

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 16
№2(60)
2023

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 13.06.2023.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 12,80.

Тираж 100 экз. Заказ 222.

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. 16, №2(60) 2023

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 Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor

Editorial Board:

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 (with his consent)

Gusakov Gordey Vladimirovich – Director of the Republican Unitary Enterprise "Institute of the Meat and Dairy Industry", PhD of Economical Sciences (with his consent)

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

Laptenok Natalya Sergeevna – director of the research and production republican subsidiary unitary enterprise "Beltekhknokhle", PhD of Technical Sciences (with her consent)

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

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 (with her consent)

Petyushev Nikolay Nikolaevich – Head of the Department of Technologies for Production of Root and Tuber Crops and New Technique of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Technical Sciences

Roslyakov Yuriy Fedorovich – Head of the Department of Technology of Bakery, Pasta and Confectionery Production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University", Doctor of Technical Sciences, Professor (with his consent)

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 (with her consent)

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 (with his consent)

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 (with his consent)

Mironova Natalya Pavlovna – executive editor, Head 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. 16
№2(60)
2023

**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 13.06.2023
Format 60x84/8. Offset paper.
NewtonC type. Offset printing.
Printed pages 11,16.
Publisher's signatures 12,80.
Circulation 100 copies. Order 222.
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

Приветствие участникам Конгресса!	6
Ловкис Э. В., Ловкис Е. Э., Мелещня А. В., Почипкая И. М. Проект Концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года (с дополнениями и изменениями).....	8
Ловкис Э. В., Колоскова О. В. О деятельности межведомственного координационного совета по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси.....	15
Моргунова Е. М., Кондратенко С. А. Методологические подходы и принципы повышения качества и конкурентоспособности пищевых продуктов.....	19
Мойсеенок А. Г., Мотылевич Ж. В., Черемисин А. С., Мойсеенок Е. А., Катковская И. Н., Титко О. В., Азизбеян С. Г. Эссенциальность и дефицит железа в питании: углубление известной проблемы нутрициологии.....	31
Тармаева И. Ю., Богданова О. Г. Особенности структуры потребления пищевых продуктов населением Байкальского региона.....	40
Симоненко Е. С., Симоненко С. В., Семенова Е. С., Залетова Т. С., Феофанова Т. Б., Мануелова Б. М. Разработка специализированных молочных продуктов в комплексном лечении ожирения и белково-энергетической недостаточности.....	43
Шялов В. В., Батян А. Н. История и стратегии персонализированного питания.....	49
Головач Т. Н. Высокоактивные протеазы для получения ферментативных гидролизатов белков молока с различной степенью гидролиза.....	56
Масанский С. Л. Синтез принципов формирования ассортимента продуктов для школьного питания в системе межотраслевых связей.....	64
Рощина Е. В., Бань М. Ф. К вопросу повышения грамотности студентов о здоровом и правильном питании.....	80
Акулич А. В., Зенькова М. Л. Повышение пищевой ценности консервированных десертов при использовании пророщенного зерна.....	85
Пискун Г. И. Пищевая ценность и роль картофеля в здоровом питании человека.....	93
Киселева Е. П., Михайлоуло К. И., Свиридов О. В. Набор реагентов для иммуноферментного определения глиадина в продуктах питания: технико-аналитические характеристики и вопросы пробоподготовки.....	98

CONTENTS

Greetings to the participants of the Congress!.....	6
Lokis Z. V., Lokis E. Z., Meleshchenya A. V., Pochitskaya I. M. Project Concepts of the state policy in the field of healthy nutrition of the population of the Republic of Belarus for the period until 2030 (with additions and amendments).....	8
Lovkis Z. V., Koloskova O. V. On the activities of the Interdepartmental Coordinating Council on Nutrition Problems under the National Academy of Sciences of Belarus.....	15
Marhunova A. M., Kandratsenka S. A. Methodological approaches and principles for improving the quality and competitiveness of food products.....	19
Moiseenok A. G., Motylevich Zh. V., Cheremisin A. S., Moiseenok E. A., Katkovskaya I. N., Titko O. V., Azizbekyan S. G. Essentiality and iron deficiency in nutrition: deepening a well-known problem of nutrition.....	31
Tarmeva I. Yu., Bogdanova O. G. Features of the structure of food consumption by the population of the Balkal region.....	40
Simonenko E. S., Simonenko S. V., Semenova E. S., Zaletova T. S., Feofanova T. B., Manuylov B. M. Development of speclalized dairy products in the complex treatment of obesity and protein and energy insufficiency.....	43
Shilov V. V., Batyan A .N. History and strategies of personalized nutrition.....	49
Halavach T. M. Highly active proteases for obtaining enzymatic dairy protein hydrolysates with different hydrolysis degree.....	56
Masansky S. L. Synthesis of the principles for forming a range of products for school food in the system of inter-industrial relations.....	64
Poschyna E. V., Ban M. F. To the question of increasing the literacy of students about healthy and proper nutrition.....	80
Akulich A. V., Zenkova M. L. Increasing the nutritional value of canned desserts using sprouted grain.....	85
Piskun G. I. Nutritional value and role of potatoes in a healthy human diet.....	93
Kiseleva E. P., Mikhailopulo K. I., Sviridov O. V. A test system for gliadin enzyme immunoassay in food: technical and analytical characteristics and sample preparation aspects.....	98

ПРИВЕТСТВИЕ УЧАСТНИКАМ КОНГРЕССА!

В. Г. Гусаков,

Председатель Президиума НАН Беларуси, академик, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

От имени Президиума Национальной академии наук Беларуси приветствую всех участников и гостей IV Конгресса «Наука, питание и здоровье», который проходит в год 95-летия создания НАН Беларуси!

Обеспечение продовольственной безопасности и вопросы здорового питания неизменно входят в перечень государственных приоритетов в нашей стране. Актуальность проблемы связана с тем, что многие нарушения питания оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека, увеличивая риск развития основных социально-значимых заболеваний. Учеными и медиками Беларуси и России уже проделана существенная работа по продвижению и научному обоснованию основных принципов здорового питания.

Однако по-прежнему остаются не решенными вопросы несбалансированности рациона питания современного человека в разрезе химического состава и калорийности продуктов питания. Изучено фактическое питание различных групп населения, что позволило выявить дисбаланс рациона и дефицит жизненно важных нутриентов и разработать рекомендации по обогащению пищевых продуктов.

Пристальное внимание в нашей стране уделяется вопросам школьного питания и ассортименту школьных столовых и буфетов. В декабре 2022 года в Беларуси стартовал пилотный проект по организации питания в школах, в котором принимает участие 21 школа со всех регионов республики, в том числе сельские школы. Цель проекта – изучение вкусовых предпочтений школьников и совершенствование организации питания детей в учреждениях образования.

Для обсуждения вопросов питания и выработки основных подходов по продвижению концепции здорового питания в современном обществе на базе Национальной академии наук Беларуси создан и успешно функционирует Межведомственный координационный совет по проблемам питания. В число приоритетных направлений работы совета входят обеспечение доступности качественных и безопасных продовольственного сырья и пищевых продуктов, достаточность питания для всех слоев населения Республики Беларусь; оптимизация системы мониторинга обеспеченности населения макро- и микронутриентами и научная обоснованность практических мер в области здорового питания. Разработан проект концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года.

В настоящее время наблюдается устойчивое изменение потребительских предпочтений и соответственно изменение технологий и ассортимента пищевой продукции. Немаловажную роль в формировании основных тенденций развития пищевой промышленности сыграла пандемия Covid-19 и ее последствия, а также заметная трансформация парадигмы ценностей общества, выражающаяся в более осознанном отношении людей к окружающей среде и своему здоровью.

Принципы здорового питания, которые стали особенно популярны в период пандемии, продолжают доминировать и сейчас. Как показывают исследования маркетологов, произошли заметные сдвиги в потребительских привычках, возросло приобретение товаров, связанных со здоровьем и благополучием.

Пандемия и связанные с ней ограничения подтолкнули людей задуматься о здоровом образе жизни: улучшить физическое и психическое здоровье, подобрать правильный рацион



питания. В настоящее время на мировом рынке наблюдается рост спроса на продукты питания, которые улучшают здоровье и поддерживают иммунную систему, персонализированные и функциональные продукты, растительные белковые продукты в качестве альтернативы животным белкам; натуральные ингредиенты и пищевые добавки; детское питание.

Проведение IV Конгресса «Наука, питание и здоровье» позволит объективно оценить достижения ученых и медиков в данном направлении, объединить накопленный опыт и разработать новые подходы для решения поставленных задач. На конгрессе встретятся ведущие белорусские и зарубежные ученые, представители сферы здравоохранения и пищевых технологий. Перед участниками мероприятия стоят масштабные задачи, в повестке дня широкий спектр вопросов, касающихся медицинских аспектов питания и вопросов диетологии, разработки и совершенствования технологий продуктов здорового питания. Программа насыщена самыми разными тематическими мероприятиями, которые внесут значимую лепту в решение задач здравоохранения.

Уверен, что конгресс станет эффективной коммуникационной площадкой для обмена опытом и обсуждения актуальных вопросов и результатов научных исследований в области здорового питания.

Желаю всем участникам мероприятия плодотворной работы, здоровья, мира и добра!

Председатель Президиума НАН Беларуси,
академик, доктор экономических наук,
профессор, заслуженный деятель
науки Республики Беларусь



В.Г. Гусаков

УДК 613.2:641.561:342.924

Поступила в редакцию 24.04.2023
Received 24.04.2023**З. В. Ловкис, Е. З. Ловкис, А. В. Мелешеня, И. М. Почницкая***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ПРОЕКТ КОНЦЕПЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ
В ОБЛАСТИ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА
(С ДОПОЛНЕНИЯМИ И ИЗМЕНЕНИЯМИ)**

Аннотация. В статье изложен проект Концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года: основные положения, цели, основные задачи и принципы, приоритеты обеспечения здорового питания населения Республики Беларусь, основные мероприятия в области обеспечения здорового питания, ожидаемые результаты и механизм реализации концепции.

Ключевые слова: концепция государственной политики, здоровое питание, приоритеты обеспечения здорового питания, физиологические потребности.

Z. V. Lokis, E. Z. Lokis, A. V. Meleshchenya, I. M. Pochitskaya*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***PROJECT CONCEPTS OF THE STATE POLICY IN THE FIELD
OF HEALTHY NUTRITION OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC
OF BELARUS FOR THE PERIOD UNTIL 2030
(WITH ADDITIONS AND AMENDMENTS)**

Abstract. The article presents the draft Concept of the state policy in the field of healthy nutrition of the population of the Republic of Belarus for the period up to 2030: main provisions, goals, main tasks and principles, priorities for ensuring healthy nutrition of the population of the Republic of Belarus, main activities in the field of ensuring healthy nutrition, expected results and mechanism concept implementation.

Key words: the concept of public policy, healthy nutrition, priorities for ensuring healthy nutrition, physiological needs.

**ГЛАВА 1
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1. Настоящей Концепцией определяются цели, основные задачи, принципы и направления деятельности в области обеспечения здорового питания населения Республики Беларусь.

2. Концепция базируется на принципах преемственности основополагающих законодательных и нормативных документов: Закона Республики Беларусь от 29 июня 2003 г. «О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека»; «Доктрины национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года» от 15 декабря 2017 г.; «Концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2020 года» от 22 сентября 2015 г.

3. В настоящей Концепции используются следующие основные термины и определения:

♦ здоровое питание — научно обоснованное адекватное питание, способствующее оптимальной жизнедеятельности организма человека в зависимости от пола, возраста, состояния

здоровья, характера деятельности, способствующее профилактике и лечению заболеваний, обеспеченное достаточным количеством макро- и микронутриентов и ассортиментом безопасных пищевых продуктов;

- ♦ лечебно-профилактическое питание — научно обоснованные специальные рационы, подобранные в целях предупреждения нарушений в организме лиц, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;

- ♦ нутрициология — наука о питании, пищевых и других веществах в пищевых продуктах, об их действии, взаимодействии и балансе в организме здорового или больного человека, о диетических требованиях для поддержания здоровья и развития организма, процессах потребления, переваривания, абсорбции, транспорта, утилизации и экскреции пищевых веществ;

- ♦ обогащенная пищевая продукция — пищевая продукция, в которую добавлены одно или более пищевые и/или биологически активные вещества и/или пробиотические микроорганизмы, не присутствующие в ней изначально, либо присутствующие в недостаточном количестве или утраченные в процессе производства; при этом гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого или биологически активного вещества, использованного для обогащения, доведено до уровня, соответствующего критериям для пищевой продукции — источника пищевого вещества или других отличительных признаков пищевой продукции, а максимальный уровень содержания пищевых и/или биологически активных веществ в такой продукции не должен превышать верхний безопасный уровень потребления таких веществ при поступлении из всех возможных источников (при наличии таких уровней);

- ♦ пищевая ценность — понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспечения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах и энергии. Характеризуется химическим составом пищевого продукта с учетом его потребления в общепринятом количестве.

- ♦ рациональное питание — это физиологически полноценное и сбалансированное питание здоровых людей с учетом их пола, возраста, характера труда, климатических условий;

- ♦ фальсифицированные продовольственное сырье и пищевые продукты — произведенные и (или) вовлеченные в оборот продовольственное сырье и пищевые продукты с умышленно измененным составом, и (или) свойствами, и (или) характеристиками, изменяющими их пищевую ценность, и (или) умышленно измененной информацией о составе и (или) изготовителе, и (или) умышленно приданным внешним видом и (или) отдельными свойствами определенного вида продовольственного сырья или пищевых продуктов, но которые не могут быть отнесены к продовольственному сырью и пищевым продуктам, за которые они выдаются.

- ♦ функциональные пищевые продукты — пищевые продукты с заданным химическим составом, энергетической ценностью, физическими свойствами, отвечающие физиологическим потребностям организма человека и обладающие доказанным положительным эффектом на функциональное состояние его организма при болезненных и предпатологических состояниях;

- ♦ энергетическая ценность продуктов питания (*калорийность* — расчетное количество тепловой энергии (измеряемое в калориях или джоулях), которое вырабатывается организмом человека или животных при усвоении (катаболизме) съеденных продуктов. Зависит от химического состава пищи (количества белков, жиров, углеводов и других веществ).

Создание условий для повышения уровня жизни населения Республики Беларусь является приоритетным направлением социально-экономической политики государства. Питание является значимым инструментом влияния на состояние здоровья населения Республики Беларусь, развитие заболеваний инфекционной и неинфекционной природы увеличения продолжительности и продление безболезненного периода жизни, сохранения физического и психического здоровья.

Государственная политика направлена на поддержку аграрного сектора и перерабатывающей отрасли экономики, производителей пищевых продуктов, системы контроля за безопасностью и качеством продовольственного сырья и пищевых продуктов, на подготовку соответствующих специалистов медицинского и технологического профилей, пропаганду и внедрение принципов здорового питания среди населения, развитие научных исследований в данной области. Согласно оценкам Всемирной организации здравоохранения сбалансированный рацион играет ключевую роль в профилактике сердечно-сосудистых и ряда онкологических заболеваний, ожирения и сахарного диабета, при иммунодефицитных состояниях, патологии костной системы, риска врожденных пороков развития плода.

На мировом рынке растет спрос на продукты «здорового» питания (натуральные ингредиенты, растительное происхождение, пониженное содержание соли и сахара) и функциональ-

ные (обогащенные витаминами, с повышенным содержанием белка, содержащие пробиотики). В период 2020–2027 гг. ежегодный прирост рынка продуктов «здорового» питания, произведенных из натуральных ингредиентов, прогнозируется на уровне 5,3% в год, функциональных продуктов — 4,9%. Ожидается, что мировой рынок безглютенных продуктов питания значительно вырастет за 2020–2025 гг. с 5,6 млрд. долл. США до 8,3 млрд. долл. США.

Ряд социально значимых заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, онкологические, ожирение и сахарный диабет в значительной степени обусловлены неадекватным питанием. Официальные эпидемиологические данные свидетельствуют о большой доле алиментарно-зависимых заболеваний, в первую очередь сердечно-сосудистых и онкологических, в общей структуре заболеваемости и смертности населения Республики Беларусь.

Согласно рекомендациям экспертов ВОЗ по питанию от 58 до 63 % энергетической ценности рациона должно обеспечиваться за счет углеводов, 26–30 % — за счет жиров и 11–15 % — за счет белков.

В рационе питания населения Республики Беларусь фактическая структура макронутриентов не сбалансирована, недостаточно растительных и животных белков, полезных пищевых волокон, микронутриентов (витаминов и минералов), отмечается переизбыток жиров, особенно жиров животного происхождения, холестерина, сахарозы. Многие злоупотребляют поваренной солью (среднесуточное потребление соли у мужчин — 12,4 г в день, у женщин — 9,0 г при норме в 5 г).

Снижение потребления соли на 1,3 г в сутки позволяет снизить артериальное давления примерно на 5 мм рт.ст.

Сохраняется проблема недостаточного потребления овощей и фруктов в рационе питания белорусов: среднее количество ежедневных порций овощей и фруктов составляет 2,1–1,8 при рекомендуемой норме ВОЗ не менее 5 порций овощей и 5 порций фруктов.

Несбалансированный рацион питания способствует появлению избыточного веса и ожирения. Распространенность избыточной массы тела составляет 60,6%, ожирения 25%. Избыточная масса тела наблюдается у 47,6 % мужчин и 35,6 % женщин, ожирение — у 19 % и 27,6 % мужчин и женщин соответственно. Удельный вес лиц с повышенным артериальным давлением (>140/90 мм рт.ст.) составляет 44,9%. Приверженность к лечению среди пациентов с артериальной гипертензией составляет 46,6%. Доля лиц с нарушенной гликемией натощак — 4%, с повышенным уровнем глюкозы в крови натощак — 3,6%, с гиперхолестеринемией.

Результаты изучения фактического питания в различных регионах Республики Беларусь, показывают, что при достаточном поступлении энергии с рационом имеет место дисбаланс основных и недостаток ряда незаменимых пищевых веществ. Практически для всех возрастных групп характерно недостаточное содержание кальция и витамина Д. В питании женщин фертильного возраста отмечается пониженное содержание продуктов, богатых железом. Кроме того, фактическое питание различных категорий населения характеризуется недостатком селена, витамина С и других незаменимых пищевых веществ.

ГЛАВА 2 **ЦЕЛИ, ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ, ПРИОРИТЕТЫ** **ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ** **РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Целями настоящей Концепции является определение приоритетных направлений научно-технической и социально-экономической политики страны, систематизация и координация деятельности государственных органов, организаций здравоохранения, пищевой и фармацевтической отраслей промышленности, научных и иных организаций Республики Беларусь по обеспечению полноценного, качественного и безопасного питания, направленного на улучшение состояния здоровья и качества жизни населения, устранение демографического дисбаланса.

Приоритетами обеспечения здорового питания населения Республики Беларусь являются:

- ♦ гарантированность качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов;
- ♦ актуализация норм физиологических потребностей и рекомендуемых величин суточного потребления пищевых и биологически активных веществ для различных групп населения;
- ♦ удовлетворение физиологических потребностей населения в пищевых веществах и энергии, в первую очередь — детей, беременных и кормящих женщин, лиц пожилого возраста,

лиц, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также лиц с различными хроническими алиментарно-зависимыми заболеваниями;

- ♦ расширение производства обогащенных и специализированных пищевых продуктов;
- ♦ увеличение ассортимента и объема производства продуктов питания на основе натурального сырья с применением технологий органического сельского хозяйства;
- ♦ профилактическая направленность питания с учетом индивидуальных физиологических потребностей конкретного индивидуума;
- ♦ разработка высокочувствительных и прецизионных аналитических методов обнаружения, идентификации и количественного определения опасных, потенциально опасных загрязнителей пищевой продукции, а также пищевых добавок, биологически активных веществ в пищевой продукции.

7. Основными принципами обеспечения здорового питания населения Республики Беларусь являются:

- ♦ доступность качественных и безопасных продовольственного сырья и пищевых продуктов, достаточность питания для всех слоев населения Республики Беларусь;
- ♦ оптимизация системы мониторинга обеспеченности населения макро- и микронутриентами;
- ♦ научная обоснованность практических мер в области здорового питания;
- ♦ межведомственное взаимодействие;
- ♦ подготовка медицинских кадров в области нутрициологии и диетологии;
- ♦ активное информирование различных категорий населения по вопросам здорового питания.

8. Основными задачами обеспечения здорового питания являются: в области нормативного правового обеспечения — совершенствование и гармонизация законодательства, регламентирующего вопросы здорового питания с учетом требований международных организаций по вопросам безопасности и качества продукции, в том числе в области производства пищевых продуктов, предназначенных для профилактики различных заболеваний и повышения защитных функций организма, диетических пищевых продуктов, рекламы пищевых продуктов;

- ♦ в области производства продовольственного сырья и пищевых продуктов — определение инновационных направлений и возможных точек роста, создание условий, в том числе экономических, для дальнейшего развития продовольственного сектора, обеспечивающего получение достаточного объема и широкого ассортимента качественных и безопасных пищевых продуктов, в том числе для детского и диетического питания;

- ♦ в области государственного контроля и надзора — недопущение реализации небезопасных и недоброкачественных продовольственного сырья и пищевых продуктов, обеспечение соблюдения установленных законодательством требований к организации питания и производству — продовольственного сырья и пищевых продуктов, в том числе достижение межведомственной координации, исключающей дублирование функций;

- ♦ в области образования — повышение конкурентоспособности отечественной пищевой продукции, формирование достаточного уровня знаний и навыков здорового питания среди детей, учащейся молодежи, повышение уровня информированности взрослого населения;

- ♦ в области здравоохранения — осуществление консультирования по вопросам здорового питания в организациях здравоохранения, расширение использования диетических пищевых продуктов в организациях здравоохранения при оказании медицинской помощи в амбулаторных и стационарных условиях, обеспечение соблюдения принципов здорового питания, оценки эффективности диетических пищевых продуктов, а также лечебно-профилактического питания;

- ♦ в области научного обеспечения — разработка и обоснование фундаментальных основ здорового питания и практических мер по их реализации.

