую пищу более доступной, а вредную — менее привлекательной с финансовой точки зрения. В отчете ВОЗ представлены примеры успешного применения таких мер в странах Европейского региона, включая Венгрию, Финляндию и Великобританию, где ценовая корректировка уже привела к снижению потребления вредных продуктов и увеличению доли здоровых в рационе. Стратегия основана на поведенческой экономике и подтверждена эмпирическими данными, демонстрирующими ее эффективность в борьбе с ожирением и хроническими заболеваниями [38].

Инвестиции в инфраструктуру и экологичные технологии — неотъемлемая часть устойчивой продовольственной модели. Внедрение логистики с низким углеродным следом, переработка пищевых отходов, ресурсосберегающие технологии требуют финансовых стимулов. Согласно аналитике SVOI.VC, инвестиции в предприятия по переработке отходов и экологичную упаковку показывают высокую доходность и устойчивость. «Зеленые» проекты становятся экономически привлекательными: они сочетают прибыль с социальной ответственностью [39].

Появились новые инвестиции в инновации, такие как вертикальное земледелие и альтернативные источники белка (например, насекомые, растительные белки), которые могут стимулировать развитие и создавать новые возможности для бизнеса [29]. Эти технологии помогают повысить эффективность производства и снизить воздействие на окружающую среду.

Международный опыт показывает, что экономика питания — это инструмент устойчивого развития. Страны, такие как Швеция, Нидерланды, Канада, интегрируют экологические цели в экономические стратегии. В рамках инициативы ООН государства берут на себя обязательства по обеспечению экономической доступности здоровой пищи [40].

В Республике Беларусь формируется устойчивая продовольственная модель, сочетающая экологические, экономические и социальные аспекты. Государственная политика ориентирована на обеспечение продовольственной безопасности, доступности здорового питания и развитие «зеленой» экономики. Согласно Доктрине национальной продовольственной безопасности до 2030 года, страна стремится к рациональному потреблению, конкурентоспособному аграрному производству и интеграции в мировую продовольственную систему [41].

Беларусь активно участвует в реализации Целей устойчивого развития ООН, включая ликвидацию голода и обеспечение круглогодичного доступа к безопасной и питательной пище для всех групп населения. Особое внимание уделяется развитию устойчивых систем производства продуктов питания, повышению продуктивности сельского хозяйства и сохранению экосистем [42].

Научные данные подтверждают высокий уровень продовольственной обеспеченности: по оценке НАН Беларуси, 99% населения страны может позволить себе здоровое питание, а энергетическая ценность рациона превышает 130% от средней потребности [43]. Это один из самых высоких показателей в мире, что свидетельствует о стабильности агропромышленного комплекса и эффективности государственной политики.

Важным направлением является внедрение экологических технологий. Беларусь реализует Национальную стратегию устойчивого развития и Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики. Эти документы направлены на снижение выбросов, рациональное использование ресурсов и переход к экологически чистым производствам [44].

Заключение. Экология питания представляет собой междисциплинарную область, изучающую комплексные связи между системами продовольственного производства, потребительскими практиками и экологическими последствиями. Современные глобальные вызовы, такие как изменение климата, разрушение экосистем, сокращение биоразнообразия и нестабильность в продовольственном обеспечении, подчеркивают актуальность перехода к более ответственным и устойчивым продовольственным моделям.

Исследования подтверждают, что рацион питания, основанный на растительных компонентах, местных продовольственных ресурсах и принципах агроэкологического земледелия, способствует снижению антропогенного воздействия на окружающую среду. Уменьшение пищевых потерь, развитие региональных продовольственных систем, внедрение технологий устойчивого производства и повышение уровня экологической грамотности населения рассматриваются как ключевые условия реализации экологически обоснованных стратегий питания.

В данной связи экология питания предстает не только как предмет фундаментального и прикладного анализа, но и как системообразующий компонент устойчивого развития. Объединение знаний ученых, управленцев и активных граждан необходимо для создания такой системы питания, которая учитывает интересы человека, общества и природы, и способствует их гармоничному взаимодействию.