ГЛАВА 3

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Основными мероприятиями в области обеспечения здорового питания населения Республики Беларусь являются:

в области производства продовольственного сырья и пищевых продуктов:

- ♦ развитие высокопродуктивных и экологически сбалансированных агротехнологий в растениеводстве и животноводстве, способствующих получению безопасного и качественного продовольственного сырья;

- ♦ разработка и применение современных технологий получения безопасных пищевых продуктов, исключающих возможности бактериального, химического и физического загрязнения;
- ♦ разработка и внедрение экономических механизмов, способствующих развитию ответственного производства безопасного и качественного продовольственного сырья, улучшению условий производства, соответствующих международным стандартам;
- ♦ дальнейшее развитие и расширение внедрения технологий обогащения пищевых продуктов микронутриентами, минорными компонентами, биологически активными веществами;
- ♦ разработка систем и приемов возделывания растительных культур и выращивание животных с применением технологий органического сельского хозяйства;
- ♦ разработка биоразлагаемой упаковки, способствующей повышению сроков хранения продуктов и качества;
- ♦ совершенствование требований в части маркировки пищевой продукции, изготовленной с использованием генетически модифицированных микроорганизмов.

9.2 в области обеспечения физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии всех категорий граждан в зависимости от возраста, пола, состояния здоровья и физической активности:

- ♦ постоянная актуализация наборов пищевых продуктов в составе потребительской корзины для обеспечения прожиточного минимума;
- ♦ разработка диетических пищевых продуктов для отдельных категорий граждан с особыми физиологическими потребностями (дети до 3 лет, беременные и кормящие женщины, лица с различными заболеваниями), а также для массовой профилактики состояний недостаточности пищевых веществ и их производство в необходимом количестве и ассортименте;
- ♦ организация отечественного производства биологически активных добавок (нутрицевтиков);
- ♦ обеспечение лечебно-профилактическим питанием лиц, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;
- ♦ разработка национальных рекомендаций для отдельных групп населения по рациону, способствующему сохранению здоровья и профилактике заболеваний;
- ♦ проведение мониторинга фактического питания и обеспеченности микронутриентами различных категорий граждан и оценка адекватности их питания физиологическим потребностям в целях обоснования оптимальных путей его корректировки;

9.3 в области методического, лабораторного, материально-технического и информационного обеспечения государственного контроля и надзора:

- ♦ разработка и внедрение современных высокотехнологичных методов исследования показателей качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов (содержание фармацевтических ветеринарных препаратов, пестицидов и других веществ);
- ♦ оптимизация системы лабораторного контроля за безопасностью пищевых продуктов в зависимости от приоритетности показателей (ранжирование спектра исследований);
- ♦ обеспечение контроля за производством функциональных, обогащенных, диетических пищевых продуктов, в том числе с целью своевременного информирования потребителей;
- ♦ обеспечение контроля за рекламой пищевых продуктов, формирование национального бренда белорусской продукции;
- ♦ аккредитация отдельных лабораторий учреждений, осуществляющих государственный надзор, и других организаций в системах аккредитации других государств;
- ♦ развитие системы мониторинга за показателями качества и безопасности пищевых продуктов, основанной на оценке риска; создание баз данных по нормативному и методическому обеспечению производства продовольственного сырья и пищевых продуктов, в том числе при поставках продовольственного сырья и пищевых продуктов на экспорт;
- ♦ в области повышения уровня информированности, формирования у различных групп населения основ знаний в области здорового питания:
- ♦ обеспечение доступности информационных ресурсов, включающих основные вопросы здорового питания путем издания рекомендаций по питанию для отдельных групп населения, создания специализированных сайтов, специальных телевизионных программ, постоянно действующих рубрик в печатных и других средствах массовой информации;
- ♦ осуществление в организациях здравоохранения консультирования пациентов по вопросам диетологии и здорового питания при оказании им медицинской помощи;
- ♦ проведение работы в учреждениях образования по формированию у обучающихся и воспитанников основ знаний о здоровом питании;
- ♦ поддержка рекламы, направленной на пропаганду здорового питания.

9.5. в области создания кадрового потенциала, обладающего высоким профессиональным уровнем, необходимым для обеспечения здорового питания:

- ♦ совершенствование подготовки медицинских работников в области нутрициологии, диетологии и гигиены питания на всех этапах получения ими профессиональной подготовки, в том числе посредством актуализации учебных планов и программ;
- ♦ введение в программы профессиональной подготовки специалистов в области образования, аграрного, технологического, экономического профиля вопросов здорового питания;
- ♦ формирование системы информирования специалистов в области производства, переработки и реализации продовольственного сырья и пищевых продуктов о новых знаниях в области здорового питания, в том числе посредством подготовки и выпуска специализированных научно-практических изданий;
- ♦ обеспечение подготовки научных работников высшей квалификации в области производства продовольственного сырья и пищевых продуктов, медицины и аналитической химии, нутрициологии;

9.6. в области формирования международного сотрудничества, способствующего привлечению дополнительных ресурсов к решению национальных задач в области здорового питания:

- ♦ обеспечение сотрудничества и получение актуальной информации по вопросам питания и безопасности пищевых продуктов в Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций, Всемирной организации здравоохранения, Европейских органах и организациях по безопасности и качеству пищевых продуктов, государств — участников СНГ, Евразийской экономической комиссии (ЕЭК);
- ♦ принятие мер по привлечению международной технической помощи, участие в договорах о сотрудничестве.

9.7. в области научного обеспечения:

- ♦ координация научных исследований, обмен опытом в области здорового питания;
- ♦ интенсификация исследований в области нутрициологии, диетологии, гигиены питания, разработок новых технологий получения высококачественного, безопасного продовольственного сырья и производства пищевых продуктов с высокой биологической ценностью;
- ♦ проведение доклинических испытаний и оценки эффективности новых видов продуктов здорового питания в соответствии с требованиями надлежающей клинической практики, разработка подходов к маркировке таких пищевых продуктов.

ГЛАВА 4

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ

10. Реализация настоящей Концепции будет способствовать созданию условий и предпосылок для улучшения демографической ситуации в Республике Беларусь путем уменьшения распространенности алиментарно-зависимой патологии, риска развития неинфекционных и инфекционных заболеваний, связанных с питанием, снижению смертности, увеличению продолжительности и качества жизни населения Республики Беларусь.

Ожидаемыми результатами реализации настоящей Концепции являются: совершенствование законодательства в области производства пищевых продуктов, предназначенных для профилактики различных заболеваний и укрепления защитных функций организма человека, диетических пищевых продуктов, совершенствование рекламы пищевых продуктов;

- ♦ рост информированности населения по вопросам здорового питания, способствующий сохранению здоровья и предупреждению алиментарно-зависимых заболеваний;
- ♦ увеличение объема производства функциональных, лечебно-профилактических, диетических продуктов, предназначенных для профилактики различных заболеваний и укрепления защитных функций организма, ассортимента диетических пищевых продуктов;
- ♦ снижение на рынке удельного веса пищевых продуктов, способных привести к возникновению риска вредного воздействия на организм человека и будущие поколения;
- ♦ снижение риска развития заболеваний, связанных с питанием (сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, ожирения и других), а также болезней витаминной недостаточности, остеопороза, витаминзависимых анемий, врожденных пороков развития плода;
- ♦ существенное повышение доли лиц, придерживающихся рекомендаций по питанию, способствующему сохранению здоровья и профилактике заболеваний;
- ♦ повышение активного долголетия и ожидаемой продолжительности жизни населения.

ГЛАВА 5 МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ

11. Для реализации задач и достижения целей, поставленных настоящей Концепцией, разрабатывается план с определением этапов, конкретных мероприятий, сроков и источников их финансирования. Реализация научных исследований будет осуществляться в рамках государственных и отраслевых научно-технических программ, финансируемых в установленном законодательством Республики Беларусь порядке и координируемых Национальной академией наук Беларуси.

Информация об авторах

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

E-mail: Lovkis_zv@mail.ru

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

E-mail: lovkiss_ez@list.ru

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

E-mail: aleksmel@tut.by

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

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Information about authors

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

E-mail: Lovkis.zv@mail.ru

Lovkis Elena Zenonovna, PhD (Economics), Deputy Head of the Department — Head of the product certification body of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lovkiss_ez@list.ru

Meleshchenya Aleksey Viktorovich, PhD (Economics), Associate Professor, General Director of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: aleksmel@tut.by

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher — Head of the Research Group of the Republican Control and Testing Complex for the Quality and Safety of Food Products of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

УДК [663/664+637.1/5]:001.89(476)

Поступила в редакцию 24.04.2023
Received 24.04.2023**З. В. Ловкис, О. В. Колоскова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», Минск, Республика Беларусь***О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО КООРДИНАЦИОННОГО
СОВЕТА ПО ПРОБЛЕМАМ ПИТАНИЯ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ**

Аннотация. В статье представлена информация о деятельности Межведомственного координационного совета по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси, являющегося важной координирующей структурой в решении вопросов питания за счет интеграции деятельности государственных учреждений, научных и других заинтересованных организаций Республики Беларусь.

Ключевые слова: Межведомственный координационный совет по проблемам питания, Национальная академия наук Беларуси.

Z. V. Lovkis, O. V. Koloskova*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***ON THE ACTIVITIES OF THE INTERDEPARTMENTAL COORDINATING
COUNCIL ON NUTRITION PROBLEMS UNDER THE NATIONAL
ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS**

Abstract. The article provides information on the activities of the Interdepartmental Coordinating Council on Nutrition Problems under the National Academy of Sciences of Belarus, which is an important coordinating structure in solving nutrition issues through the integration of state institutions, scientific and other interested organizations of the Republic of Belarus.

Key words: the Interdepartmental Coordinating Council on Nutrition Problems, National Academy of Sciences of Belarus.

Долгое время одной из основных причин, ограничивающих взаимодействие всех заинтересованных в решении проблемы здорового питания, в том числе питания детей, в Республике Беларусь, являлось отсутствие реальной, постоянно действующей коммуникационной площадки, которая взяла бы на себя роль информационно-аналитического и методического центра и инициатора дальнейших интеграционных процессов по решению этой важнейшей задачи, имеющей государственное значение. Ведомственная разобщенность, отсутствие интегрированного подхода к идее здорового питания были главным препятствием на пути решения проблемы.

В 2011 году в ходе рабочих совещаний в Национальной академии наук Беларуси возникла идея создания Межведомственного координационного совета по проблемам питания, и в связи с этим была создана рабочая группа по проблемам продовольствия и питания. 2 декабря 2012 года на заседании рабочей группы Гусаков Владимир Григорьевич, будучи в то время Заместителем Председателя Президиума НАН Беларуси, доложил информацию об инициативе создания в Национальной академии наук Беларуси Межведомственного координационного совета по проблемам питания, основными задачами которого являются выработка политики, определение приоритетных направлений и координация деятельности государственных учреждений, научных и иных заинтересованных организаций Республики Беларусь по вопросам полноценного и безопасного питания, направленного на улучшение состояния здоровья населения, предупреждение заболеваний, обусловленных неполноценным и несба-

лансированным питанием, предоставление научно-методического содействия по вопросам здорового питания.

Рабочей группой, в которую вошли Председатель и заместители председателя Президиума НАН Беларуси, академики-секретари отделений Национальной академии наук, директора и специалисты организаций, занимающихся созданием продуктов питания (сырья, государственных и межгосударственных стандартов, технологий производства), находящихся в ведении Национальной академии наук Беларуси, было разработано Положение о Межведомственном координационном совете по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси, а также сформирован состав совета.

Межведомственный координационный совет по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси был создан приказом НАН Беларуси №17 от 10.02.2014 г.

Согласно Положению о Совете, в его состав входят представители Национальной академии наук Беларуси, Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Министерства образования Республики Беларусь, Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром», Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, других министерств и ведомств по необходимости.

Совет возглавляет Председатель Президиума Национальной академии наук Беларуси.



Рис. 1. Заседание Межведомственного координационного совета по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси по продовольствию

Fig. 1. Session of the Interdepartmental Coordinating Council on Nutrition Problems under the National Academy of Sciences of Belarus

Перед началом нового календарного года составляется и утверждается план работы Межведомственного координационного совета по проблемам питания на будущий год. Вносить предложения в план работы Совета могут все заинтересованные стороны.

На заседаниях Совета, которые проходят ежеквартально, рассматриваются вопросы взаимосвязи питания и здоровья; контроля безопасности и качества продовольственного сырья и пищевых продуктов в Республике Беларусь; проблемы питания детей различного возраста; проблемы и перспективы использования пищевых добавок; перспективы обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь; типичные нарушения рекламы пищевых продуктов, вопросы, связанные с маркировкой пищевой продукции в части нанесения информации о пользе для здоровья; политика в области здорового питания (международные и национальные аспекты), современные направления и подходы в науке о питании (персонализированное питание, нутригеномика и нутригенетика) и т.д. (рис.2).

По результатам заседаний Межведомственного координационного совета по проблемам питания были приняты соответствующие решения, которые в разосланы в министерства и ведомства для организации исполнения.

В рамках деятельности Межведомственного координационного совета по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси принято решение с целью обеспечения и последующего повышения качества пищевой продукции, обеспечения полноценного пи-

тания населения, увеличения продолжительности и повышение качества жизни населения, профилактики неинфекционных заболеваний, стимулирования развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества в Республике Беларусь разработать Стратегию повышения качества и безопасности пищевой продукции, как основной документ для создания национальной системы повышения качества пищевой продукции, Концепцию Государственной политики в области здорового питания и Доктрину национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [1].



Рис. 2. Тематики вопросов, рассмотренных на заседаниях Межведомственного координационного совета по проблемам питания при НАН Беларуси, с момента создания, %

Fig. 2. Topics of issues considered at meetings of the Interdepartmental Coordinating Council on Nutrition at the National Academy of Sciences of Belarus, since its formation, %

На заседаниях Межведомственного совета были рассмотрены проекты Концепции Государственной политики в области здорового питания до 2020 года и Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции до 2030 года [2].

Значительную опасность для здоровья представляют трансизомеры жирных кислот, соль и сахар, так как их чрезмерное употребление нарушает нормальное функционирование органов и систем и приводит к заболеваниям. В связи с чем, даны рекомендации и разработана линейка продуктов со сниженным в 2 и более раз содержанием соли, сахара, жиров.

Рассмотрены вопросы функционального питания и необходимость создания специализированных продуктов питания для людей, страдающих остеопорозом, раком, сердечно-сосудистыми заболеваниями и др.

В связи с появлением на рынке Беларуси нового сырья «пальмового масла» решением совета по проблемам питания инициированы доклинические и клинические исследования по влиянию пальмового масла на здоровье. Подготовлены аналитические записки в Совет Министров Республики Беларусь по вопросу применения пальмового масла в продуктах питания, по результатам научных исследований влияния пальмового масла на состояние здоровья населения Республики Беларусь и установлению факторов риска.

По решению Межведомственного координационного совета по проблемам питания подготовлены предложения:

- ♦ о внесении изменений в технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) в статью 8 п. 8 подпункт 19 и п. 9 подпункт 14 в части не допущения использования пальмового масла при производстве (изготовлении) пищевой продукции для детского питания, а также для детей дошкольного и школьного возраста;
- ♦ о внесении изменений в технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011) в части информирования потребителя о виде применяемого при изготовлении пищевой продукции растительного масла (пальмовое, рапсовое, оливковое и др.) и обязательности указания в маркировке пищевой продукции полного состава растительных жиров (видов растительных жиров).

При поддержке Межведомственного координационного совета по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси сформированы отдельные научно-технические программы для научного сопровождения разработок в области детского питания: ОНТП «Детское питание. Качество и безопасность», 2016–2020 годы; ОНТП «Детское и специализированное питание» на 2021–2025 годы.

Значительная работа проведена по оптимизации системы детского (дошкольного и школьного) питания.

В связи с неправильным рационом кормления у детей повышен риск развития ожирения и болезней связанных с обменом веществ. По предложениям Межведомственного координационного совета по проблемам питания проведен социологический опрос по существующей системе детского питания и внесены предложения по возможным путям ее совершенствования: повышению качества, ассортимента и рациона детского питания, разработке и внедрению специальных образовательных программ и пособий по пропаганде здорового питания, организации консультирования, разработке рекомендаций, и т.д.

В настоящее время проходит заключительная стадия внедрения в школах пилотных проектов по оптимизации школьного питания.

На заседаниях Межведомственного координационного совета по проблемам питания рассмотрены результаты мониторинга показателей качества и безопасности пищевых продуктов, производимых по государственным стандартам и техническим условиям.

Изучены вопросы питания в период Covid-19 в соответствии с новыми научными данными.

По результатам заседаний Межведомственного координационного совета по проблемам питания при Национальной академии наук Беларуси регулярно публикуются материалы в средствах массовой информации с целью популяризации результатов научных исследований в области здорового питания, а также пропаганды здорового образа жизни среди населения Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 15 декабря 2017 г. №962 — Режим доступа. [Электронный ресурс] — Дата доступа: 22.05.2023.
2. Ловкис, З. В. Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года / З. В. Ловкис, Е. М. Моргунова, Е. З. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2017. — №1 (35). — С. 8–17.
3. О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011. — Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880. — Введен 01.07.2013.
4. Пищевая продукция в части ее маркировки : ТР ТС 022/2011 — Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №880. — Введен 01.07.2013.

Информация об авторах

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

E-mail: Lovkis.zv@mail.ru

Колоскова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.com

Information about authors

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

E-mail: Lovkis.zv@mail.ru

Koloskova Olga Vladimirovna, PhD (Engineering), Senior Researcher of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sugar@belproduct.com

Е. М. Моргунова¹, С. А. Кондратенко²

¹*Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь*

²*Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований
в АПК Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. В статье представлены результаты анализа методологических подходов повышения качества и конкурентоспособности пищевых продуктов с учетом зарубежного опыта: изучена применяемая система маркирования продукции и ее происхождения на основе цифровых технологий, инструменты быстрого оповещения о рисках, связанных с пищевыми продуктами и кормами для сельскохозяйственных животных, программный подход в обеспечении продовольственной безопасности населения. Обоснованы принципы обеспечения и повышения качества и конкурентоспособности применительно к условиям Республики Беларусь (гарантирование качества и продовольственной безопасности, системный подход к управлению рисками, связанными с пищевыми продуктами, развитие инфраструктуры обеспечения качества и безопасности продукции на внутреннем и трансграничных рынках Евразийского экономического союза, инвестирование в устойчивое развитие агропродовольственных систем и инфраструктуру обеспечения качества).

Ключевые слова: рынок продовольствия, пищевая продукция, качество и конкурентоспособность, методологические подходы, принципы, механизмы, продвижение, потребление продуктов питания.

A.M. Marhunova¹, S. A. Kondratenko²

¹*State Committee for Standardization of the Republic of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

²*Republican Scientific Unitary Enterprise «Institute for System Research
in the Agroindustrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus*

METHODOLOGICAL APPROACHES AND PRINCIPLES FOR IMPROVING THE QUALITY AND COMPETITIVENESS OF FOOD PRODUCTS

Abstract. The article presents the results of the analysis of methodological approaches to improve the quality and competitiveness of food products, taking into account foreign experience: the applied system for labeling products and their origin based on digital technologies, tools for rapid notification of risks associated with food and feed for farm animals, software approach to ensuring food security of the population. The principles of ensuring and improving quality and competitiveness in relation to the conditions of the Republic of Belarus are substantiated (guaranteeing quality and food security, a systematic approach to managing risks associated with food products, developing the infrastructure for ensuring the quality and safety of products in the domestic and cross-border markets of the Eurasian Economic Union, investing in sustainable development of agri-food systems and infrastructure for quality assurance).

Key words: food market, food products, quality and competitiveness, methodological approaches, principles, mechanisms, promotion, food consumption.

Введение. Государственная политика Республики Беларусь в области обеспечения национальной продовольственной безопасности направлена на обеспечение внутреннего рынка качественным продовольствием и повышение его доступности для полноценного питания и здорового образа жизни населения путем развития конкурентоспособного производства сельскохозяйственной продукции, сырья и готовых пищевых продуктов. В этой связи приоритетные направления развития пищевой промышленности должны учитывать мировые тенденции рынка продовольствия и инструменты инновационной деятельности, применяемые ведущими производителями и экспортерами продовольствия.

В настоящее время на мировом рынке растет спрос на продукты питания, которые улучшают здоровье и поддерживают иммунную систему, персонализированные и функциональные продукты, растительные белковые продукты в качестве альтернативы животным белкам; натуральные ингредиенты и пищевые добавки; детское питание. Вместе с тем для успешной конкуренции отечественных товаропроизводителей с крупными транснациональными компаниями, которые располагают значительным финансовым потенциалом, требуются стратегии и механизмы, способные максимально задействовать инновационно-инвестиционные возможности и резервы всех участников агропродовольственной цепочки. На выработку необходимых теоретических, методологических и практических подходов, моделей и инструментов повышения качества отечественных сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия направлены актуальные научные исследования [1–4].

Важность формирования эффективной национальной системы обеспечения качества и безопасности пищевой продукции определена рядом социально-экономических задач, в числе которых:

- ♦ обеспечение безопасности и качества пищевых продуктов на основе системы оценки качества по международным стандартам и последовательного повышения нормативных требований;
- ♦ достижение высокого уровня доступности для населения безопасных и качественных пищевых продуктов в объемах и ассортименте, которые необходимы для здорового образа жизни;
- ♦ формирование культуры питания населения, ориентированной на потребление продуктов высокого качества [1].

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенный анализ показал, что уровень самообеспечения Республики Беларусь по основным видам сельскохозяйственной продукции ежегодно превышает 100%. По картофелю — 100,0 %, овощам и бахчевым — 101,8, маслу растительному — 228,2, сахару — 154,4, мясу — 134,2, молоку — 263,3, яйцам — 127,7 % [2–3].

На каждого человека в среднем в год потребляется мяса и мясопродуктов — 98 кг, молока и молокопродуктов — 237, фруктов, ягод и продуктов их переработки — 95, овощей, бахчевых и продуктов их переработки — 170, картофеля и картофелепродуктов — 159, хлебопродуктов — 77, сахара — порядка 40, масла растительного — 17,8 кг, яиц — 266 шт. (табл. 1).

Таблица 1. Потребление основных продуктов питания в расчете на душу населения в год в Республике Беларусь, кг
Table 1. Consumption of basic food per capita per year in the Republic of Belarus, kg

Продукция	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Мясо и мясопродукты	93	95	97	99	98
Молоко и молокопродукты	255	248	246	244	237
Яйца и яйцопродукты, шт.	261	260	264	268	266
Сахар	36,9	38,8	39,5	38,5	39,9
Масла растительные	18,2	18,0	17,5	17,2	17,8
Овощи, бахчевые культуры и продукты их переработки	168	166	169	169	170
Фрукты, ягоды и продукты их переработки	89	92	97	98	95
Картофель и картофелепродукты	165	163	162	161	159
Хлеб и хлебопродукты	81	80	76	74	77

Примечание — Таблица составлена по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

По данным за 2021 г. в республике произведено мяса и субпродуктов пищевых — 1191,7 тыс. т, изделий колбасных — 287,9, полуфабрикатов мясных — 279,7, цельномолочной продукции — 2052,3, масла сливочного и паст молочных — 119,7, сыров твердых (кроме плавленого) — 278,6, муки — 576,9, крупы — 46,2, сахара — 529,5, масел растительных — 490,8, кондитерских изделий из шоколада и сахара — 80,7 тыс. т. Выпущено консервов для детского питания мясных — 2783,0 т, рыбных — 322,0, овощных — 842,0, фруктовых — 13269,0, соков для детского питания — 5407,0, нектаров для детского питания — 14672,0 т. Устойчивый рост производства достигнут практически по всем видам продукции (табл. 2).

Отечественные производители сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия полностью обеспечивают потребность внутреннего рынка, а также значительную часть продукции реализуют на экспорт, география которого ежегодно расширяется.

Таблица 2. Производство отдельных видов продуктов питания в Республике Беларусь, тыс. тонн

Table 2. Production of certain types of food in the Republic of Belarus, thousand tons

Продукты	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Отношение 2021 г. к 2019 г. в %
Мясо и субпродукты пищевые	1175,6	1228,3	1191,7	101,4
Изделия колбасные	270,6	273,6	287,9	106,4
Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие (включая мясо птицы)	225,9	239,2	279,7	123,8
Рыба и морепродукты пищевые, включая рыбные консервы	127,3	127,9	147,6	116,0
Соки фруктовые и овощные	39,7	35,4	42,6	107,3
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко)	1995,2	2102,0	2052,3	102,9
Молоко и сливки, обработанные, жидкие	975,1	950,8	904,9	92,8
Молоко и сливки сухие (в виде порошка, гранул и в других твердых формах)	150,1	158,6	166,8	111,1
Масло сливочное и пасты молочные	115,8	119,5	119,7	103,3
Творог и творожные изделия	138,8	146,9	157,3	113,3
Сыры твердые, кроме сыра плавленого	243,9	270,7	278,6	114,2
Молоко и сливки сгущенные не в твердых формах	65,4	78,7	67,2	102,7
Мороженое	34,4	36,3	39,0	113,4
Мука	542,0	544,7	576,9	106,5
Крупа	33,1	42,2	46,2	139,8
Сахар	638,9	572,7	529,5	82,9
Масла растительные	417,5	459,9	490,8	117,6
Шоколад, изделия кондитерские из шоколада и сахара	75,0	74,3	80,7	107,7
Консервы для детского питания мясные, мясосодержащие, т	1578,0	1850,0	2783,0	176,4
Консервы для детского питания рыбные, рыбосодержащие, т	220,0	487,0	322,0	146,4
Консервы для детского питания овощные, т	983,0	939,0	842,0	85,7
Консервы для детского питания фруктовые, т	6038,0	10352,0	13269,0	219,8
Соки для детского питания, т	4545,0	4158,0	5407,0	119,0
Нектары для детского питания, т	7032,0	9262,0	14672,0	208,6

Примечание — Таблица составлена по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Высокий уровень обеспеченности населения республики основными продуктами питания подтверждается результатами международных оценок. Так индикатор ФАО, отражающий энергетическую ценность рациона питания населения в процентах от средней потребности, в Беларуси равен 134, в России — 137, Китае — 136, Новой Зеландии — 140 (табл. 3).

Проведенный анализ показал, что механизм регулирования национального продовольственного рынка, ориентированный на формирование организационных и экономических условий, стимулирующих и обеспечивающих повышение качества, безопасности и конкурентоспособности сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов, является обязательным для устойчивого обеспечения продовольственной безопасности [4–6].

Таблица 3. Доступная для населения энергетическая ценность рациона питания населения в процентах от потребности, средняя за 3 года
Table 3. The energy value of the population's diet available to the population as a percentage of the need, average for 3 years

Страна	2014-2016 гг.	2019-2021 гг.	Изменение, п.п.
Армения	126,0	123,0	-3,0
Беларусь	132,0	134,0	2,0
Китай	132,0	136,0	4,0
Франция	144,0	141,0	-3,0
Германия	140,0	140,0	0,0
Казахстан	134,0	144,0	10,0
Кыргызстан	116,0	117,0	1,0
Новая Зеландия	127,0	130,0	3,0
Россия	136,0	137,0	1,0
США	147,0	152,0	5,0

Примечание — Расчетный индикатор ФАО.

Не менее актуальным направлением является комплексная, практико-ориентированная оценка конкурентоспособности пищевых продуктов на базе научно обоснованной методологии, индикативных показателей и алгоритмов с учетом наличия соответствующей информационной базы как о системах обеспечения качества субъектов оценки, так и фактических и потенциальных конкурентов [4, 6]. В данной связи требуется выработка мер и инструментария, дифференцированного с учетом особенностей производства и условий хозяйствования, включая развитие информационных технологий, широкое распространение и внедрение принципов бенчмаркинга в практику управления качеством в организациях, применение инновационных методов управления качеством и безопасностью продукции.

При этом для каждого вида продукции необходимо максимально точно определить конкурентную среду товарного рынка, на котором планируется реализация, не только в региональном разрезе, но и с точки зрения ориентации на конкретные группы потребителей. Данная задача в значительно большей степени актуальна для перерабатывающих предприятий, которые должны ориентироваться на конкретный сегмент потребителей в зависимости от уровня доходов, предпочтений по качественным характеристикам, особенностей питания тех или иных групп населения (детское и диетическое питание, органическая продукция).

Первичной экспертизой уровня качества продукции является оценка соответствия продукции нормативным требованиям, предъявляемым на планируемом рынке реализации в части ее безопасности для жизни и здоровья человека, то есть требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

В условиях глобализации мирового рынка и развития интеграционных и кооперационных процессов требования к безопасности продукции постепенно гармонизируются или применяется система ссылок на соответствующие нормативы, изложенные в международных документах, в частности, разработанных Комиссией Кодекс Алиментариус. В то же время на рынках отдельных стран могут предъявляться национальные требования, которые необходимо учитывать. Кроме этого, по потребительским свойствам продукция должна отвечать установленным минимальным требованиям, изложенным в соответствующих технических нормативных правовых актах в области стандартизации. Это предусматривает оценку соответствия требованиям ТНПА в области стандартизации по качественным характеристикам, не относящимся к показателям безопасности. При оценке доступа на рынок следует учитывать, что многие нормативные документы содержат систему ссылок на показатели ТНПА, включающие требования к безопасности продукции и технические регламенты, что зачастую делает их обязательными для применения. Так особенностью применения межгосударственных стандартов на территории ЕАЭС является то, что не все они принимаются на уровне стран-участников.

Определение показателей и базы данных для сравнительного анализа качества и конкурентоспособности продукции зависит от многих факторов, в том числе должна учитываться возможность сформировать информационные блоки сопоставимых показателей по исследуемому виду продукции с учетом конкурентных преимуществ товаропроизводителей. В связи с этим выбор показателей должен осуществляться одновременно с определением планируе-

мых источников информации с оценкой степени доступности необходимых данных и, при возможности, предварительной проверкой их на достоверность. В целом при детализации и выборе качественных характеристик продукции для оценки конкурентоспособности необходимо руководствоваться рядом принципов, основные из которых следующие:

приоритетность цели исследования и планируемой методики анализа (анализ по агрегированным показателям качества — сортность, категоричность, классность; сравнение по основным качественным характеристикам, углубленный анализ);

♦ учет сопоставимости результатов оценки (наличие необходимой информации как по оцениваемой, так и конкурирующей продукции);

♦ экономическая целесообразность (обоснованность издержек на проведение исследования: сбор информации, стоимость доступа к базам данных, маркетинговые исследования и т. д.);

♦ доступность информации (возможность получить достоверные данные для анализа);

♦ объективность результатов (по возможности — минимизация экспертных оценок).

Следует отметить, что показатели для сравнительного анализа могут уточняться и корректироваться не только при выборе источников информации, но и в течение процесса оценки, так как не все данные, которые необходимы для детальной оценки конкурентоспособности продукции, могут в конечном итоге удовлетворять требованиям.

Учитывая вышесказанное, а также объективную невозможность консолидировать всю совокупность данных о качестве и безопасности продукции и дальнейшего выбора оптимального их перечня, с целью снижения влияния рисков формирование сравнительной базы показателей предлагается проводить в два этапа: а) формирование оптимального перечня показателей качества продукции для определения уровня ее конкурентоспособности; б) оценка возможностей в части сбора такой информации и определение реальной базы данных для дальнейших расчетов.

На общереспубликанском уровне обеспечения качества критерием оценки, который можно использовать в отношении регионального и международного рынка, является наличие национальной стратегии (концепции) в области обеспечения качества и безопасности агропродовольственной продукции. Такой программный документ и эффективность его исполнения должны быть направлены на повышение конкурентоспособности отечественной продукции, а сравнительная оценка его действенности во временном периоде может служить критерием для национальной системы обеспечения качества на внутреннем рынке. В то же время при наличии соответствующих документов в других странах, экономических сообществах или аналогичных стратегических разработок международных организаций возможен сравнительный количественный и качественный их анализ с целью выявления лучшего опыта. Так, в области контроля безопасности продукции актуальным является наличие информационной системы оповещения об опасной агропродовольственной продукции, выступающей гарантией своевременного изъятия недоброкачественной продукции из торговой сети.

Значимым критерием оценки обеспечения качества на уровне взаимоотношений поставщиков и переработчиков сельскохозяйственного сырья выступает наличие в контрактах требований к качеству продукции и производственному процессу, а также степень их соблюдения. Данный критерий в условиях активного участия Беларуси в интеграционных процессах в рамках функционирования ЕАЭС может быть в перспективе использован для оценки конкурентоспособности системы обеспечения качества и на региональном рынке.

В республике сформирована комплексная и многоуровневая система регулирования и обеспечения безопасности пищевой продукции, основными структурными элементами которой являются правовое, нормативно-техническое обеспечение, контроль (надзор) и стимулирование. Следует также указать на постоянное ее развитие, в том числе с учетом интеграционных процессов в рамках ЕАЭС, бенчмаркинга зарубежного опыта и других инструментов. В то же время не достаточно проработанными с точки зрения правового регулирования являются вопросы мониторинга, учета и отчетности, формирования системы быстрого реагирования, информирования населения.

Следует отметить необходимость дальнейшего развития информационного обеспечения в области качества продукции. В последние годы широкое внедрение средств цифровизации нашло отражение в создании и обеспечении онлайн-доступа к правовым актам, техническим нормативным правовым актам в области технического нормирования и стандартизации, что существенно повышает уровень информационного обеспечения в исследуемой области, оперативность поиска и передачи данных, способствует централизации определенных функций, а следовательно, и эффективности их выполнения. В числе чувствительных вопросов — мониторинг качества продовольственной продукции. Так, например, следует четко закрепить

в законодательстве понятие мониторинга качества продукции, определить задачи и критерии проведения такого мониторинга органами, осуществляющими надзор в данной области.

На основании проведенного анализа зарубежной практики регулирования продовольственного рынка на примере Китая, России, США, ЕС установлено, что механизмы повышения качества и конкурентоспособности продуктов питания представлены комплексно на основе использования цифровых информационных систем и предусматривают (табл. 4):

- ♦ развитие систем мониторинга качества пищевой продукции, на основе формирования общедоступной цифровой платформы для обмена информацией о пищевых рисках между субъектами рынка, государствами-членами интеграционных формирований и другими странами. Инструмент применяется для информирования потребителей и товаропроизводителей, а также для повышения ответственности субъектов рынка (товаропроизводителя, продавца, иностранного производителя);

- ♦ использование инструментов маркирования продукции и ее происхождения на основе применения современных цифровых технологий, включая: географические указания и соответствующие схемы обеспечения качества (подчеркивает взаимосвязь между конкретным географическим регионом и названием продукта, позволяет потребителям доверять качественным продуктам и отличать их), защищенное обозначение происхождения (продукция, спецификации, этикетка), гарантированная традиционная особенность (название продукта защищает его от фальсификации и неправомерного использования названия), схемы добровольной сертификации (охватывают широкий спектр инициатив и моделей цепочек создания стоимости, действующих между предприятиями или между предприятиями и потребителями), географические указания пищевых продуктов (защищают конкретные ноу-хау, подлинность и агроэкологические условия), географические указания в рецептурах (продвигаются рецептуры и использование продуктов, зарегистрированных как географические указания, в качестве основных ингредиентов). Инструмент основывается на цифровых информационных и идентификационных технологиях и системах прослеживаемости по всей цепочке товародвижения. При этом потребителям на каждом этапе обеспечивается доступ к информации о безопасной и здоровой пище с высокими стандартами;

- ♦ инновационные исследования и разработки в области обеспечения безопасности и качества продукции (регулирующие принципы). Важнейшей составляющей являются государственное и частное инвестирование в развитие и распространение инноваций, обеспечение роста производительности и устойчивости, включая следующие конкретные направления: а) создание благоприятных условий для развития аграрного бизнеса и появления новых предприятий, производств и рынков; б) стимулирование рационального использования природных ресурсов; в) массовое внедрение продуктов и технологий, которые благоприятно влияют на здоровье населения, животных, растений, состояние окружающей среды и сохранение биоразнообразия;

- ♦ маркетинговая поддержка производителей сельскохозяйственной продукции и продовольствия, которая реализуется в рамках соответствующих целевых программ по следующим направлениям: устранение торговых барьеров и обеспечение научной обоснованности торговых решений; предоставление производителям актуальной информации и прогнозов развития рынков, обзоров доступных инструментов бизнеса и маркетинга; разработка и контроль национальных стандартов производства и обработки сельскохозяйственной продукции, включая органическую; обеспечение готовности к реагированию на чрезвычайные ситуации на рынке, связанные с влиянием погодных условий, болезней растений и животных; реализация программ по повышению эффективности маркетинга и продвижению аграрной продукции, снижение затрат на маркетинг для производителей и снижение расходов на питание для потребителей. Предусматривается внедрение прогрессивных форм и подходов международного маркетинга посредством создания базовой инфраструктуры, наращивания преимуществ для потребителей, обеспечения безопасности растений, животных и окружающей среды;

- ♦ целевой программный подход к продвижению продовольственных товаров на внутреннем и внешнем рынках. Применительно к задачам обеспечения роста производства, развития экспортного потенциала и повышения эффективности продаж приоритетную поддержку получает продукция с высокой стоимостью как ориентированная на потребителя сельскохозяйственная и готовая пищевая продукция, имеющая высокую стоимость в результате обработки (полуфабрикаты, продукты глубокой обработки), дорогостоящие продукты (произведены способом, повышающим потребительскую ценность; органические; произведенные в результате экологического или карбонового земледелия; местного производства).

Таблица 4. Анализ зарубежного опыта применения экономических инструментов повышения качества и конкурентоспособности продовольственных товаров (на примере России, Китая, ЕС, США)

Table 4. Analysis of foreign experience in the application of economic instruments to improve the quality and competitiveness of food products (on the example of Russia, China, the EU, the USA)

Инструменты	Эффективность	Особенности применения
Обеспечение мониторинга качества пищевой продукции		
<p>Предусматривает формирование общедоступного информационного портала мониторинга качества пищевой продукции (с учетом методологии выявления и контроля спектра потенциально опасных загрязнителей химической и биологической природы, а также создания и развития же базы данных пищевой ценности и потребительских свойств).</p> <p>Система предоставляет субъектам рынка информацию (уведомления) о случаях, связанных с риском для здоровья людей, установленных в одной или нескольких партиях продукции, а также о принятых мерах по устранению</p>	<p>Обеспечивает платформу для обмена информацией о пищевых рисках между субъектами рынка, государствами-членами и третьими странами.</p> <p>Содержит основные процедуры и средства для управления в чрезвычайных ситуациях и кризисах.</p> <p>Используется для информирования потребителей, а также для повышения ответственности товаропроизводителя и поставщика</p>	<p>Сложность противодействия влиянию глобальных цепочек поставок продовольствия и кормов.</p> <p>Требуется механизм быстрого обмена информацией о пищевых рисках с привлечением максимального числа субъектов рынка.</p> <p>Необходим максимально возможный доступ заинтересованных лиц к результатам оценки качества пищевой продукции, проводимой надзорными органами</p>
Гарантирование качества, маркирование продукции и ее происхождения		
<p>Инструменты сертификации и маркирования агропродовольственных товаров включают:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. защищенное обозначение происхождения товара (для продуктов, произведенных и обработанных в конкретной географической зоне с использованием местных ноу-хау); 2. защищенная географическая индикация товара (для продуктов, качество которых связано с регионом, где они производятся и обрабатываются, ингредиенты могут поступать из другого региона); 3. традиционные особые качества (акцент на традиции производства и приготовления); 4. географические указания в рецептурах (разрабатываются и продвигаются рецептуры, в которых используются продукты, зарегистрированные как географические указания) 	<p>Подчеркивает взаимосвязь между конкретным географическим регионом и названием продукта, когда определенное качество, репутация или другие оригинальные потребительские характеристики связаны с его географическим происхождением.</p> <p>Устанавливает права интеллектуальной собственности на продукты, качество которых напрямую связано с регионом производства.</p> <p>Позволяет потребителям доверять качественным продуктам и отличать их, а также помогает производителям лучше продвигать продукцию на рынке.</p> <p>Обеспечивает потребителям широкий доступ к информации по продовольственным товарам и производственной цепочке, а также улучшить доступ к безопасной и здоровой пище самых высоких стандартов и качества</p>	<p>Функционирует на основе сложных интегрированных информационных и идентификационных технологий и систем прослеживаемости по всей цепочке товародвижения.</p> <p>Требуется создание специальной базы данных для определения происхождения и регистрации продуктов питания.</p> <p>Во многих странах данный инструмент предусмотрен, но пока применяется только для ограниченного перечня продовольственных товаров</p>

Инструменты	Эффективность	Особенности применения
Реализация программных мероприятий по повышению качества питания населения		
<p>Продовольственная помощь населению представляет собой инструмент поддержки спроса и реализуется посредством целевых программ: для детей в учреждениях образования; дополнительной и чрезвычайной продовольственной помощи; специальной дополнительной для женщин, младенцев и детей, для пожилых людей, семей с низким доходом.</p> <p>Предусматривает схемы и программы распространения овощей, фруктов и молочных продуктов в школах</p>	<p>Программы позволяют охватить потенциально уязвимые категории населения и повысить качество их питания. Обеспечивают стимулирование потребления отечественных продуктов и предотвращают сокращения емкости рынка.</p> <p>Ориентированы на формирование культуры питания и здоровое потребительское поведение детей и будущих поколений</p>	<p>На практике наблюдается проблема недостаточной грамотности среди участников программ из малообеспеченных категорий населения, а также низкой культуры питания.</p> <p>Требуется развивать государственно-частное партнерство в указанной области.</p> <p>Сложно обеспечить мониторинг схем распространения продуктов и прозрачность движения средств</p>
Программы по продвижению сельскохозяйственной продукции		
<p>Приоритетную поддержку получает продукция с высокой добавленной стоимостью, в том числе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ориентированная на потребителя, с высокой потребительской ценностью; 2. имеющая высокую стоимость в результате обработки (полуфабрикаты, продукты глубокой обработки); 3. дорогостоящая продукция, произведенная способом, повышающим потребительскую ценность; 4. органическая; произведенная в результате экологического или карбонового земледелия; местного производства) 	<p>Позволяет обеспечить продвижение отечественных товаров на приоритетных рынках, повысить конкурентоспособность.</p> <p>Обеспечивает реализацию единой стратегии продвижения продукции и национальных брендов</p>	<p>Инструмент продвижения эффективен при применении программного подхода к организации и финансированию соответствующих мероприятий</p>
Меры по развитию рыночной инфраструктуры		
<p>Системный мониторинг логистического потенциала продовольственного рынка включает: оценку и картирование мощностей по хранению сельскохозяйственной продукции в государствах-членах; оценку и картирование логистической инфраструктуры.</p> <p>Регулирующая инвестиционная среда охватывает следующие области: создание благоприятных условий для развития аграрного бизнеса и появления новых предприятий, производств и рынков; стимулирование рационального использования природных ресурсов; массовое внедрение продуктов и технологий, которые благоприятно влияют на здоровье населения, животных, состояние окружающей среды и сохранение биоразнообразия</p>	<p>Инструмент реализован на принципах государственно-частного партнерства в финансировании и создании объектов инфраструктуры.</p> <p>Позволяет обеспечить сбалансированное развитие объектов хранения и логистической инфраструктуры на уровне регионов</p>	<p>Проведение оценки потенциала и наличия мощностей хранения и объектов логистической инфраструктуры требует дополнительных затрат.</p> <p>Для эффективной работы инструмента сельскохозяйственная продукция должна быть активно вовлечена в оборот логистических центров</p> <p>Требуется развитие государственно-частного партнерства</p>

Инструменты	Эффективность	Особенности применения
Рыночная (маркетинговая) поддержка производителей		
<p>Предусматривает маркетинговые и регулирующие программы и следующие функции:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. работа по устранению торговых барьеров и обеспечению обоснованности торговых решений; 2. мониторинг и контроль в сфере защиты производителей от недобросовестной конкуренции; 3. предоставление производителям актуальной информации и прогнозов развития рынков, обзоров доступных инструментов бизнеса и маркетинга; 4. разработка и контроль национальных стандартов производства и обработки сельскохозяйственной продукции, включая органическую; 5. поддержание готовности к реагированию на чрезвычайные ситуации, связанные с влиянием погодных условий, болезней животных 	<p>Регулирование ориентировано на повышение конкурентоспособности продукции, преимуществ для потребителей и производителей, безопасности растений, животных и окружающей среды</p> <p>Выполняются регулярные маркетинговые исследования и анализ условий доступа на рынки</p>	<p>Необходима развитая система маркетингового обеспечения, критерии, стандарты, информационные системы. Требуется обеспечить устойчивое и прозрачное информационное взаимодействие субъектов рынка</p>
Исследования, разработки и образование, ориентированные на повышение качества		
<p>Институциональная основа механизма включает следующие объекты: 1. выполнение исследований (распространяет информацию о производстве, безопасности пищевых продуктов, устойчивом управлении ресурсами); 2. совершенствование статистики (аккумулирует данные о производстве); 3. оценка эффективности (выполняет анализ эффективности агропромышленной политики); 4. Развитие систем институтов повышения качества (проводит исследования и реализует образовательные программы)</p> <p>Развитие информационных технологий предусматривает направления: 1. разработка и предоставление для субъектов аграрного бизнеса информационно-технологических платформ; 2. предоставление услуг по внедрению технологических платформ и индивидуальных решений; 3. создание аналитических моделей прогнозирования конъюнктуры; 4. информационно-методическая поддержка отчетности субъектов рынка, обработки и распространения рыночной информации</p>	<p>Обеспечивается последовательная цифровизация подсистем агропродовольственного рынка.</p> <p>Достигается высокий уровень прозрачности взаимодействия субъектов.</p> <p>Поддерживается интегрированная конкурентная среда.</p> <p>Аккумулятивное и оперативное представление информации в целях увеличения конкурентных преимуществ американских товаропроизводителей</p>	<p>Необходимо обеспечить сквозное взаимодействие и максимальный охват субъектов рынка.</p> <p>Требуется обеспечить переход на цифровые технологии ведения аграрного бизнеса и взаимодействия субъектов</p>

Примечание — Таблица разработана авторами на основе данных [7 — 24].