Список использованных источников

1. Lang T., Barling D. Food security and food sustainability: reformulating the debate // *The Geographical Journal*. — 2012. — Vol. 178, No. 4. — P. 313–326.
2. Sundermeier J., Müller A. и др. Ernährung und Umwelt — Einführung des Begriffs Ernährungsökologie. — Gießen: Universität Gießen, 1986. — 45 с.
3. Drewnowski A. Sustainable diets: What is nutritionally adequate, environmentally sound, culturally acceptable, and economically fair // *Nutrition Reviews*. — 2020. — Vol. 78, No. 8. — P. 51–66.
4. Diamond J. *Guns, Germs, and Steel*. — New York: W. W. Norton & Company, 1997. — 480 с.
5. Thomas Aquinas. *Summa Theologiae*: обзор философских взглядов на природу и человека. — XIII в.
6. Uexküll J. von. *Umwelt und Innenwelt der Tiere*. — Berlin: Springer, 1909. — 186 с.
7. IPCC. *Special Report on Climate Change and Land*. — Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. — URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/> (дата обращения: 11.08.2025).
8. WHO/FAO. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. — Geneva: World Health Organization, 2003. — (WHO Technical Report Series; 916). — 149 с.
9. HLPE. *Impact of COVID-19 on food security and nutrition*. — Rome: Committee on World Food Security, 2020. — 48 с.

10. CFS. Global Food Systems Summit Report. — Rome: Committee on World Food Security, 2022. — URL: <https://www.fao.org/cfs/home/en/> (дата обращения: 11.08.2025).
11. FAO, IFAD, WFP. The State of Food Security and Nutrition in the World. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. — URL: <https://www.fao.org/publications/sofi/en/> (дата обращения: 11.08.2025).
12. Willett W., Rockström J. и др. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems // *The Lancet*. — 2019. — Vol. 393, No. 10170. — P. 447–492.
13. Garnett T. и др. Policies and actions to shift eating patterns: What works? — Oxford: Food Climate Research Network, University of Oxford, 2015. — 85 с.
14. Monteiro C.A. и др. Ultra-processed foods: a global public health concern // *Public Health Nutrition*. — 2023. — Т. 26, № 1. — С. 1–10.
15. Willett W. и др. Planetary health diet review // *The Lancet*. — 2023. — Т. 401, № 10291. — С. 123–145.
16. Mertens E. и др. Effects of plant-based diets on cardiovascular health // *Journal of Nutrition*. — 2023. — Т. 153, № 4. — С. 456–470.
17. Bonaccio M. и др. Mediterranean lifestyle outside Mediterranean countries // *International Journal of Public Health*. — 2023. — Т. 68, № 2. — С. 215–230.
18. Green R. и др. Dietary patterns and carbon footprint // *Environmental Research Letters*. — 2023. — Т. 18, № 3.
19. Smith P. и др. Environmental sustainability of Mediterranean diets // *Sustainability*. — 2023. — Т. 15, № 6. — С. 1123–1139.
20. Zhernakova A. и др. Gut microbiome–diet–health interactions // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. — 2023. — Т. 20, № 5. — С. 289–305.
21. Транскриптомика *Lactobacillus rhamnosus* как биометр detox / Центр биохимии РУДН. — М.: Российский университет дружбы народов, 2020. — 45 с.
22. Shennan, C. Organic and conventional agriculture: A useful framing? / C. Shennan, T.J. Krupnik, G. Baird et al. // *Annual review of environment and resources*. — 2017. — Vol. 42. — P.317–346.
23. Ritchie, H., Roser, M., Rosado, P. Environmental impacts of food production [Электронный ресурс] / *Our World in Data*. — 2023. — URL: <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food> — Дата обращения: 05.08.2025.
24. Smith, J. et al. (2019). Organic farming and soil health. *Journal of Sustainable Agriculture*, 45(3), 123-135.
25. Tiana, J. J. Food and the future. / J. J. Tiana, B.C. Bryksaband, R. Y. Yada // *Frontiers in Life Science*. — 2005. — Vol. 9, N3. — P.155–166.
26. Maeder, P. Soil fertility and biodiversity in organic farming // P. Maeder, A. Fliessbach A, D. Dubois // *Science*. — 2002. — Vol. 296. — P.1694–1697.
27. Stiles J. и др. The future of vertical farming: necessary advances in precision technology, crop selection and market sector development // *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. — 2025. — Т. 100, № 2. — С. 145–160.
28. Sowmya R. и др. Recent developments and inventive approaches in vertical farming // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. — 2024. — Т. 8. — С. 112–130.
29. Green, T. et al. (2023). Innovations in sustainable food production. *Nature Sustainability*, 6(2), 123-135.
30. Siregar, M. A., Purwandari, B., Nugroho, H. A. Vertical Farming Perspectives in Support of Precision Agriculture Using Artificial Intelligence // *Computers*. — 2022. — Vol. 11, № 9. — P. 135. — DOI: 10.3390/computers11090135.
31. FAO. (2021). Global food waste statistics. United Nations Report.
32. Brown, K. (2022). Reducing food waste through consumer education. *Waste Management*, 45, 89-97.
33. Экология питания и влияние на планету — Agrovent [Электронный ресурс]. — URL: <https://agrovent.ru/blog/novosti-kompanii/ekologiya-pitaniya-kak-to-chto-vy-edite-vliyaet-na-zhiznedejatelnost-vsey-planety/>.
34. Цель 12: Ответственное потребление и производство — SDGs.by [Электронный ресурс]. — URL: <https://sdgs.by/targets/target12/>.
35. Социальные аспекты экологизации общества / Калинникова М.В. // *Известия Саратовского университета. Серия Социология. Политология*. — 2010. — [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-aspekty-ekologizatsii-sovremennogo-obschestva>.
36. Wilson, M. (2024). Consumer behavior and sustainable food choices. *Journal of Environmental Psychology*, 33(4), 567-579.
37. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome: FAO, 2023. — URL: <https://www.fao.org/3/cc3017en/cc3017en.pdf> (дата обращения: 05.08.2025).
38. Ценовая политика в области питания: обзор политики в Европейском регионе ВОЗ. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2021. — URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/343782/9789289051453-rus.pdf?sequence=3> (дата обращения: 05.08.2025).
39. Инвестиции в экологические проекты: переработка отходов и биоразлагаемая упаковка / SVOI.VC. — 2024. — URL: <https://svoi.vc/investicii-v-ekologicheskie-proekty/> (дата обращения: 05.08.2025).
40. Десятилетие действий по проблемам питания / Организация Объединенных Наций. — URL: <https://www.un.org/nutrition/ru> (дата обращения: 05.08.2025).

41. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: постановление Совета Министров РБ от 15.12.2017 №962. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700962> (дата обращения: 05.08.2025).
42. Цель 2: Ликвидация голода — Цели устойчивого развития в Беларуси. — URL: <https://sdgs.by/targets/target2/> (дата обращения: 05.08.2025).
43. 99% населения Беларуси может позволить себе здоровое питание // Аргументы и факты в Беларуси. — 02.07.2025. — URL: https://aif.by/economic-news/99_naseleniya_bielarusi_mozhet_pozvolit_sebe_zdorovoe_pitanie (дата обращения: 05.08.2025).
44. «Зеленые» технологии: курс на экологически безопасное будущее // RLST.by. . — 04.08.2025. — URL: <https://rlst.by/2025/08/04/zelenye-tehnologii-kurs-na-ekologicheskii-bezopasnoe-budushhee/> (дата обращения: 05.08.2025).

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

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

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

Цыганков Василий Георгиевич, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены пищевых продуктов Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии (ул. Академическая, 8, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: vgz@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 Street, Minsk, 220070, Republic of Belarus).

E-mail: valery.shilov@gmail.com

Batyana 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

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

Tsygankov Vasily Georgievich, Ph.D. (Medical), Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Complex Issues in Food Hygiene, Research Institute of Hygiene, Toxicology, Epidemiology, Virology, and Microbiology (8, Akademicheskaya str., Minsk, 220012, Republic of Belarus).

E-mail: vgz@tut.by