Заключение. На основании проведенного анализа выделены основные направления обеспечения качества и конкурентоспособности пищевой продукции применительно к условиям Беларуси:

- ♦ гарантирование продовольственной безопасности населения, а также создание условий для повышения доступности продуктов питания высокого качества для всех категорий населения;
- ♦ развитие инфраструктуры обеспечения качества и безопасности продукции на внутреннем и трансграничных рынках Евразийского экономического союза, СНГ;
- ♦ широкое распространение инструментов риск-ориентированного подхода на рынке продовольствия с использованием лучшей мировой методологии и практики;
- ♦ системный подход к управлению рисками, связанными с пищевыми продуктами на уровне национального рынка, а также в рамках отдельных продуктовых цепочек (агропромышленные объединения, холдинги);
- ♦ внедрение инструментов повышения качества и конкурентоспособности отечественных брендов, предусматривающих максимально эффективное маркирование продукции (защитное географическое указание, продукция из местного сырья, традиционные рецепты) и ее происхождения на рынке ЕАЭС, СНГ, КНР;
- ♦ управление качеством и конкурентоспособностью продукции в рамках программ по продвижению на внутренним и внешних рынках (включая совместные программы (ЕАЭС, СНГ);
- ♦ государственное и частное инвестирование в устойчивое развитие агропродовольственных систем и рыночной инфраструктуры;
- ♦ исследования, разработки и образование, ориентированные на повышение устойчивости агропродовольственных систем, качества и безопасности продовольствия на внутреннем и внешних рынках;
- ♦ информационное обеспечение деятельности товаропроизводителей и других субъектов (маркетинговая поддержка и методическое обеспечение).

В рамках выстраивания эффективной стратегии работы на внутреннем и внешних рынках отечественным товаропроизводителям необходимо оптимизировать затраты, обеспечить жесткое соблюдение технологии производства, поддерживать инновационную активность, ориентироваться на выпуск продукции углубленной переработки, обеспечивающей более высокую потребительскую стоимость. Следует также учитывать, что оригинальный продукт, произведенный из сырья высокого качества, с соблюдением традиционных или инновационных технологий, который предлагается потребителю по справедливой цене, всегда будет востребован на внутреннем и внешнем рынках вне зависимости от конъюнктуры. Это основа развития бренда белорусского продовольствия.

В целях развития целостной национальной системы мониторинга качества пищевой продукции и продовольствия необходимо предусмотреть реализацию следующих направлений: а) развитие методологии статистической отчетности в отношении данных о качестве продукции (отражение в годовых отчетах данных о качестве реализуемой продукции; разработка единых форм статистической отчетности о качестве продукции для предприятий различной ведомственной подчиненности); б) совершенствование правовых основ и механизма мониторинга качества продукции (закрепление функции мониторинга качества продукции; разработка и принятие отраслевого документа, регламентирующего порядок мониторинга; определение порядка отчетности и др.).

Реализация единой политики и стратегии повышения качества агропродовольственной продукции, на наш взгляд, должна основываться на наличии программного документа национального уровня, отражающего систему приоритетов, задач, критериев, механизмов и инструментов стимулирования, что позволит повысить эффективность работы в данном направлении и усилить позиционирование бренда белорусской продукции как продукции высокого качества, оригинальной и конкурентоспособной.

Список использованных источников

1. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., №962 // Совет Министров Республики Беларусь. — Режим доступа: <http://www.government.by/ru/solutions/3060>. — Дата доступа: 11.01.2023.
2. Продовольственная безопасность Республики Беларусь в условиях развития международных интеграционных процессов. Мониторинг-2021 / В. Г. Гусаков [и др.]. — Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. — 215 с.

3. Мониторинг продовольственной безопасности — 2019: социально-экономические условия / В. Г. Гусаков [и др.]. — Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2020. — 349 с.
4. Концепция государственной политики в области здорового питания Республики Беларусь [Электронный ресурс] : утв. 25 сент. 2015 г. // Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию. — Режим доступа: <http://www.new.belproduct.com/assets/files/conception.pdf>. — Дата доступа: 09.01.2021.
5. Моргунова, Е. М. Инновационный и конкурентный потенциал пищевых продуктов направленной эффективности / Е. М. Моргунова, С. А. Кондратенко // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. — Москва. — 2022. — №(1). — С. 203–218. //doi.org/10.21686/2413-2829-2022-1-203-218.
6. Расторгуев, П. В. Научные подходы многоуровневой оценки конкурентоспособности системы обеспечения качества продукции АПК / П. В. Расторгуев // Весці Нацыянальнай акадэміі. навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2021. — Т. 59, № 3. — С. 263–276.
7. Кондратенко, С. А. Устойчивое развитие регионального агропродовольственного комплекса: теория, методология, практика / С. А. Кондратенко ; под ред. В. Г. Гусакова. — Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2019. — 286 с.
8. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс] : УТВ. расп. Прав. Российской Федерации от 29 июня 2016 г. №1364-р // Прав. Российской Федерации. — Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9JUDtB0pomoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf> — Дата доступа: 11.05.2023.
9. Иванова, В. Н. Повышение качества пищевой продукции — ключевой приоритет реализации государственной политики Российской Федерации в области здорового питания / В. Н. Иванова, С. Н. Серегин // Пищевая промышленность. — 2016. — №5. — С. 8–11.
10. Абрамов, С. А. Право географических указаний КНР в периоды 13-й и 14-й пятилеток / С.А. Абрамов // Теоретическая и прикладная юриспруденция. — 2022. — №11. — С. 105–112.
11. Панова, О. В. Национальная программа «Школьное молоко» как инструмент поддержки агропромышленного комплекса и реализации Концепции внутренней продовольственной помощи [Электронный ресурс] / О.В. Панова // Организационный комитет Национальной программы «Школьное молоко». — Режим доступа: <http://www.dairyunion.ru/wp-content/uploads/Панова.pdf> — Дата доступа: 11.05.2023.
12. 15 фактов о программе «Школьное молоко» [Электронный ресурс] // The DairyNews. — Режим доступа: <http://www.dairyunion.ru/wp-content/uploads/Панова.pdf> — Дата доступа: 11.05.2023.
13. Кравченко, А. А. Политика Китая в области обеспечения продовольственной безопасности: модернизация аграрной сферы / А.А. Кравченко, О.О. Сергеева // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. — 2014. — С. 75–82.
14. Об утверждении программ продвижения и увеличения объемов экспорта отдельных видов продукции агропромышленного комплекса, в том числе продукции микро-, малых и средних предприятий АПК [Электронный ресурс] : Утв. Министерством сельского хозяйства Российской Федерации 19 октября 2017 г. N 524 // Прав. Российской Федерации. — Режим доступа: <https://sudact.ru/law/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-19102017-n-524/prikaz>. — Дата доступа: 11.05.2023.
15. Седов, П. Д. Наименование места происхождения товара и географическое указание: проблемы соотношения / П.Д. Седов // Образование и право. — 2019. — №11. — С. 73–81.
16. Osinski, A. Evaluation of the Rapid Alert System for Food and Feed and of crisis management procedures [Electronic resource] : presentation of draft final rep. Pt. 1 : Introduction & Rapid Alert System for Food and Feed / A. Osinski, F. Alleweldt // European Commission. — Mode of access: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/gfl_expg_20150916_pres-02.pdf. — Date of access: 02.02.2023.
17. RASFF. The Rapid Alert System for Food and Feed. 2016 annual report [Electronic resource] / Europ. Commiss. — Luxemburg : Publ. Office of the Europ. Union, 2017. — Mode of access: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/7ced87a2-ce70-11e7-a5d5-01aa75ed71a1/language-en>. — Date of access: 16.02.2023.
18. Study on storage capacities and logistical infrastructure for EU agricultural commodities trade (with a special focus on Cereals, the Oilseed Complex and Protein Crops (COP)) [Electronic resource] : final rep. / Aretj, Directorate-Gen. for Agriculture a. Rural Development // European Commission. — Mode of access: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b102ecaa-2cbd-11e8-b5fe-01aa75ed71a1>. — Date of access: 04.02.2023.

19. Financing the common agricultural policy [Electronic resource] // European Commission. — Mode of access: https://ec.europa.eu/agriculture/cap-funding_en. — Date of access: 02.02.2023.
20. USDA agricultural projections to 2028 [Electronic resource] // United States Department of Agriculture. — Mode of access : <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaemis/files/qn59q396v/sj139845z/3484zq30n/OCE20191.pdf>. — Date of access: 04.03.2023.
21. USDA Information Technology Strategic Plan 2014–2018. FY 2014–2018 [Electronic resource] / Office of the Chief Information Officer // United States Department of Agriculture. — Mode of access: https://www.ocio.usda.gov/sites/default/files/FY14-18_IT_Strategic_Plan_Final.pdf. — Date of access: 03.03.2023.
22. USDA strategic plan FY 2018–2022 [Electronic resource] // United States Department of Agriculture. — Mode of access: <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/usda-strategic-plan-2018-2022.pdf>. — Date of access: 04.03.2023.
23. *Gataulina, E.* Production risk, technology and market access in different organisational forms: evidence from Tatarstan and Oryol / E. Gataulina, H. Hockmann, A. Stokov // *Quart. J. of Intern. Agriculture*. — 2014. — Vol. 53, №4. — P. 293–318.
24. *Jordan, N.* Enhancing the multifunctionality of US agriculture [Electronic resource] / N. Jordan, K. Douglass Warner // *BioScience*. — 2010. — Vol. 60, №1. — Mode of access: <https://academic.oup.com/bioscience/article/60/1/60/315929>. — Date of access: 03.03.2023.

Информация об авторах

Моргунова Елена Михайловна, кандидат технических наук, доцент, Первый заместитель Председателя Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь (Старовиленский тракт, 93, 220053, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: e.morgunova@gosstandart.gov.by

Кондратенко Светлана Александровна, доктор экономических наук, доцент, заместитель директора по научной работе государственного предприятия «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси» (ул. Казинца, 103, 220108, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: kondratenko-0703@mail.ru

Information about authors

Marhunova Alena Mikhailovna, PhD (Engineering), Associate Professor, first Deputy Chairman of the State Committee for Standardization of the Republic of Belarus (93 Starovilensky tract, 220053, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: e.morgunova@gosstandart.gov.by

Kandratsenka Sviatlana Alexandrovna, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research Work of The Institute of System Researches in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus (103, Kazintsa str., 220108, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: kondratenko-0703@mail.ru

УДК 612.392.45+577.29

Поступила в редакцию 10.05.2023
Received 10.05.2023

А. Г. Мойсеенок¹, Ж. В. Мотылевич¹, А. С. Черемисин¹, Е. А. Мойсеенок²,
И. Н. Катковская¹, О. В. Титко¹, С. Г. Азизбекян³

¹ГП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси»,
г. Гродно, Республика Беларусь

²УО «Гродненский государственный медицинский университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

³ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

ЭССЕНЦИАЛЬНОСТЬ И ДЕФИЦИТ ЖЕЛЕЗА В ПИТАНИИ: УГЛУБЛЕНИЕ ИЗВЕСТНОЙ ПРОБЛЕМЫ НУТРИЦИОЛОГИИ

Аннотация. Статья содержит обзор научных публикаций и основных научно-практических технологий по изучению биологических функций микроэлемента железа, его биодоступности и биобезопасности, применения различных форм для устранения железодефицита в питании человека. Обращается внимание на многообразие причин сниженного потребления микроэлемента в питании, недостаточную оценку его функций, связанных с формированием железо-серных кластеров, митохондриальных белков, ассоциацией с многочисленными редокс-процессами в тканевых структурах, развитием нарушений в иммунном и нейрофизиологическом статусе организма. Констатируется, что профилактика железодефицитных состояний должна исходить из соотношения: анемия=железодефицит. Дается оценка трансформации форм железа при использовании его солевых форм, феррикарбоксимальтозы, витаминно-минеральных комплексов. Рассматриваются перспективы применения БАД, содержащих железо в липосомальной и наноформе, а также расширенного применения функциональных продуктов, обогащенных микроэлементом и его комплексами.

Ключевые слова: железодефицитное состояние, гемовое железо, биодоступность железа, железодефицитная анемия, микроэлементы, функциональные продукты.

A. G. Moiseenok¹, Zh. V. Motylevich¹, A. S. Cheremisin¹, E. A. Moiseenok²,
I. N. Katkovskaya¹, O. V. Titko¹, S. G. Azizbekyan³

¹Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy
of Sciences of Belarus, Grodno, Republic of Belarus

²Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

³Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

ESSENTIALITY AND IRON DEFICIENCY IN NUTRITION: DEEPENING A WELL-KNOWN PROBLEM OF NUTRITION

Abstract. Review of scientific publications and basic scientific and practical technologies for the study of the biological functions of the microelement iron, its bioavailability and biosafety of the use of various forms to eliminate iron deficiency in human nutrition. Attention is drawn to the diversity of reasons for the reduced consumption of a microelement in the diet, insufficient assessment of its functions associated with the formation of iron-sulfur clusters of mitochondrial proteins, association with numerous redox processes in tissue structures, and the development of disorders in the immune and neurophysiological status of the body. It is stated that the prevention of iron deficiency states should be based on the ratio: anemia=iron deficiency. An assessment is given of the transformation of iron forms when using its salt forms, ferricarmaltose, vitamin-mineral complexes. The prospects for the use of dietary supplements containing iron in liposomal and nanoforms, as well as

the expanded use of functional products enriched with a microelement and its complexes, are considered.

Key words: iron deficiency state, heme iron, iron bioavailability, iron deficiency anemia, trace elements, functional foods.

Введение. Железо — важнейший незаменимый (эссенциальный) микроэлемент в питании человека и высших животных, определяющий физическую активность, рост, развитие и ряда других важнейших физиологических функций. Его центральная роль в гемоглобине белке эритроцитов, железо-серных кластерах дыхательной цепи митохондрий, других Fe-содержащих белков объясняет значимость этого элемента в процессах дыхания, кроветворения, производстве энергии (синтез макроэргических фосфатов), осуществлении иммунно-биологических и окислительно-восстановительных (редокс) реакций [1-3].

Результаты исследований и их обсуждение. Проявления недостаточного потребления железа в питании известны с XVI столетия (*morbus virginum* у девушек в возрасте 14–17 лет) и долгое время квалифицировались как ранний хлороз. Только в XIX столетии была доказана связь анемии, гипохромии (эритроцитов) и железо-дефицита, а в 1832 г Pierre Bland успешно применил в лечении хлороза серноокисное железо. В XX в. стало очевидным, что недостаточность эссенциального железа носит распространенный характер и преимущественно проявляется в железо-дефицитной анемии (ЖДА). Дефицит пищевого потребления железа осознается мировым медицинским сообществом. Уже к концу XX столетия стало очевидным, что дефицит железа выявляется практически у 25% младенцев, у 50% детей в возрасте до 4-х лет и у > 30% подростков. Безусловно, основной группой риска развития дефицита микроэлемента являются женщины в детородном возрасте, особенно в период беременности и лактации. Даже в экономически развитых странах выявляется ЖДА: в США у 0,8 % взрослых мужчин, 12,6 % женщин и 53 % беременных. В относительно недавнем обследовании американских детей дошкольного возраста недостаток Fe выявлен у 62 % и 39 % обследованной группы, в зависимости от уровня жизни (данные сайта MedUniver.com). Серьезную озабоченность проблемой демонстрирует ВОЗ, декларируя, что 40 % беременных женщин и 42 % детей во всем мире страдают от недостатка железа в питании (25 % детей в возрасте до 5 лет в европейских странах). Отчеты ВОЗ свидетельствуют, что дефицит железа является этиопатогенетическим фактором 1,3 % смертей мужчин и 1,8 % смертей женщин в общей структуре смертности. Огромный вред, наносимый дефицитом железа в социально-экономическом плане (расходы на лечение, инвалидизация), дополняется мировой ежегодной утратой 25,9 млн. лет здоровой жизни по причине несмертельных исходов, таких как когнитивные осложнения.

У половозрелого человека количество депонированного железа достигает 4 г преимущественно в форме гемоглобина и миоглобина (мышечного белка). Его внутриорганизменное распределение иллюстрирует рис. 1 [4]. Важно подчеркнуть, что основной транспорт железа в кроветворные органы не умаляет его значимости в иных тканевых структурах, которые осуществляют редокс-процессы энергообеспечения, синтеза ДНК и РНК, ряда гормонов и биологически активных веществ (в том числе витамина D). На протяжении последнего десятилетия отмечается прогресс в изучении митохондриальных железо-серных кластеров (ЖСК), выполняющих ключевую роль в дыхании митохондрий, в частности их участия в сборке, стабилизации и функционировании белковых комплексов I, II, III электрон-транспортной цепи. Рис. 2 иллюстрирует данную функцию, сопряженную с окислением трикарбонных кислот (цикл Кребса), процессингом ДНК и апоптозом [4, 5]. Митохондриальные Fe-содержащие белки включают гемсодержащие белки (сукцинатдегидрогеназа, цитохром C, цитохром-C-оксидаза и цитохром bc1), а также содержащие ЖСК (НАДН-убихиноноксидоредуктаза, субъединицы сукцинатдегидрогеназы, биотинсинтазы, синтазы липоевой кислоты и аконитазы) или ионы Fe в качестве кофакторов (Fe-монооксигеназы и диоксигеназы). Общепринято, что недостаточный или избыточный уровень митохондриального железа может нарушать баланс ЖСК и гема, приводить к митохондриальной дисфункции и вызывать окислительный стресс с падением тканевого энергообеспечения [6].

Из вышеизложенного следует, что животные ткани содержат 2 типа железа — гемовое (красное мясо) в форме Fe²⁺ и негемовое в форме Fe³⁺, тогда как растительное сырье содержит только негемовое железо. Наиболее известными «железонасителями» являются мясо, птица, морепродукты (гемовое и негемовое Fe) и растительные продукты (чечевица, бобовые, темная листовая зелень, орехи) — только с негемовым железом. Известно, что гемовое железо лучше усваивается в желудочно-кишечном тракте (от 15 до 35 % поступившего с пищей), нежели негемовое (2–20 % в зависимости от формы). Ежесуточное поступление железа оце-

нивается достаточно условно в диапазоне 10-20 мг с абсорбированием в желудочно-кишечном тракте в пределах 1-2 мг (см. рис. 1). Значительная угроза развития железо-дефицитных состояний имеется у вегетарианцев, поскольку помимо снижения доли пищевых «железоносителей» существует эффект падения уровня микроэлемента в сельскохозяйственных продуктах, полученных с помощью интенсифицированных технологий повышения урожайности. Полученные в результате плоды и семена накапливают углеводы (крахмал, сахар, клетчатку) без увеличения метало-протеинов (в т.ч. железо-содержащих) [1].

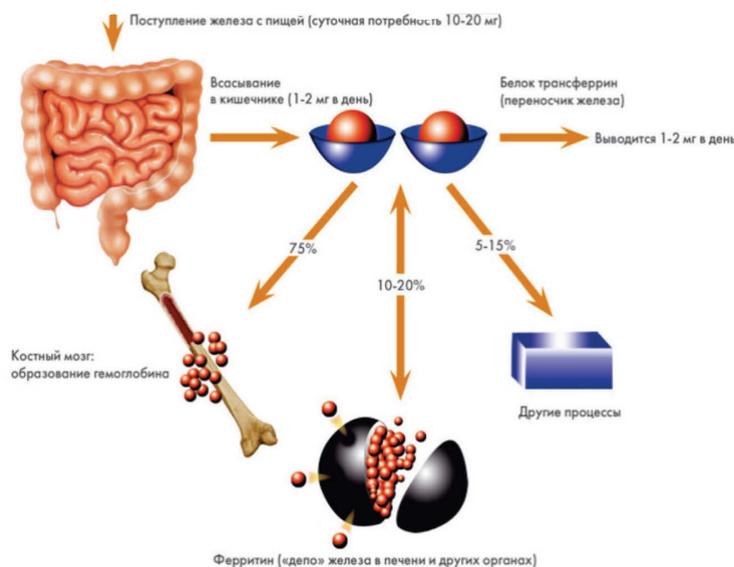


Рис. 1. Распределение железа в организме [4]
 Fig 1. Distribution of iron in the body [4]

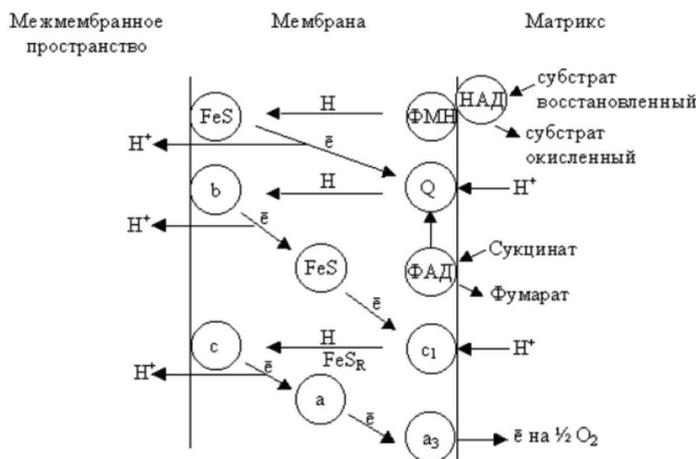


Рис. 2. Схема функционирования железо-серных кластеров в митохондриях [5]
 Fig. 2. Scheme of the functioning of iron-sulfur clusters in mitochondria [5]

Железо, поступающее с пищей или в форме биологически активных добавок, всасывается в трех формах: неорганической (преимущественно в окисленной форме Fe^{3+}), гемовой и ферритиновой. Окисленная форма восстанавливается в Fe^{2+} на мембране энтероцитов двенадцатиперстной кишки. Транспорт в клетки кишечника осуществляется переносчиком двухвалентных металлов и используется клеточными белками, хранится в ферритине, транспортируется в митохондрии для синтеза железо-серных белков или переносится в кровоток. Эта функция трансмембранного оттока железа осуществляется посредством ферропортина, но альтернативным способом устранения внутриклеточного железа являются экзо-

сомы (внеклеточные пузырьки), что обеспечивает защиту клетки от ферроптической гибели. Экспортируемое железо удаляется белковым переносчиком трансферрином в форме Fe^{3+} и потребляется тканями (преимущественно для кроветворения) с участием универсального экспрессируемого трансферринового рецептора. Уровень трансферрина в плазме крови и его насыщение железом регулируют физиологический уровень поступления эссенциального железа в органы и ткани (см. рис. 1). В регуляции уровня железа в организме принимает участие белок гепсидин, взаимодействующий с ферропортином в процессе насыщения кровообращения Fe^{3+} и трансферрина. Однако важнейшим фактором поддержания гомеостаза железа является система белок-регулятор железа (IRP) и регуляции ответа на его недостаточность (IRE), которая регулирует экспрессию посттрансляционных рецепторов ферритина и трансферрина, а также изменяет синтез основных железо-содержащих белков. В ситуации, когда поступление железа превышает потребность клетки, переключение в системах IRE-IRP приводит к минимальному поглощению железа и увеличивает его хранение во вновь синтезированном ферритине [2, 7].

Системы поддержания гомеостаза железа имеют ограниченную емкость депо, поскольку потребность в железе клеточных структур и пищевой путь его коррекции подвержены дисбалансу. Только в гемоглобине содержится до 2,1 г эритроцитарного железа и безусловно развивающиеся эритроидные клетки являются основными потребителями микроэлемента. Железо содержится также в макрофагах (до 600 мг), миоглобине мышц (до 300 мг) и печени (до 1 г). Присутствие железа в других органах не менее существенно для осуществления редокс-функций. Их нарушение проявляется при разнообразных формах железо-дефицитных состояний (таблица 1) [8].

В сущности, речь идет о восполнении потерь микроэлемента, оцениваемых в 0,9-1,1 мг/сут (14 мкг/кг/массы тела) у половозрелого человека [1, 7], что при потребности в 18 мг не представляется критическим. Однако при нарушении внутриорганизменного баланса железа (90% общего железа тела усваивается из гемоглобина распадающихся эритроцитов), значимость пищевого пути поступления микроэлемента существенно возрастает. Считается, что $\geq 40\%$ абсорбированного железа представлено гемовым, но факторы, модулирующие процесс всасывания, распространяются и на негемовое, причем фортификационное железо не полностью включается в доступный пул [1].

Сохраняется дискуссия о роли ряда пищевых факторов, ограничивающих всасывание железа: полифенолы, Са, Mg, фосфаты, животные белки (молочные, яичные, соевые), однако их роль менее определена, нежели усилителей абсорбции железа в желудочно-кишечном тракте. Каноничным фактором является аскорбиновая кислота, восстанавливающая Fe^{3+} в Fe^{2+} , а также образующая доступные хелатированные комплексы и снижающая негативное влияние на процесс всасывания фитатов, полифенолов, кальция и молочных белков. Стереоизомер аскорбиновой кислоты эриторбовая кислота (E315) является восстановителем Fe^{3+} и используется для обогащения пищевых продуктов (в США потребление в фортифицированных продуктах достигло 200 мг/сут) [1,4]. Мясная диета является оптимальной для усвоения железа в связи с высоким восстановительным потенциалом (30 г мышечной ткани эквивалентны 25 мг аскорбата) и Fe-хелатирующей способностью наряду с наличием гликозаминогликанов и глицерофосфохолина, активирующих поглощение негемового железа. Оптимизация усвоения железа сочетается с коррекцией статуса витамина А (каротиноидов в целом) и витамина В₂ и отягощаться избыточным весом. Общая оценка биодоступности пищевого железа по рекомендациям ВОЗ/ФАО оценивается значением 15% в диетах с высоким содержанием мяса или обогащенных витамином С и в 5% в диетах на основе злаков и корнеплодов с низким содержанием витамина С. При этом фактический статус обеспеченности железом организма является основным фактором, определяющим биодоступность микроэлемента [2].

Недавно опубликован сравнительный анализ эффективности соединений железа для обогащения пищевых продуктов. Рассмотрены свойства классического «железосодержателя» сульфата 7-водного железа (содержание Fe — 20%), неорганических и органических его носителей: хлорида (Fe — 44%), пирофосфата (Fe — 25%), элементного электролитного (Fe — 97-99%), лактата (Fe — 19%), глюконата (Fe — 12%), бисглицината (Fe — 20%), аммония цитрата (Fe — 17%), аммония фосфата (Fe — 30%), натрий-Fe-ЭДТА (Fe — 13%), Fe-II-таурата (Fe — 18%), L-пидолата (Fe — 18%), фумарата (Fe — 33%), характеризующие растворимость, относительную биодоступность (сравнительно с сульфатом) и способность вызывать перекисное окисление (прогорклость). По мнению российских экспертов предпочтительными свойствами для обогащения пищевых продуктов обладает бисглицинат железа, в котором Fe^{2+} хелатировано с двумя молекулами глицина. Рекомендации этого соединения

для пищевой промышленности подтверждены Европейским и Американским контролирующими органами (EFSA и FDA). Обращено внимание на потенцирование усвоения железа при обогащении продуктов и напитков поливитаминным комплексом в питании детей 8-15 лет [9].

Таблица 1. Основные причины абсолютного дефицита железа/железодефицитной анемии
Table 1. Main Causes of Absolute Iron Deficiency/Iron Deficiency Anemia

Причина	Состояние	Патофизиологический механизм
Повышенная потребность в железе	Младенцы, дети дошкольного возраста, подростки	Быстрый рост
	Беременные женщины: второй и третий триместры	Увеличение эритроидной массы матери и плода
	Лечение стимуляторами эритропоэза	Острое увеличение эритроидной массы
Низкое потребление железа	Недоедание	Недостаток пищевого железа: низкое гемовое железо или мало биодоступного железа (например, хелатирование фитатами)
	Вегетарианцы, веганы	
Снижение всасывания железа в кишечнике	Гастрэктомия, дуоденальное шунтирование, бариатрическая хирургия	Уменьшенная поверхность всасывания
	Глютен-индуцированная энтеропатия	Повышенное значение pH
	Аутоиммунный атрофический гастрит	
	Инфекция <i>Хеликобактериями</i>	Повышение pH и потеря крови
	Лекарства: ингибиторы протонной помпы, H ₂ -блокаторы гистаминовых рецепторов	Блокирование секреции желудочного сока
	Генетическая Fe-резистентная анемия	Высокий уровень гепсидина в сыворотке
Хроническая кровопотеря	Доброкачественные и злокачественные новообразования желудочно-кишечного тракта, дефекты гемостаза	Кровотечение из желудочно-кишечного тракта, системное кровотечение
	Салицилаты, кортикостероиды, нестероидные противовоспалительные препараты. Лекарственные препараты: антикоагулянты, антиагреганты.	Кровотечение из мочеполовой системы
	Обильные менструации, гематурия	
	Внутрисосудистый гемолиз (пароксизмальная ночная, маршевая гемоглобинурия)	Потери гемоглобина (железа) с мочой
	Частые доноры крови	Повторное кровопускание
Множественные причины (абсолютный дефицит железа, связанный с воспалением)	Хронические инфекции при неадекватном питании	Снижение потребления, увеличение провоспалительных цитокинов
	Хроническая болезнь почек	Снижение всасывания железа, повышенная кровопотеря, снижение экскреции гепсидина и увеличение его продукции, лекарственные препараты, стимуляторы эритропоэза
	Хроническая систолическая сердечная недостаточность	Снижение всасывания железа, усиление воспаления, кровопотеря
	Воспалительные заболевания кишечника	Снижение всасывания железа, повышенная кровопотеря, высокий уровень гепсидина
	Послеоперационная анемия при хирургических вмешательствах	Кровопотеря, повышение провоспалительных цитокинов

С начала нулевых годов с целью избегания побочных эффектов препаратов железа (со стороны желудочно-кишечного тракта), прежде всего в педиатрической практике, применяются соединения железа на основе полимальтозного комплекса. Этот носитель состоит из многоядерных центров гидроксида Fe (III), окруженных нековалентно связанными молекулами полимальтозы. Полимерная структура комплекса с большой молекулярной массой, аналогично ферритину, высокоспецифично взаимодействует с белком-переносчиком слизи-

стой оболочки кишечника. Носитель железа этого типа не обладает прооксидантным действием на белки клеточных мембран и обеспечивает эффективное взаимодействие с трансферрином и ферритином. Взаимодействия гидроксид-полимальтозного комплекса Fe^{3+} с компонентами пищи и лекарственными препаратами не происходит, как и передозировки поступления железа, что предопределило его применение в коррекции Fe-дефицита у детей, начиная с младенческого возраста, например, в линейке «Мальтофер» (жевательные таблетки, сиропы, капли) [3]. Эта форма оказалась востребованной для преодоления плохой переносимости пероральных форм или низкой усвояемости [7]. В обзорной работе 2019 г. [8] констатируется положительный опыт профилактического применения сульфата железа (60 мг у взрослых и 30 мг у детей), несмотря на возможные расстройства пищеварения и возникающий дисбактериоз, но рекомендуется расширение исследований таких носителей как суросомальное (инкорпорированное в фосфолипидные пузырьки) железо, полипептиды гемового железа, Fe-содержащие наночастицы, а также указывается на неоспоримый приоритет эффективности внутривенного введения железа (в частности, в форме феррикарбоксимальтозы) для коррекции Fe-дефицитной анемии [8].

Актуализация проблемы коррекции железодефицита и расширение носителей микроэлемента произошли в период после 2010 г, когда было установлен глубокий дефицит Fe при сердечной недостаточности, отягощенный коморбидностью (сопутствующими заболеваниями — гипертонией, сахарным диабетом 2 типа, ишемической болезнью сердца, гиперлипидемией, хроническими заболеваниями почек). Более того ряд схем патогенетической терапии оказался усугубляющим на статус обеспеченности организма железом. К настоящему времени достигнут консенсус в отношении внутривенного назначения препаратов железа для коррекции его дефицита на основе полимальтозного макромолекулярного комплекса (карбоксимальтозат железа, феринжент, ферраhem) в количестве 1 г и выше (8, <https://www.drugs.com/pro/feraheme.html>). Достигаются не только улучшения функций миокарда, но и качество жизни пациентов, прогноз, эффективность поддерживающей терапии. Статус обеспеченности железом и эффективность ферротерапии контролируются уровнем ферритина плазмы (>30 мкг/л) при насыщении трансферина >20 % (Fe-плазмы/Fe-связывающего способность Ч 100 %). Показанием для инфузионной ферротерапии является уровень ферритина <100 мкг/л или ферритина >300 мкг/л с одновременным падением показателя насыщения <20 % [10]. При значительно более низкой эффективности пероральных форм железа указывается на необходимость долгосрочной программы профилактических мероприятий, направленных на восполнение ресурсов факторов кровотообразования, увеличения всасывания железа из желудочно-кишечного тракта.

Опыт применения ферропрепаратов двухвалентного сульфата железа в композиции с фолиевой кислотой (препарат «Тардиферон») в суточной дозировке до 80 мг показал его высокую эффективность при беременности и в лактационном периоде [10]. Двухвалентная соль сернокислого железа использована в качестве хелатирующего агента раствора казеиновых фосфолипидов в культивировании пропионовокислых бактерий. Полученный Fe-содержащий биоконцентрат реализован в форме БАД «Гемопробиовит», применение которого (патент РФ №2345574 от 19.04.2007/ Хамагаева И.С., Кривоносова О.В.) восполняет дефицит железа и играет роль биокорректора нарушений биоценоза.

Молекулярно-биологический подход в применении соединений железа в качестве фортификационных и лекарственных факторов, исходя из вновь выявленных функций железо-кластерных комплексов в дополнение к гемопоэтической активности также воспринимается в профилактической медицине и нутрициологии. Кластерный анализ показывает, что взаимодействие ионов железа (или гема) в биоструктурах функционально сопряжено с кофакторами — аскорбатом, Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , а также с компонентами кластера «окислительно-восстановительных кофакторов». Не трудно предсказать повышение эффективности сочетания указанных элементов для повышения как биодоступности, так и биоэффективности носителей железа и самого микроэлемента. Этот принцип частично реализуется в линейке «Витрум Пренатал форте», содержащий кроме fumarата железа (60 мг), ретинол, β -каротин, токоферол, аскорбат, рибофлавин, пиридоксин, никотинамид, Cu, Zn, Mn, Mo [11] и есть все основания полагать, что такого рода композиции в функциональных продуктах или БАД будут более широко применены в профилактике Fe-дефицитных состояний.

Лечебно-профилактические технологии коррекции дефицита железа предполагают пероральные добавки соединений железа, что основано на достаточно обстоятельно изученных механизмах его всасывания в желудочно-кишечном тракте. Выше указано, что устойчивой

проблемой остается ограничение процесса усвоения железа и железо-рефрактерные пациенты. В этой связи увеличение биодоступности железа и совершенствование схем и форм его назначения или использования остается актуальной задачей нутрициологии и пищевых технологий.

Одним из апробированных подходов для преодоления эффекта ингибирования всасывания железа (фосфаты, фитаты, дубильные вещества), неприятных органолептических свойств Fe-содержащих субстанций и диспептических расстройств является инкапсулирование в липосомы, что обеспечивает высокую скорость всасывания и степень биодоступности и предупреждает нежелательные эффекты прямого контакта Fe^{3+} с оболочкой кишечника. Фактически, липосомальные добавки железа обеспечивают параметры биодоступности близкие к внутривенному введению железо-содержащих препаратов. Сообщается, что эффективность поглощения железа резко возрастает, когда размер липосомы достигает наноразмера (50–100 нм). Применение нанолипосомного железа ограничено достаточно узким спектром БАД [16].

В ряде случаев неприятные органолептические изменения продуктов при фертификации железом ослабляются, например, при использовании пирофосфата Fe, но его биодоступность низкая. Вероятный путь их преодоления — наноразмерные соли микроэлемента, обладающие большей площадью поверхности, растворимостью в желудочном соке и повышенной всасываемостью. Действительно уменьшение размера частиц ионов железа <100 нм увеличивает параметры биодоступности [12]. Fe^{3+} из наночастиц в ферроредуктазой реакции восстанавливается до Fe^{2+} и транспортируется через ферропортин в кровообращение в форме Fe^{3+} , т.е. каноническим физиологическим механизмом. Доклинические исследования продемонстрировали эффективность нескольких типов наночастиц: оксида и фосфата Fe, оксогидроксида Fe и его пирофосфата [12]. Наиболее изучены наночастицы оксида железа, характеризующиеся доступными методами получения и биосовместимостью. Полученные наночастицы могут быть инкапсулированы полимером (декстран, полиэтиленгликоль, крахмал или хитоза) для стабилизации. В этом случае возможно включение синергических всасыванию Fe компонентов — витаминов C, B₃, B₉ (фолат) и других биоактивных соединений [12]. Наночастицы с оксидом железа использованы для получения функционального продукта на основе ферментированного молока с *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus* [13]. Ряд молочных продуктов апробированы для фортификации наноразмерными соединениями Fe и Zn, в т. ч. в порошкообразной форме (для обогащения молочных продуктов, содержащих какао или фрукты), печенья, бисквитов [12, 14]. Обсуждаются дозировки профилактического применения наночастиц оксида железа в пределах 10–30 мг/кг фортифицированного продукта [12,13]. Композиция Fe/Zn также апробирована в наночастицной форме с фосфатом [15].

Детально изучены наночастицы оксогидроксида Fe(III), в т.ч. размером 5–10 нм с носителем в виде тартрата и адипиновой кислоты, оказавшимся значительно биодоступнее нежели $FeSO_4$ (на 80%) и не влияющих на микрофлору у добровольцев. Эта форма использована для разработки технологии обогащения молочных смесей, проведены доклинические исследования [8]. Суммарная оценка токсичности наноформ железа показывает их безопасность, но полностью не оценены долгосрочные эффекты их депонирования на организм.

Подходы с получением коллоидных носителей железа, обеспечивающих их устойчивость и биоэффективность, успешно применены в инфузионных препаратах (оксид железа на карбоксиметилловом эфире сорбита полиглюкозы или на полимальтозном комплексе). В этом случае железо-углеводные комплексы захватываются макрофагами ретикулоэндотелиальной системы печени, селезенки и костного мозга и высвобождаются физиологическими механизмами, взаимодействуя с ферритином или трансферрином.

В институте физико-органической химии НАН Беларуси с участием НТООО «АКТЕХ» производятся для растениеводства, животноводства и ветеринарии производятся коллоидные растворы на основе наночастиц гидроксида Fe^{+3} ($Fe(OH)_3$) с размером <35 нм и оксида цинка и железа ($ZnFe_2O_4$), стабилизированные в форме мальтозных металло-полимерных комплексов. Возможность их применение для обогащения продуктов питания становится реальной в плане имеющихся данных о их безопасного применения и расширения необходимости эффективной ферро-профилактики микронутриентного дефицита в современной популяции населения.

Заключение. Нарастающий дефицит потребления микроэлемента железа в фактическом питании населения, распространенность железодефицитной анемии и абсолютного дефици-

та железа (что неравнозначно) в популяции, установление новых функций железа в биохимических процессах энергопродукции, критическая роль дефицита в прогрессировании сердечной, почечной недостаточности, а также фактор риска при полиморбидной патологии актуализируют расширенное применения функциональных продуктов и БАД — носителей железа с высокой биодоступностью. На повестке дня разработка высокоусвояемых форм Fe из его коллоидных форм, а также его композиций с синергичными микроэлементами (Zn, Cu), а также витаминами.

Список использованных источников

1. *Hurrell, R.* Iron bioavailability and dietary reference values / R. Hurrell, I. Egli // *Am. J. Nutr.* — 2010. — 91 suppl. — 1461S–7S.
2. *Han, O.* Molecular mechanism of intestinal iron absorption / O. Han // *Metallomics.* — 2011. — Т. 3, №2. — С. 103–109.
3. Обмен железа в организме и пути коррекции его нарушений / Н.Г. Колосова [и др.] // *Трудный пациент.* — 2011. — С. 1–4.
4. *Третьякова, О. С.* Физиологическая роль железа в организме человека / О. С. Третьякова // *Дитячий лікар.* — 2013. — Т. 1, №22. — С. 14–16.
5. <https://studfile.net/preview/9539304/page:5/>
6. *Стибен, Дж.* Участие железо-серных кластеров в метаболизме митохондрий: многообразие функций этого кофактора / Дж. Стибен, Со Минянг, Л.С. Кагуни // *Биохимия.* — 2016. — Т. 81, №1. — С. 1332–1348.
7. Роль железа в организме человека / Н.Т. Ватугин [и др.] // *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна, Серія "Медицина".* — 2012. — Вып. 24, №1024. — С. 74–80.
8. *Cameschelle, C.* Iron deficiency / C. Cameschelle // *Blod.* — 2019. — Vol. 133, №1. — P. 30–39.
9. *Коденцова, В. М.* Соединения железа для обогащения пищевых продуктов: Сравнительный анализ эффективности / В. М. Коденцова, Д. В. Рисник, В. В. Бессонов // *Микроэлементы в медицине.* — 2023. — Т. 24, №1. — С. 10–19.
10. *Доброхотова, Ю. Э.* Новые возможности терапии железодефицитных состояний у женщин в различные возрастные периоды / Ю.Э. Доброхотова, Э.А. Маркова // *РМЖ. Мать и дитя.* — 2022. — Т. 5, №5. — С. 201–206.
11. Значение использование препаратов железа и его молекулярных синергистов для профилактики и лечения железодефицитной анемии у беременных / О.А. Громова [и др.] // *Российский вестник акушера-гинеколога.* — 2015. — Т. 4. — С. 85–94.
12. *Kumari, A.* Iron nanoparticles as a promising compound for food fortification in iron deficiency anemia: a review / A. Kumari, A. K. Chauhan // *J. Food Sci. Technol.* — 2022. — Vol. 59, №9. — P. 3319–3335.
13. *Хамагаева, И. С.* Влияние сульфата железа на синтез внеклеточных факторов адаптации пропионовых бактерий / И.С. Хамагаева, А.В. Кривоносова // *Молочная промышленность.* — 2009. — №6. — С. 71–72.
14. *Magnetic and golden yogurts. Food as a potential nanomedicine carrier / V. Garcías [et al] // Materials (Basel).* — 2020. — Vol. 13, №2. — P. 481.
15. *Development and optimization of iron- and zinc-containing nanostructured powders for nutritional applications / F.M. Hilty [et al] // Nanotechnology.* — 2009. — Vol. 20, №47. — P. 475101.
16. Iron deficiency [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://supremepharmatech.com/en/directions/liposomal-microelements/>. — Дата доступа: 11.05.2023.

Информация об авторах

Мойсеенок Андрей Георгиевич, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом витаминологии и нутрицевтики РНИУП «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси» (ул. Антония Тызенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь).
E-mail: andrey.moiseenok@tut.by

Information about authors

Moiseenok Andrey Georgievich, Correspondent Member of the National Academy of Belarus, Doctor of Biological Science, Professor, Head of the Department of Vitaminology and Nutraceuticals of the RSIUE "Institute of Biochemistry of biologically active compounds of the National Academy of Sciences of Belarus" (7 Antony Tyzenhaus Str., Grodno, 230023, Republic of Belarus).
E-mail: andrey.moiseenok@tut.by

Мотылевич Жанна Витальевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Отраслевой лаборатории по мониторингу пищевого (микронутриентного) статуса населения и разработке технологий его коррекции с использованием функциональных продуктов и биологически активных добавок РНИУП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (ул. Антония Тызенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: janemot@mail.ru

Черемисин Андрей Сергеевич, младший научный сотрудник отраслевой лаборатории по мониторингу пищевого (микронутриентного) статуса населения и разработке технологий его коррекции с использованием функциональных продуктов и биологически активных добавок РНИУП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (ул. Антония Тызенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: cherrynotberry@gmail.com

Мойсеенок Евгений Андреевич, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общей гигиены и экологии УО «Гродненский государственный медицинский университет» (ул. М. Горького, 80, 230009, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: remar@tut.by

Катковская Инна Николаевна, научный сотрудник отдела витаминологии и нутрицевтики РНИУП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (ул. Антония Тызенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: inna_katkovskaya@mail.ru

Титко Оксана Викторовна, научный сотрудник отдела витаминологии и нутрицевтики РНИУП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (ул. Антония Тызенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: o.titko@mail.ru

Азизбекян Сергей Гургенович, старший научный сотрудник ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 13, 220072 г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: s.az@mail.ru

Motylevich Zhanna Vitalevna, PhD (Biology), senior research worker of the Laboratory for monitoring the micronutrient status of the population and development of technologies for its correction using functional products and active additives of the RSIUE “Institute of Biochemistry of biologically active compounds of the NAS of Belarus” (7 Antony Tyzenhaus Str., Grodno, 230023, Republic of Belarus).

E-mail: janemot@mail.ru

Cheremisin Andrey Sergeevich, junior research worker of the Laboratory for monitoring the micronutrient status of the population and development of technologies for its correction using functional products and active additives of the RSIUE “Institute of Biochemistry of biologically active compounds of the NAS of Belarus” (7 Antony Tyzenhaus Str., Grodno, 230023, Republic of Belarus).

E-mail: cherrynotberry@gmail.com

Moiseenok Eugenij Andreevich, PhD (Medicine), Associate Professor of the Department of General Hygiene and Ecology of EO “Grodno State Medical university” (80 Gorkogo Str., Grodno, 230009, Republic of Belarus)

E-mail: remar@tut.by

Katkovskaya Inna Nikolaevna, research worker of of the Department of Vitaminology and Nutraceuticals RSIUE “Institute of Biochemistry of biologically active compounds of the NAS of Belarus” (7 Antony Tyzenhaus Str., Grodno, 230023, Republic of Belarus).

E-mail: inna_katkovskaya@mail.ru

Titko Oksana Viktorovna, research worker of the Department of Vitaminology and Nutraceuticals RSIUE “Institute of Biochemistry of biologically active compounds of the NAS of Belarus” (7 Antony Tyzenhaus Str., Grodno, 230023, Republic of Belarus).

E-mail: o.titko@mail.ru

Azizbekian Sjarhei Gurgenovich, senior research worker of Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus (13 Surganova Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: s.az@mail.ru

УДК 613.2

Поступила в редакцию 10.04.2023
Received 10.04.2023**И. Ю. Тармаева¹, О. Г. Богданова²**¹*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Российская Федерация*²*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Российская Федерация***ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НАСЕЛЕНИЕМ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Аннотация. За последние 30 лет структура питания населения Республики Бурятия и Иркутской области, входящих в состав Байкальского региона, претерпела значительные трансформации. Установлено, что питание в данных регионах характеризуется преобладанием углеводов. Выявлены прямые заметные по тесноте корреляционной связи между индексом валового регионального продукта и потреблением хлебопродуктов ($R_s = 0,657$; $(0,30 - 1,27)$) и картофеля ($R_s = 0,641$; $(0,28 - 1,24)$). При этом влиянию данной зависимости подвержено от 41,0 до 43,0% населения.

Ключевые слова: структура, питание, здоровье, население, Республика Бурятия, Иркутская область.

I. Yu. Tarmaeva¹; O. G. Bogdanova²¹*Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russian Federation*²*East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russian Federation***FEATURES OF THE STRUCTURE OF FOOD CONSUMPTION BY THE POPULATION OF THE BAIKAL REGION**

Abstract. Over the past 30 years, the nutrition structure of the population of the Republic of Buryatia and the Irkutsk region, which are part of the Baikal region, has undergone significant transformations. It has been established that nutrition in these regions is characterized by a predominance of carbohydrates. Direct correlations between the gross regional product index and the consumption of bread products ($R_s = 0.657$; $(0.30-1.27)$) and potatoes ($R_s = 0.641$; $(0,28 - 1,24)$). At the same time, 41.0 to 43.0% of the population is affected by this dependence.

Key words: structure, nutrition, health, population, Republic of Buryatia, Irkutsk region.

Введение. Неотъемлемым элементом социально-экономического развития нашей страны является охрана и укрепление здоровья граждан, обеспечение безопасности, в том числе продовольственной [1-2]. Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) определяет продовольственную безопасность как «ситуацию, которая существует, когда все люди всегда имеют физический, социальный и экономический доступ к достаточному количеству, безопасной и питательной пищи, отвечающей их диетическим потребностям и пищевым предпочтениям для активной и здоровой жизни» [3]. Это определение включает четыре ключевых аспекта продовольственных поставок: наличие, стабильность, доступ и использование. Ключевым элементом является покупательная способность потребителей и эволюция реальных доходов и цен на продовольствие. Безусловно, продовольственная безопасность включает в себя аспекты обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов во всей пищевой цепочке, что непосредственно связано со здоровьем потребителей [4-5].

За последние 30 лет структура питания населения Республики Бурятия (далее — РБ) и Иркутской области (далее — ИО), входящих в состав Байкальского региона, как и в целом в Российской Федерации (далее — РФ), претерпела значительные трансформации, обусловленные, по мнению ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» [6-7], изменениями социально-экономической ситуации, снижением и развитием агропромышленного комплекса, пищевой индустрии.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенное нами исследование позволило получить приближенные сведения о состоянии питания населения ИО и РБ. Структура по-

требления пищевых продуктов населения Байкальского региона, по данным Федеральной службы государственной статистики, не сбалансирована, при этом более глубокий дисбаланс отмечается в Бурятии. В РБ в среднем (Ме) за период 1991–2020 гг. ранговый ряд, отражающий дефицит потребления по 8-ми пищевым продуктам, имел следующую последовательность: «фрукты и ягоды» > «рыбопродукты» > «овощи и бахчевые» > «яйца и яйцепродукты» > «молоко и молочная продукция» > «масло растительное и другие жиры» > «мясо и мясопродукты» > «картофель» (величины дефицита — 75,0 > 67,50 > 60,0 > 34,23 > 30,43 > 30,0 > 17,57 > 2,22%). Профицит «хлебных продуктов» снизился с 38,14 до 16,49% и в среднем составил 21,65%. Вместе с тем, за данные периоды профицит потребления «сахара» увеличился с 175% до 262,50% и в среднем за 30-летний период составил 237,50%.

В ИО в среднем за период 1991–2020 гг. ранговый ряд, отражающий дефицит потребления по 7-ми пищевым продуктам, имеет следующую последовательность: «фрукты и ягоды» > «овощи и бахчевые» > «рыбопродукты» > «молоко и молочная продукция» > «яйца и яйцепродукты» > «мясо и мясопродукты» > «масло растительное и другие жиры» (величины дефицита — 78,0 > 50,0 > 52,86 > 40,06 > 21,15 > 18,92 > 5,83%). Профицит «хлебных продуктов» за рассматриваемые периоды варьировал с 25,77% (1996–2000 гг.) до 9,28% (2016–2020 гг.) и в среднем составил 17,53%. Значительно снизился профицит потребления «картофеля» с 95,56% (1996–2000 гг.) до 7,78% в (2016–2020 гг.) и в среднем составил 36,67%. Вместе с тем, увеличился профицит потребления «сахара» с 212,50% (1996–2000 гг.) до 312,50% (2011–2015 гг.) и в среднем за 30-летний период составил 287,50%.

В РФ в среднем за период 1991–2020 гг. ранговый ряд, отражающий дефицит потребления по 6-ти пищевым продуктам, имеет следующую последовательность: «фрукты и ягоды» > «рыбопродукты» > «овощи и бахчевые» > «молоко и молочная продукция» > «мясо и мясопродукты» > «яйца и яйцепродукты» (величины дефицита — 54,0 > 53,21 > 36,43 > 26,40 > 17,57 > 1,54%). Профицит «хлебных продуктов» за рассматриваемые периоды варьировал с 27,84% (1991–1995 гг.) до 19,59% (2016–2020 гг.) и в среднем составил 22,86%. Значительно снизился профицит потребления «картофеля» с +36,67% (1991–1995 гг.) до дефицита — 1,11% в (2016–2020 гг.) и в среднем за весь период 1991–2020 гг. составил +20,0%. Вместе с тем, увеличилось потребление «масла растительного и других жиров» и «сахара». Так, ранее отмечаемый дефицит «масла растительного и других жиров» с 41,67% (1991–1995 гг.) сменился профицитом 15,83% (2016–2020 гг.) и в среднем за весь период 1991–2020 гг. составил +0,83%, углубился профицит потребления «сахара» с 287,50% (1991–1995 гг.) до 400,0% (2011–2015 гг.) и в среднем за 30-летний период составил 375,00%. Увеличение потребления растительного масла и других жиров, сахара обусловлено высоким потреблением кондитерских, колбасных изделий, безалкогольных напитков и др.

Структура потребления пищевых продуктов населением Байкальского региона неоптимальна. В 2020 году по сравнению с Рациональными нормами потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, утвержденными Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 19 августа 2016 г. №614 (с изменениями от 01.12.2020 №1276), наблюдалась недостаточность потребления по фруктам свежим в РБ и ИО в 2,78–2,86 раза, овощам и бахчевым в РБ в 2,19 раза, ИО в 1,97 раза, молоку и молокопродуктам в РБ в 1,736 раза, ИО в 1,65 раза, рыбопродуктам в РБ в 1,35 раза, в ИО в 1,26 раза, компенсируемая избыточностью потребления сахара в РБ в 3,63 раза, ИО в 4,0 раза, хлебных продуктов в РБ в 1,18 раза, в ИО в 1,09 раза. Установлено, что нарушен баланс соотношения долей макронутриентов в калорийности рациона. Так, потребленные пищевые продукты населением ИО характеризовались меньшей долей калорийности белка к общей энергетической ценности по сравнению с РБ и РФ, доля калорийности жира в потребленных пищевых продуктах населением РБ была достоверно меньше, чем в РФ. При этом, рекомендации ВОЗ по содержанию жира менее 30% от общей калорийности рациона в среднем по пятилеткам не соблюдались в питании населения России, ИО и частично РБ, за исключением последней пятилетки прошлого столетия 1996–2000 гг., где она составила 29,42 (28,47–29,77)%.

Однозначно полученные данные регрессионного прогноза до 2030 года нельзя рассматривать, как оптимистичные с гигиенической точки зрения. Достоверно увеличится потребление населением РБ, ИО и России фруктов и ягод ($y = 0,9684x + 10,09$, $RI = 0,9258$; $y = 0,9942x + 9,8897$, $RI = 0,8794$; $y = 1,4899x + 22,54$, $RI = 0,9193$) и масла растительного ($y = 0,2512x + 4,7069$, $RI = 0,8101$; $y = 0,2091x + 7,709$, $RI = 0,8976$; $y = 0,2819x + 6,8933$, $RI = 0,9173$), а в России — овощей и бахчевых культур ($y = 1,3522x + 68,908$, $RI = 0,8774$). В ИО увеличение потребления овощей и бахчевых только на приемлемом уровне ($y = 0,84x + 39,846$, $RI = 0,5253$). Особо настораживает приемлемая модель прогноза увеличения потребления сахара в целом населением России ($y = 0,2979x + 32,016$, $RI = 0,695$). При этом достоверно прогнозируется снижение потребления картофеля в ИО и РФ ($y = -3,7824x + 197,23$, $RI =$

0,8386; $y = -1,2948x + 125,47$, $RI = 0,8875$), хлебных продуктов в РБ ($y = -0,8643x + 136,1$, $RI = 0,8102$) и на приемлемом уровне в ИО ($y = -0,7399x + 127$, $RI = 0,6148$). Рассматривать, как позитивную тенденцию, увеличение потребления растительного масла и снижение потребления картофеля весьма преждевременно. Так, в категорию «растительных масел» согласно ОКВЭД 10.41, включены наряду с традиционными для России растительными маслами (подсолнечное, рапсовое, льняное и т.д.), такие как пальмовое, соевое, хлопковое и т.д. А снижение потребления картофеля, являющегося одним из основных традиционных для ИО и России пищевых продуктов, может негативно отразиться на поступлении сбалансированного состава аминокислот, витаминов и минеральных веществ.

Заключение. Обобщая результаты проведенного исследования, можно заключить, что питание у жителей ИО и РБ в большинстве случаев характеризуется преобладанием углеводов, а структура питания населения в различных регионах является зеркальным отражением жизненного уровня социума, что подтверждается прямой заметной по тесноте корреляционной связи между индексом ВРП и потреблением хлебных продуктов ($R_s = 0,657$; (0,30 — 1,27) и картофеля ($R_s = 0,641$; (0,28 — 1,24), при этом влиянию данной зависимости подвержено от 41,0–43,0% населения РФ.

Данная проблема не теряет актуальности и остается одной из приоритетных проблем в социально-экономическом и медицинском аспектах. В целях снижения риска здоровью населения рекомендации в отношении основных идей здорового питания, требующих дифференцированного подхода к нутрициологическим и диетологическим потребностям человека, остаются направленными на увеличение потребления большого количества фруктов и овощей, ограничение потребления жиров, простых сахаров и соли. При внедрении принципов здорового образа жизни необходимо учитывать региональные аспекты оптимизации структуры питания различных групп населения, в том числе детского организованного и взрослого работающего населения, исходя из дифференцированных нутрициологических и диетологических потребностей.

Список использованных источников

1. Хотимченко, С. А. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений / С.А. Хотимченко, В.В. Бессонов, О.В. Багрянцева, И.В. Гмошинский // Медицина труда и экология человека. — 2015. — №4. — С. 7–14.
2. Тутельян, В. А. Новые риски и угрозы в области обеспечения безопасности пищевой продукции / В.А. Тутельян // Переработка молока. — 2021. — №8 (262). — С. 22–28.
3. Батурин, А. К. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий / А.К. Батурин, А.Н. Мартинчик, А.О. Камбаров // Вопросы питания. — 2020. — №4 (89). — С. 60–70.
4. Nosratabadi, S. Social Capital Contributions to Food Security: A Comprehensive Literature Review / S. Nosratabadi, N. Khazami, M.B. Abdallah, Z. Lackner, S.S. Band, A. Mosavi, C. Mako // Foods. — 2020. — №9(11). — P. 1650.
5. FAO, I., The State of Food Security and Nutrition in the World 2021, FAO. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/1850109/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world-2021/2596732>
6. Тутельян, В. А. К 90-летию института питания: взгляд сквозь годы / В.А. Тутельян // Вопросы питания. — 2020. — Т. 89. — №4. — С. 8–23.
7. Буряева, Е. А. Изменение структуры питания населения России за 100 лет / Е.А. Буряева, А.О. Камбаров, Д.Б. Никитюк // Клиническое питание и метаболизм. — 2020. — №1(1). — С. 17–26.

Информация об авторах

Тармаева Инна Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (109240, Москва, Устьинский проезд, 2/14).

E-mail: tarmaeva@ion.ru

Богданова Ольга Георгиевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, Ангарск, 12а микрорайон, дом 3).

E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Information about authors

Tarmaeva Inna Yuryevna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety (2/14 Ustinsky passage, Moscow, 109240, Russian Federation).

E-mail: tarmaeva@ion.ru

Bogdanova Olga Georgievna, PhD (Medicine), East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (3 12a microdistrict, Angarsk, 665827, Russian Federation).

E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

УДК 613.292

Поступила в редакцию 12.04.2023
Received 12.04.2023

**Е. С. Симоненко, С. В. Симоненко, Е. С. Семенова,
Т. С. Залетова, Т. Б. Феофанова, Б. М. Мануйлов**

Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»

Клиника лечебного питания Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ОЖИРЕНИЯ И БЕЛКОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Аннотация. По результатам проведенных исследований разработаны технология производства специализированных пищевых продуктов с использованием мицеллярного казеина «Смесь высококалорийная белковая», «Смесь низкокалорийная белковая». Разработаны Руководства по использованию специализированных пищевых продуктов с использованием мицеллярного казеина «Смесь высококалорийная белковая» в комплексном лечении белково-энергетической недостаточности и/или саркопении и «Смесь низкокалорийная белковая» с использованием мицеллярного казеина в комплексном лечении ожирения.

Ключевые слова: белково-энергетическая недостаточность, специализированные пищевые продукты, ожирение, технология производства, мицеллярный казеин.

**E. S. Simonenko, S. V. Simonenko, E. S. Semenova,
T. S. Zaletova, T. B. Feofanova, B. M. Manuylov**

*Research Institute of Baby Nutrition — branch of the Federal state budgetary organization of science
“Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety”*

*Clinic for Clinical Nutrition of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal state
budgetary organization of science “Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety”*

DEVELOPMENT OF SPECIALIZED DAIRY PRODUCTS IN THE COMPLEX TREATMENT OF OBESITY AND PROTEIN AND ENERGY INSUFFICIENCY

Abstract. Based on the results of the research, a technology for the production of specialized food products using micellar casein “High-calorie protein mixture”, “Low-calorie protein mixture” was developed. Guidelines for the use of specialized food products using micellar casein “High-calorie protein mixture” in the complex treatment of protein-energy malnutrition and / or sarcopenia and “Low-calorie protein mixture” using micellar casein in the complex treatment of obesity have been developed.

Keywords: protein-energy malnutrition, specialized food products, obesity, production technology, micellar casein.

Введение. Глобальные перемены в системе продовольствия приводят к культивированию роста потребления, где один из результатов — избыточное получение энергии, за счет дешевой и удобной еды, и все это на фоне дефицита сна и физической активности. Поддержание здоровой массы тела является одной из ключевых проблем для людей, живущих в современной обесогенной среде, которая стимулирует потребление пищи и ограничивает расход энергии [1].

Важность предотвращения увеличения веса, потери веса и поддержания статуса потери веса является одним из вызовов для систем здравоохранения во всем мире. В последние годы в качестве возможных средств для управления весом значительную нишу заняли продукты питания с высоким содержанием белка. Более высокие уровни белка в рационе способствуют его большему синтезу, который является основным детерминантом индуцированного питательными веществами оборота белка (синтеза и распада) [2].

Многие ученые сегодня дают рекомендации по более высокому содержанию белка, относительно минимального требования, поскольку было замечено положительное влияние на поддержание состояния мышц и костей [3, 4] в качестве профилактики саркопении, диабета 2 типа, сердечно-сосудистых заболеваний и ожирения [5, 6].

В дополнение к количеству, было определено как важный параметр для различных аспектов здоровья, качество потребляемого белка. Важнейшим фактором, определяющим качество белка, является его аминокислотный состав. Кроме того, пептиды, которые зашифрованы в первичных аминокислотных последовательностях белков и высвобождаются вместе с аминокислотами в процессе пищеварения, все чаще признаются биологически активными белковыми метаболитами, которые могут оказывать благотворное влияние на здоровье человека [7].

За последние 50 лет в молочной промышленности стали активно применяться мембранные технологии, что открыло новые возможности для более полного использования молочного сырья [8]. Достижения в технологии фильтрации позволили улучшить технологию производства молочных ингредиентов. Первичные белковые фракции в молоке могут быть напрямую эффективно разделены фильтрацией, создавая два высокопитательных и различных по функциональности белковых продукта: мицеллярный казеин и белок молочной сыворотки. Более глубокая переработка дает возможность получения нутрицевтических производных молочных белков, таких, например, как β -казеин или гликомакропептид [14].

Таким образом, организация производства концентратов мицеллярного казеина на отечественных предприятиях может являться актуальной задачей молочной отрасли, поскольку в нашей стране подобные продукты не выпускаются, а широкий профиль функциональных и технологических свойств позволит на принципиально новом уровне решать как научные, так и технологические задачи, стоящие перед разработчиками и производителями продуктов питания и обеспечить пищевую промышленность и население страны полноценными белками животного происхождения.

Цель данной публикации представить результаты исследования по разработке руководств по использованию специализированных молочных продуктов на основе мицеллярного казеина в комплексном лечении ожирения и белково-энергетической недостаточности.

Объекты и методы исследования. Мицеллярный казеин (МРС-85); смесь низкокалорийная белковая — специализированный пищевой продукт с высоким содержанием белка, низкокалорийная за счет сокращения квоты углеводов и жира (первый продукт); смесь высококалорийная белковая — специализированный пищевой продукт с высоким содержанием белка, высококалорийная (второй продукт).

Этапы исследования эффективности специализированных пищевых продуктов включают в себя:

1. Оценку органолептических продукта и его переносимости:

♦ изучение органолептических свойств осуществляют с использованием анкетно-опросного метода. Оценивают вкус, запах, цвет, консистенцию, наличие посторонних примесей, запахов и т.д.;

♦ оценку переносимости осуществляют путем клинического наблюдения за общим самочувствием, состоянием кожных покровов, работой ЖКТ, сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата и других органов и систем организма.

2. Исследование эффективности продукта (анализ пищевого статуса с использованием современных высокотехнологичных методов нутриметаболомики):

- ♦ антропометрические исследования;
- ♦ оценка фактического питания;
- ♦ исследование состава тела (метод биоимпедансометрии);
- ♦ оценка метаболического статуса;
- ♦ исследование биохимических маркеров пищевого и метаболического статуса;
- ♦ витаминного статуса.

3. Оценку эффективности продукта:

- ♦ клинические показатели;

- ♦ данные инструментальных методов исследования, характеризующие функциональное состояние различных органов и систем;
- ♦ лабораторные показатели.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам исследований изучения и подбора перспективных видов ингредиентов, позволяющих создать заданную пищевую композицию с включением мицеллярного казеина, были разработаны варианты рецептов, для первого продукта содержащие: мицеллярный казеин, растительные масла, мальтодекстрин, сахар, лактоза, сухие соки, соевый лецитин. С учетом медико-биологического обоснования в зависимости от продукта внесены комплексы, содержащие витамины: С, В₁, РР, В₂, В₆, В₁₂, А, Д, Е, К, фолиевую кислоту, пантотеновую кислоту, биотин, бета-каротин; минеральные соли: кальций лимоннокислый, калий фосфорнокислый, калий лимоннокислый, хлорид магния, сульфат железа, сульфат цинка, селенит натрия, пиколинат хрома.

Корректировка белкового компонента основывалась на подборе оптимального содержания мицеллярного белка (для первого продукта от 15,3 кг до 17,3 кг на 100 кг готового продукта и для второго продукта от 15,3 кг до 16,5 кг на 100 кг готового продукта), что соответствовало содержанию белка в готовом продукте 13,0% — 15,0%. В результате экспериментальных исследований по органолептическим показателям выбрано содержание белка в первом продукте 15,0% и во втором 14,0 %, что соответствовало медико-биологическим требованиям и органолептически воспринималось позитивно.

В комплексном лечении белково-энергетическая недостаточность и саркопении положительно зарекомендовал себя высокобелковый вариант стандартной диеты с исключением простых углеводов, характеризующуюся повышенным содержанием белка, нормальным количеством жиров, сложных углеводов и исключением легкоусвояемых углеводов (ВБД-с).

Таблица 1. Соотношение натуральных продуктов питания и специализированного пищевого продукта «Смесь высококалорийная белковая» по содержанию белков, жиров, углеводов, энергетической ценности в суточном рационе пациента (на 100 г продукта)
Table 1. The ratio of natural food products and the specialized food product “High-calorie protein mix” in terms of the content of proteins, fats, carbohydrates, energy value in the patient’s daily diet (per 100 g of product)

Диеты	Белки, г в т.ч. животные	Жиры общие, г в т.ч. растительные	Углеводы общие, г, в т.ч. моно-дсахариды	Энергетическая ценность, ккал
Вариант диеты с повышенным количеством белка				
Химический состав и энергетическая ценность диеты	101,31-121,55 (45-50)	62,75-82,21 (30)	274,95-322,59 (30-40)	2131-2507
Натуральные продукты	88-96	69-78	232-320	1825-2410
СПП «Смесь высококалорийная белковая», 100 г	15	9,85	8,6	183,1

Таблица 2. Среднесуточное содержание пищевых веществ и энергетическая ценность диеты
Table 2. Average daily nutrient content and energy value of the diet

Вариант диеты	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
ВБД-С + СПП «Смесь высококалорийная белковая» (100 г)	131,09	80,03	306,16	2479,96

Учитывая усредненную энергетическую потребность стационарных больных, рекомендуемые уровни потребления энергии, установленные приказом МЗ РФ № 330, составляют от 1340 ккал/день (низкокалорийная диета) до 2690 ккал/день (высокобелковая диета), в соответствии с которыми рассчитаны оптимальные размеры суточного потребления продуктов для больных, находящихся на стационарном лечении в лечебно-профилактических учреждениях.

С учетом требований современной науки о питании и рекомендуемых суточных наборов продуктов, являющиеся основой для построения диетических рационов в лечебно-профи-

лактических учреждениях, определены химический состав и энергетическая ценность стандартных диет.

С целью оптимизации лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях в стандартные диеты допускается включение специализированных смесей и смесей для энтерального питания, позволяющих индивидуализировать химический состав и энергетическую ценность лечебных рационов, применяемых в лечебно-профилактических учреждениях, с учетом особенностей течения заболеваний, пищевого статуса и наличие соответствующей патологии. Сведения о средней пищевой ценности рациона питания приводятся в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика, химический состав и энергетическая ценность стандартных диет
Table 3. Characteristics, chemical composition and energy value of standard diets

Стандартные диеты	Общая характеристика	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Ккал
ОВД	Базисная (стандартная) диета	85-90	70-80	300- 330	2170-2400
ЩД	Вариант диеты с механическим и химическим щажением	85-90	70-80	300- 350	2170-2480
ВБД	Вариант диеты с повышенным количеством белка	110-120	80-90	250-350	2080-2690
НБД	Вариант диеты с пониженным количеством белка	20-60	80-90	350-400	2120-2650
НКД	Вариант диеты с пониженной калорийностью	70-80	60-70	130-150	1340-1550

Таблица 4. Пищевая ценность варианта диеты с пониженной калорийностью (НКД) при включении специализированного пищевого продукта «Смесь низкокалорийная белковая»
Table 4. Nutritional value of the reduced calorie diet (NCD) option when including the specialized food product "Low-calorie protein mix"

Наименование показателя	Значение
Энергетическая ценность, ккал	1564,4
Белки, г	87,6
Жиры, г	47,6
Углеводы, г	186,5
Витамин А (РЭ), мкг	163,7
Витамин В ₁ , мг	1,64
Витамин Е, мг	7,6
Витамин С, мг	138,5
Кальций, мг	1205,0
Магний, мг	469,3
Фосфор, мг	1280,1
Железо, мг	15,79

Индивидуальное назначение специализированных пищевых продуктов вне лечебно-профилактических учреждений проводится на основании персонализации рациона.

Для каждого пациента рассчитывается количество белков, жиров и углеводов, соответствующих индивидуальным физиологическим потребностям с учетом пола, возраста и коэффициента физической активности, а также с учетом данных фактического питания.

Заключение. Разработанные специализированные пищевые продукты «Смесь высококалорийная белковая» и «Смесь низкокалорийная белковая» включены в меню-раскладку лечебных рационов питания. Введение в структуру питания «Смесь высококалорийная белковая» с использованием мицеллярного казеина в комплексном лечении белково-энергетической недостаточности и/или саркопении: обеспечивает высокую питательную ценность рациона

(белок 30 г на 200 г и энергетическая ценность 366,2 ккал на 200 мл); является дополнительным важным источником белка, который обеспечивает оптимальное усвоение и полноценный профиль аминокислот; позволяет проводить дифференцированный подход к питанию пациентов в зависимости от клинической ситуации; положительно влияет на поддержание или восстановление тощей массы тела у онкологических пациентов, в том числе находящихся на лучевой или химиотерапии; при подготовке к оперативному лечению позволяет снизить частоту развития послеоперационных осложнений, сократить сроки госпитализации, улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения, в том числе противоопухолевого.

Введение в структуру питания СПП «Смесь низкокалорийная белковая» с использованием мицеллярного казеина в комплексном лечении ожирения: обеспечивает высокую пищевую ценность рациона (от 50% суточной потребности по ряду витаминов и минеральных элементов) и антиоксидантную защиту; является дополнительным важным источником белка, который обеспечивает положительный азотистый баланс в течение длительного периода времени; обладает легкой усвояемостью за счет состава и рецептуры (строго стандартизированный состав и осмолярность); компенсирует нарушения пищевого статуса и улучшает ценность рациона, что, в свою очередь, способствует улучшению течения заболевания и реабилитации пациентов.

Работа выполнена в рамках гранта Минобрнауки РФ №075-15-2021-1403/3.

Список использованных источников

1. *Cohen, D. A.* Obesity and the built environment: changes in environmental cues cause energy imbalances / D. A. Cohen // *International journal of obesity*. — 2008. — Vol. 32, №7. — P. 137-142.
2. *Tang, J. E.* Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality / J.E. Tang, S.M. Phillips // *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. — 2009. — Vol. 12, №1. — P. 66-71.
3. *Layman, D. K.* Dietary Guidelines should reflect new understandings about adult protein needs / D.K. Layman // *Nutrition & metabolism*. — 2009. — Vol. 6, №1. — P. 1-6.
4. Protein consumption is an important predictor of lower limb bone mass in elderly women / Devine A. [et al.] // *The American journal of clinical nutrition*. — 2005. — Vol. 81, №6. — P. 1423-1428.
5. Protein in optimal health: heart disease and type 2 diabetes / Layman D.K. [et al.] // *The American journal of clinical nutrition*. — 2008. — Vol. 87, №5. — P. 1571-1575.
6. Obesity and the metabolic syndrome: role of different dietary macronutrient distribution patterns and specific nutritional components on weight loss and maintenance / I. Abete [et al.] // *Nutrition reviews*. — 2010. — Vol. 68, №4. — P. 214-231.
7. Protein quality assessment: impact of expanding understanding of protein and amino acid needs for optimal health / Millward D.J. [et al.] // *The American journal of clinical nutrition*. — 2008. — Vol. 87, №5. — P. 1576-1581.
8. *Свитцов, А. А.* Мембранные технологии в России / А. А. Свитцов // *Водоснабжение и канализация*. — 2012. — №11-12. — С. 42-48.
9. Высокобелковые продукты на основе фракционирования молока / Д.Н. Володин [и др.] // *Молочная промышленность*. — 2020. — №9. — С. 55-58.

Информация об авторах

Симоненко Елена Сергеевна, кандидат технических наук, начальник отдела, научный сотрудник НИИ детского питания — филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (143500, Россия, Московская область, г. Истра, ул. Московская, 48).

E-mail: nir@niidp.ru

Симоненко Сергей Владимирович, доктор технических наук, директор НИИ детского питания — филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (143500, Россия, Московская область, г. Истра, ул. Московская, 48).

E-mail: dir@niidp.ru

Information about authors

Simonenko Elena Sergeevna, PhD (Technology), Research Institute of Baby Nutrition — branch of the Federal state budgetary organization of science “Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety” (48, Moskovskaya str., Istra, Russia).

E-mail: nir@niidp.ru

Simonenko Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Research Institute of Baby Nutrition — branch of the Federal state budgetary organization of science “Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety” (48, Moskovskaya str., Istra, Russia).

E-mail: dir@niidp.ru

Семенова Елена Сергеевна, младший научный сотрудник НИИ детского питания — филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (143500, Россия, Московская область, г. Истра, ул. Московская, 48).

E-mail: lab6@niidp.ru

Залетова Татьяна Сергеевна, научный сотрудник Клиники лечебного питания Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» (115446, Россия, Москва, Каширское шоссе, 21).

E-mail: tatyana.zaletova@yandex.ru

Феофанова Татьяна Борисовна, научный сотрудник Клиники лечебного питания Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» (115446, Россия, Москва, Каширское шоссе, 21).

E-mail: dr-tanya@yandex.ru

Semenova Elena Sergeevna, Research Institute of Baby Nutrition — branch of the Federal state budgetary organization of science “Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety” (48, Moskovskaya str., Istra, Russia).

E-mail: lab6@niidp.ru

Zaletova Tatiana Sergeevna, Clinic for Clinical Nutrition of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal state budgetary organization of science “Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety” (21, Kashirskoe Highway, Moscow, Russia).

E-mail: tatyana.zaletova@yandex.ru

Feofanova Tatiana Borisovna, Clinic for Clinical Nutrition of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal state budgetary organization of science “Federal research centre of nutrition, biotechnology and food safety” (21, Kashirskoe Highway, Moscow, Russia)

E-mail: dr-tanya@yandex.ru

В. В. Шилов, А. Н. Батян

*«Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь*

ИСТОРИЯ И СТРАТЕГИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. В последние десятилетия отмечается существенный рост метаболических нарушений, включающих инсулинорезистентность, атерогенную дислипидемию, артериальную гипертензию и ожирение. Важное место в процессе лечения этих заболеваний занимают диетические стратегии. Однако существующие в настоящее время диетические рекомендации основаны лишь на обобщении данных о потреблении питательных веществ у всех людей, но они не конкретизированы для каждого человека. Недавно была разработана новая концепция персонализированного питания, согласно которой диета становится фактором, ответственным не только за метаболические реакции организма, например постпрандиальные пики глюкозы, но и за другие факторы, важнейшим из которых является микробиота кишечника. Будущее персонализированного питания представляется в создании алгоритмов, основанных на характеристиках потребляемой пищи, биохимических параметрах, физической активности, генетической вариабельности и кишечной микробиоте. Все эти данные необходимы для прогнозирования определенного типа диеты для конкретного человека в соответствии с его потребностями и метаболическими особенностями. Персонализация – это тенденция, которая сохранится надолго. Подавляющее число потребителей считают персонализацию привлекательной. Большое количество крупных мировых компаний работает в этой области. Отрасль персонализированного питания делится на три сегмента: питание, активные инструменты измерения (диагностика) и услуги. Растущая распространенность здорового образа жизни станет движущим фактором роста рынка персонализированного питания.

Ключевые слова: персонализированное питание; нутригенетика; нутригеномика; микробиота; рынок услуг персонализированного питания.

V. V. Shylau, A. N. Batijn

*“International State Ecological Institute named after A.D. Sakharov”
Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

HISTORY AND STRATEGIES FOR PERSONALIZED NUTRITION

Abstract. In recent decades, there has been a significant increase in metabolic disorders, including insulin resistance, atherogenic dyslipidemia, arterial hypertension and obesity. Dietary strategies play an important role in the treatment of these diseases. However, current dietary recommendations are based only on summaries of nutrient intake data for all individuals and are not specific to each individual. Recently, a new concept of personalized nutrition has been developed, according to which diet becomes a factor responsible not only for the body's metabolic responses, such as postprandial glucose peaks, but also for other factors, the most important of which is the intestinal microbiota. The future of personalized nutrition appears to be in the creation of algorithms based on the characteristics of food consumed, biochemical parameters, physical activity, genetic variability, and intestinal microbiota. All of this data is needed to predict a certain type of diet for a particular person according to his needs and metabolic characteristics. Personalization is a trend that will continue for a long time. The vast majority of consumers find personalization appealing. A large number of large global companies are working in this area. The personalized nutrition industry is divided into three segments: nutrition, active measurement tools (diagnostics), and services. The growing prevalence of healthy lifestyles will be the driving force behind the growth of the personalized nutrition market.

Key words: personalized nutrition; nutrigenetics; nutrigenomics; microbiota; market for personalized nutrition services.

Введение. Дефицит питательных веществ в организме имеет долговременные последствия. Проблема состоит в том, что здоровая диета для одного человека может быть неадекватной

для другого, что в значительной степени обусловлено генетическими различиями между людьми. Персонализированные планы питания, использующие информацию об индивидуальных генетических и метаболических особенностях человека состоят из определенных пищевых продуктов и добавок. Персонализированное питание предлагает методы и решения, позволяющие понять эти проблемы и предпринять соответствующие шаги. В эпоху индивидуализации этот тренд коренным образом меняет способы употребления пищи. Некоторые метаболические расстройства связаны с изменениями в рационе питания, что приводит к ожирению и ряду сопутствующих заболеваний, включая резистентность к инсулину, гиперлипидемию, артериальную гипертензию, ожирение печени и др. [1]. Это предполагает, что тип потребляемых питательных веществ может способствовать или ослаблять эти отклонения.

Результаты исследований и их обсуждение. Для поддержания адекватного статуса питания несколько стран, основываясь на клинических и метаболических последствиях дефицита питания, 80 лет назад разработали рекомендации по питанию, чтобы предотвратить или избежать заболеваний, связанных с дефицитом питательных веществ [2]. Однако с появлением эпидемии ожирения стало очевидно, что представители различных групп населения имеют сходную метаболическую реакцию на питательные вещества. Этот факт свидетельствует о том, что необходимы новые рекомендации по питанию для предотвращения ожирения и сопутствующих ему заболеваний. Тем не менее, несмотря на эти усилия, проблемы, связанные с ожирением, все еще присутствуют в нашем обществе. В последнее десятилетие было продемонстрировано, что в человеческой популяции существует большая вариабельность эффектов, связанных с потреблением питательных веществ, особенно основных макроэлементов, углеводов, жиров и белков [3]. Эта изменчивость изменяет ответ на несколько факторов, таких как расход энергии, постпрандиальную гликемию, уровни циркулирующих липидов, особенно жирных кислот, триглицеридов и холестерина.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что индивидуальные различия в реакции на питательные вещества не учитывались ранее, поэтому диета для каждого человека должна быть индивидуальной. Это привело к появлению в последние годы новой концепции питания, называемой персонализированным питанием (рис.).



Рис. Персонализированное питание
Fig. Personalized nutrition

Информация, полученная на основании данных диеты, физической активности, биохимических параметров крови, генетической изменчивости и микробиоты кишечника, интегрируется в алгоритм, который позволяет прогнозировать метаболический ответ человека, например, на

пики глюкозы после приема определенных продуктов, которые выбираются на индивидуальной основе для того чтобы сохранить вариабельность постпрандиального ответа в пределах нормы.

Основные усилия ученых были сосредоточены для определения того какие факторы следует учитывать для установления индивидуальности реакции на питательное вещество, пищу или диету. В начале 2000-х годов с помощью технологий молекулярной биологии появилась новая область питания названная геномикой питания, призванная понять, как питательные вещества регулируют метаболический ответ. Геномика питания имеет два аспекта, которые активно изучались последние три десятилетия – это нутригеномика и нутригенетика [4]. Нутригеномика изучает механизм действия питательных веществ на молекулярном уровне и то, как они регулируют экспрессию генов, включая реакции на транскрипционном, трансляционном и посттрансляционном уровнях. В настоящее время известно, сколько питательных веществ может избирательно регулировать экспрессию генов для клеточного использования этих пищевых компонентов. С другой стороны, цель нутригенетики состоит в том, чтобы определить, как организм реагирует на различные питательные вещества на основе генетических вариантов в геноме, называемых полиморфизмами [5]. Это отчасти объясняет, почему существуют люди с гипер-, нормо- или гипо-реакцией на метаболические эффекты, вызванные потреблением определенных питательных веществ или продуктов [6]. На основе концепций геномики питания были разработаны стратегии питания для лечения метаболических нарушений, связанных с ожирением. Ранее считалось, что генетическая изменчивость может повлиять на метаболическую реакцию конкретного человека на питательное вещество или пищу по сравнению с другими людьми. Однако, исследования популяции близнецов показали, что генетика является не единственным фактором, влияющим на реакцию человека на конкретную диету. Было замечено, что у близнецов, несмотря на их генетическое сходство, был дополнительный фактор, вызывающий изменения в их метаболических реакциях и поэтому один близнец мог получить пользу от одного типа диеты, а другой — нет [7].

К 2015 году для объяснения изменений метаболического ответа, наблюдаемых у разных людей, был включен новый фактор — это микробиота кишечника [8]. Микробиота определяется как бактериальное сообщество, обитающее в определенной среде. В организме существует несколько видов микробиоты, расположенных, в частности, на коже, во рту, носу, влагалище и кишечнике [9]. С появлением технологий секвенирования ДНК нового поколения стало возможным более подробно изучать таксономию микробиоты в различных средах. В частности, в кишечнике насчитывается от 1300 до 1400 видов, которые подразделяются на определенные типы, в основном *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* и *Actinobacteria*, хотя есть и некоторые другие типы. *Bacteroidetes* и *Firmicutes* составляют более 80% бактерий микробиоты кишечника. Проведенные исследования показали, что микробиота кишечника оказывает большое влияние на развитие ожирения. Тип бактерий, присутствующих в кишечной микробиоте, зависит от множества факторов, включая тип родов (обычные роды или кесарево сечение), потребление антибиотиков и лечение некоторыми лекарственными средствами и др. [11-13]. Тем не менее, основным фактором, который изменяет микробиоту кишечника, является диета. Было установлено, что потребление диет с высоким содержанием простых углеводов и высоким содержанием жиров вызывает дисбаланс в микробиоте кишечника, называемый дисбиозом [14]. Дисбактериоз кишечной микробиоты вызывает слабовыраженное воспаление из-за метаболической эндотоксемии, что приводит к нарушениям углеводного и липидного обмена [15]. В последние годы изучается влияние различных факторов на постпрандиальную глюкозу крови. Было показано, что чрезмерная частота повышенных постпрандиальных пиков уровня глюкозы в крови является основной причиной развития диабета 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний [16]. Анализ проведенных исследований показывает, что факторами, влияющими на постпрандиальные пики глюкозы в крови являются состав потребляемой пищи, особенно богатой углеводами. В меньшей степени в этом процессе участвует генетика человека, и что очень важно — его кишечная микрофлора [17]. В настоящее время считается, что постпрандиальные пики глюкозы зависят почти исключительно от углеводной нагрузки потребляемых продуктов или их гликемического индекса. Однако влияние этих факторов не является абсолютным, поскольку тип микробиоты кишечника является очень важным фактором, определяющим дисперсию постпрандиальной пиковой реакции глюкозы. На основе информации о диете, соблюдаемой людьми, профилях их метаболических переменных в крови, антропометрических переменных, физической активности и кишечной микробиоте с помощью алгоритмов машинного обучения фактически можно предсказать, какой тип диеты должен соблюдать человек, чтобы значительно снизить постпрандиальные пики глюкозы [8]. Это начало разработки персонализированного питания, поскольку, интегрируя все переменные, которые способствуют полезному метаболическому ответу, можно будет предоставить людям индивидуальные ре-

комендации по типу пищи, которую следует потреблять, в зависимости от всех проанализированных и интегрированных переменных.

Важно учитывать, что рацион питания людей может существенно различаться в зависимости от страны или даже внутри страны от одного региона к другому, что может значительно изменить микробиоту кишечника [18,19]. Следовательно, персонализированное питание, как следует из его названия, не может быть обобщено из-за изменчивости микробиоты кишечника. Тем не менее, одно из наиболее многообещающих направлений исследований состоит в том, чтобы установить в микробиоте кишечника, какие именно бактерии влияют на метаболический ответ. Эти бактерии изучаются, чтобы определить наиболее активные метаболические пути и продуцируемые метаболиты, которые могут влиять на реакцию хозяина. Предполагается, что новый раздел науки, известный как метаболомика, прольет свет на то, почему определенные бактерии оказывают благотворное влияние на здоровье [20]. Еще одним очень важным аспектом для достижения персонализированного питания является модулирование микробиоты кишечника с помощью диеты с использованием продуктов, обладающих свойствами, способными изменять таксономию микробиоты кишечника для избирательного улучшения метаболизма человека [21]. Важно отметить, что нутригеномика и нутригенетика уже установили, как различные питательные вещества избирательно модулируют экспрессию генов. Это позволяет создавать комбинации пищевых продуктов, содержащих питательные вещества, которые синергетически стимулируют один или несколько путей экспрессии генов, что приводит к желаемому метаболическому эффекту. Такие комбинации пищевых продуктов, известные как диетические портфели или режимы питания, показали улучшение углеводного и липидного обмена у пациентов с ожирением или метаболическим синдромом [22, 23]. Следующим шагом является установление не только того, как питательные вещества или продукты питания влияют на аспекты нутригеномики и нутригенетики, но и интегрирование эти знания в то, как питательные вещества или продукты могут изменять микробиоту кишечника. В настоящее время активно изучается влияние на здоровье различных видов подсластителей и полисахаридов, а также различных видов пищевых жиров или масел, пищевых белков и биологически активных соединений, поскольку эти молекулы оказывают важное влияние на микробиоту кишечника и метаболизм хозяина [24, 25]. Интересным аспектом, который следует включить в персонализированное питание, является термогенез индивидуумов, особенно связанный с адаптивным термогенезом, который позволяет увеличить расход энергии. Увеличение расхода энергии является аспектом, имеющим большое значение для предотвращения положительного энергетического баланса, наблюдаемого при ожирении. Адаптивный термогенез связан с увеличением активности бурой жировой ткани, а также усилением дифференцировки белой жировой ткани в бежевую жировую ткань. Кишечная микробиота может стимулировать термогенез посредством активации бурой жировой ткани и превращения белой жировой ткани в бежевую жировую ткань и, как следствие, снижать массу тела [26]. Одним из аспектов, способствующих совершенствованию подхода к персонализированному питанию, является использование датчиков для определения колебаний биохимических показателей, таких как концентрация глюкозы в течение дня и ночи. Разработка новых программ для оценки изменений уровня циркулирующих свободных жирных кислот в будущем позволит установить взаимосвязь между ними и диетой, микробиотой кишечника и другими метаболическими параметрами.

Персонализированное питание — это большой бизнес. По прогнозам, объем мирового рынка персонализированного питания вырастет с 8,2 млрд долларов США в 2022 году до 16,4 млрд. долларов США к 2025 году. Ключевыми игроками на мировом рынке являются: Amway (США), BASF (Германия), DSM (Нидерланды), Herbalife Nutrition Ltd. (США), DNAfit (Великобритания), Care / of (США), Nutrigenomix (США), Zipongo (США), Viome (США), Habit (США) и Atlas Biomed Group Limited (Великобритания). Эти компании обладают высокой операционной и финансовой устойчивостью. Персонализация — это тенденция, которая сохранится надолго. Исследование потребителей, проведенное в США и Европе в 2019 году показало, что 90% респондентов считают персонализацию привлекательной. Отрасль персонализированного питания делится на три сегмента: питание, активные инструменты измерения (диагностика) и услуги. Сегмент питания включает диетические добавки, функциональные пищевые продукты питания и напитки. Меняющиеся предпочтения и растущая обеспокоенность о состоянии здоровья привели к увеличению числа потребителей, которые выбирают пищевые добавки. Люди все больше осознают дефицит питательных веществ, что является ключевым фактором, который будет стимулировать спрос на стандартные добавки (это витамины, травы и растительные вещества, минералы, белки и аминокислоты, жирные кислоты, пробиотики, волокна и специальные углеводы, а также другие продукты, включая пребиотики, каротиноиды, глюкозамин и т. д.). Такие продукты используются для улучшения функционирования различных органов и систем организма, психического здоровья и хоро-

шего самочувствия. Согласно прогнозам, на сегмент стандартных пищевых добавок будет приходиться большая доля рынка — до 50%.

Инструменты активного измерения — одна из самых новых областей персонализированного питания, к которой в последнее время растет интерес. В этот сегмент входят приложения, комплекты для тестирования, носимые устройства и другие подобные устройства. Носимые устройства обычно представляют информацию о физической активности и состоянии здоровья человека, включая потребление калорий и частоту сердечных сокращений, а также уровни стресса, режим сна и другие важные данные.

Сегмент услуг включает поставщиков графиков питания и режимов упражнений, поставщиков услуг по планированию питания, поставщиков медицинских услуг питания и компаний по доставке еды. Онлайн-платформы такие как Amazon Fresh и Habit предполагают услуги по созданию уникального диетического плана для человека. Для этого клиенты должны заполнить онлайн-анкету и отправить результаты анализа крови. Компания Habit (США) разработала набор для тестирования, ДНК и анализа крови и в домашних условиях [27]. После обработки данных персональный отчет показывает, как организм человека метаболизирует углеводы, жиры и белки, и информирует о предрасположенности к увеличению веса, чувствительности к кофеину и непереносимости лактозы. Затем составляется индивидуальный план питания, включая индивидуальные рецепты, а партнерство с AmazonFresh упрощает заказ ингредиентов. Две компании: израильская DayTwo и американская Viome используют данные микробиома для разработки персонализированных диет [28]. Исследования показывают, что люди по-разному реагируют на одни и те же продукты, что отражается в изменении уровня глюкозы в крови после их потребления. Это позволяет без лечения снизить высокий уровень глюкозы в крови и без лекарств контролировать такие заболевания как ожирение и диабет 2-го типа. InsideTracker (США) предоставляет персональный план корректировки питания с помощью диеты, добавок, физических упражнений и изменения образа жизни на основании измерения 40 биомаркеров в крови. Nutrigenomix (Канада), DNAFit и Fitness Genes (Великобритания), а также Thorne (США) рекомендуют заказчикам индивидуальные планы по питанию и рекомендации по физической активности на основе анализа генетических профилей и микробиома. В 2018 году Nestle S.A. в Японии предложила услуги по персонализированному питанию с использованием искусственного интеллекта и тестирования ДНК в приложении для смартфонов [29]. Сегодня у программы Nestle Wellness Ambassador 100000 пользователей. Программа позволяет пользователям отправлять фотографии блюд через приложение, которое затем рекомендует изменить образ жизни и использовать специально разработанные витаминные добавки для обогащения чая, смузи и других продуктов. Google в настоящее время на основе искусственного интеллекта также разрабатывает специальную программу, чтобы рекомендовать режимы тренировок, планы питания и другие советы по оздоровлению. Компания Gatorade разработала пластырь для кожи с чипом и «умную» бутылку Gx, которая измеряет и отслеживает уровень гидратации, чтобы доставить в организм человека необходимое количество жидкости и питательных веществ. Сканер продуктов питания Change4Life национальной службы здравоохранения Великобритании проверяет этикетки, чтобы определить уровень сахара, соли и насыщенных жиров. Были разработаны также и другие устройства для персонализации питания, например автоматический монитор приема пищи (AIM) — это носимое устройство, которое использует три различных датчика (движения челюсти, жеста рукой и акселерометр), предназначенное для отслеживания пищевого поведения, например, перекусов, ночного приема пищи или переедания. Другая разработка это — Lumen — устройство и приложение, предназначенное для оценки метаболизма в домашних условиях, использующее датчик CO₂ и расходомер. В Великобритании рестораны Vita Mojo уже сотрудничают с компанией DNAFit для доставки персонализированных блюд в рестораны. После предоставления клиентом мазка слюны и образца крови для анализа ДНК потребитель получает продукты, подобранные с учетом его индивидуальных особенностей. Эта тенденция сейчас распространяется повсюду. Многочисленные фитнес-центры, спа-салоны и тренажерные залы в США, Гонконге, Австрии, Испании уже берут мазки слюны у гостей еще до их прибытия, подбирая комплексное питание и режимы тренировок в соответствии с их индивидуальными потребностями. Здоровье на рабочем месте тоже становится персонализированным. В Сингапуре компания Smartfuture установила 20000 киосков, которые будут измерять ключевые показатели здоровья, такие как артериальное давление и уровень глюкозы в крови. На основании результатов работники получают индивидуальные рекомендации по питанию и фитнесу, а также возможность проконсультироваться со специалистом по телефону или на дому. Можно предположить, что в недалеком будущем умный холодильник сможет уведомить человека о продуктах, которые нужно ему купить, чтобы контролировать индивидуальный рацион, а службы доставки еды начнут специализироваться на удовлетворении самых взыскательных личных потребностей.

Заключение. Широко используемые в настоящее время причудливые диеты создали нации пищевых невротиков, и, если довести их до крайности, эта одержимость «чистым, здоровым питанием» может превратиться в расстройство пищевого поведения (орторексию). Кроме того, следует отметить тот факт, что традиционные «диеты» — коммерческие или домашние — не всегда устойчивы и, к сожалению, отрицательно влияют на метаболизм, в конечном итоге заставляя людей, сидящих на диете, набрать больше веса, чем они потеряли. Результаты исследований последних лет показывает, что качество пищи, а не количество или подсчет калорий, приводит к устойчивой потере веса, и неудивительно, что потребители ищут основанные на научных фактах решения для своего долгосрочного здоровья и благополучия. Персонализированные диеты могут положить конец разочарованию тех, кто стремится улучшить здоровье, например, путем отказа от молочных продуктов, кофе или глютен в ложной надежде, что это приведет к потере веса или улучшению самочувствия, когда на самом деле эти радикальные изменения могут быть совершенно неприемлемыми для организма. Индивидуальный подход к питанию основан на идее о том, что индивидуальные рекомендации по питанию могут значительно улучшить здоровье и снизить риск таких заболеваний, как ожирение, диабет 2 типа и сердечные патологии. Некоторым нужна индивидуальная еда, чтобы добиться хорошего состояния волос, ногтей и кожи. Другие хотят диеты, которые оказывают минимальное воздействие на окружающую среду. Растущая распространенность здорового образа жизни станет движущим фактором роста рынка персонализированного питания. Кроме того, беспокойный и напряженный образ жизни побуждает потребителей выбирать специализированные пищевые добавки, адаптированные к их конкретным потребностям. Рост доходов потребителей также будет способствовать увеличению их покупательной способности, что, в свою очередь, побудит их выбирать персонализированные диеты в соответствии с их предпочтениями. Однако, для создания прогностических алгоритмов и достижения этих целей требуется гораздо больше исследований.

Список использованных источников

1. *Collaborators, G.B.* Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years / G.B. Collaborators, A. Afshin, M.H. Forouzanfar et al. // *N Engl J Med.* — 2017. — Vol. 377. — P.13–27.
2. *Murphy, S.P.* History of nutrition: the long road leading to the dietary reference intakes for the United States and Canada / S.P. Murphy, A.A. Yates, S.A. Atkinson et al. // *Adv Nutr.* — 2016. — Vol. 7. — P.157–168.
3. *Abdelhamid, A.* High variability of food and nutrient intake exists across the Mediterranean dietary pattern—a systematic review / A. Abdelhamid, A. Jennings, R.P. Hayhoe et al. // *Food Sci Nutr.* — 2020. — Vol. 8. — P.4907–4918.
4. *Ordovas, J. M.* Nutrigenomics and nutrigenetics / J.M. Ordovas, V. Mooser // *Curr Opin Lipidol.* — 2004. — Vol. 15. — P.101–108.
5. *Torres, N.* Nutrigenomics as a tool in the prevention of lipotoxicity: the case of soy protein / N. Torres, I. Torre-Villalvazo, A. R.Tovar // *Rev Invest Clin.* — 2019. — Vol. 71. — P.157–167.
6. *Guevara-Cruz, M.* Effect of a GFOD2 variant on responses in total and LDL cholesterol in Mexican subjects with hypercholesterolemia after soy protein and soluble fiber supplementation. M. Guevara-Cruz, C.Q. Lai, K. Richardson et al. // *Gene.* — 2013. — Vol. 532. — P.211–215.
7. *Berry, S. E.* Human postprandial responses to food and potential for precision nutrition / S.E. Berry, A.M. Valdes, D.A. Drew et al. // *Nat Med.* — 2020. — Vol. 26. — P.964–973.
8. *Zeevi, D.* Personalized nutrition by prediction of glycemic responses / D. Zeevi, T. Korem, N. Zmora et al. // *Cell.* — 2015. — Vol. 163. — P.1079–1094.
9. *Kennedy, M. S.* The microbiome: composition and locations / M.S. Kennedy, E.B. Chang // *Prog Mol Biol Transl Sci.* — 2020. — Vol. 176. — P.1–42.
10. *Backhed, F.* The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage / F. Backhed, H. Ding, T. Wang et al. // *Proc Natl Acad Sci U S A.* — 2004. — Vol. 101. — P.15718–15723.
11. *Dominguez-Bello, M. G.* Delivery mode shapes the acquisition and structure of the initial microbiota across multiple body habitats in newborns / M.G. Dominguez-Bello, E.K. Costello, M. Contreras et al. // *Proc Natl Acad Sci U S A.* — 2010. — Vol. 107. — P.11971–11975.
12. *Blaser, M. J.* Antibiotic use and its consequences for the normal microbiome / M.J. Blaser // *Science.* — 2016. — Vol. 352. — P.544–545.
13. *Medina-Vera, I. A.* dietary intervention with functional foods reduces metabolic endotoxaemia and attenuates biochemical abnormalities by modifying faecal microbiota in people with Type 2 diabetes / I. Medina-Vera, M. Sanchez-Tapia, L. Noriega-Lopez et al. // *Diabetes Metab.* — 2019. — Vol. 45. — P.122–131.

14. *Sanchez-Tapia, M.* Diet as regulator of gut microbiota and its role in health and disease/ M. Sanchez-Tapia, A.R. Tovar, N. Torres // Arch Med Res. — 2019. — Vol. 50. — P. 259–268.
15. *Cani, P. D.* Changes in gut microbiota control metabolic endotoxemia-induced inflammation in high-fat diet-induced obesity and diabetes in mice / P.D. Cani, R. Bibiloni, C. Knauf et al. // Diabetes. — 2008. — Vol. 57. — P.1470–1481.
16. *Cavalot, F.* Postprandial blood glucose predicts cardiovascular events and all-cause mortality in Type 2 diabetes in a 14-year follow-up: lessons from the San Luigi Gonzaga diabetes study. F. Cavalot, A. Pagliarino, M. Valle et al. // Diabetes Care. — 2011. — Vol. 34. — P.2237–2243.
17. *Sondertoft, N.B.* The intestinal microbiome is a co-determinant of the postprandial plasma glucose response / N.B. Sondertoft, M. Arumugam, J.K. Vogt et al. // PLoS One. — 2020. — Vol. 15, N9. — e0238648.
18. *Fontana, A.* Gut microbiota profiles differ among individuals depending on their region of origin: An Italian pilot study / A. Fontana, C. Panebianco, A. Picchianti-Diamanti et al. // Int J Environ Res Public Health. — 2019. — P. 164065.
19. *He, Y.* Regional variation limits applications of healthy gut microbiome reference ranges and disease models / Y. He, W. Wu, Y.M. Zheng et al. // Nat Med. — 2018. — Vol. 24. — P.1532–1535.
20. *Gibbons, S.M.* Defining microbiome health through a host lens / S.M. Gibbons // mSystems. — 2019. — Vol. 4. — P.1–119.
21. *Guevara-Cruz, M.* Improvement of lipoprotein profile and metabolic endotoxemia by a lifestyle intervention that modifies the gut microbiota in subjects with metabolic syndrome/ M. Guevara-Cruz, A.G. Flores-Lopez, M. Aguilar-Lopez et al. // J Am Heart Assoc. — 2019. — Vol. 8. — e012401.
22. *Guevara-Cruz, M. A.* dietary pattern including nopal, chia seed, soy protein, and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome/ M. Guevara-Cruz, A.R. Tovar, C.A. Aguilar-Salinas et al. // J Nutr. — Vol. 142. — P.64–69.
23. *Jenkins, D. J.* Effect of a dietary portfolio of cholesterol-lowering foods given at 2 levels of intensity of dietary advice on serum lipids in hyperlipidemia: a randomized controlled trial / D.J. Jenkins, P.J. Jones, B. Lamarche et al. // JAMA. — 2011. — Vol. 306. — P.831–839.
24. *Choi, Y.* Natural bioactive compounds as potential browning agents in white adipose tissue/ Y. Choi, L. Yu // Pharm Res. — 2021. — Vol. 38, N4. — P.549–567.
25. *Jardon, K. M.* Dietary macronutrients and the gut microbiome: a precision nutrition approach to improve cardiometabolic health / K.M. Jardon, E. E.Canfora, G.H. Goossens, E.E. Blaak // Gut. — 2022. — Vol. 71, N6. — P.1214–1226.
26. *Li, B.* Microbiota depletion impairs thermogenesis of brown adipose tissue and browning of white adipose tissue / B. Li, L. Li, M. Li et al. // Cell Reports. — 2019. — Vol. 26. — P.2720–2737.
27. *Collier, R.* The DNA-based diet/ R. Collier // CMAJ. — 2017. — Vol. 189, N1. — P.40–41.
28. *Leshem, A.* The Gut Microbiome and Individual-Specific Responses to Diet / A. Leshem, E. Segal, E. Elinav // mSystems. — 2020. — Vol. 5, N5. — e00665-20.
29. *Kussmann, M. F. Raymond M.* Affolter OMICS-driven biomarker discovery in nutrition and health / M. Kussmann, F. Raymond M. Affolter // Journal of Biotechnology. — 2006. — Vol. 124. — P.758–787.

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, д. 23/1, 220070, г. Минск, 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, д. 23/1, 220070, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: ant_b@tut.by.

Information about authors

Shilov Valeriy Vikentievich, PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecological Medicine and Radiobiology, International State Ecological Institute named after A.D. Sakharov Belarusian State University (Dolgobrodskaya st., 23/1, 220070, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: valery.shilov@gmail.com.

Batyán Anatoly Nikolaevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Ecological Medicine and Radiobiology, International State Ecological Institute named after A.D. Sakharov Belarusian State University (Dolgobrodskaya st., 23/1, 220070, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: ant_b@tut.by.

УДК 637.144.5+ 577.152.344

Поступила в редакцию 20.04.2023
Received 20.04.2023

Т. Н. Головач

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь***ВЫСОКОАКТИВНЫЕ ПРОТЕАЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ФЕРМЕНТАТИВНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ БЕЛКОВ МОЛОКА
С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ГИДРОЛИЗА**

Аннотация. Изучены особенности гидролиза сывороточных белков коровьего молока с применением бактериальных эндопептидаз алкалазы и протозима. Проведен сравнительный анализ белково-пептидного состава ферментативных гидролизатов молочной сыворотки. Установлено влияние предварительной тепловой обработки субстрата и степени его гидролиза на уровень антиоксидантной активности пептидов сыворотки молока. Показано, что предварительная тепловая обработка сывороточных белков и гидролиз в оптимизированных условиях приводят к возрастанию степени их гидролиза протозимом, получению гипоаллергенных продуктов протеолиза.

Ключевые слова: пептидазы, сывороточные белки молока, ферментативный гидролиз, белково-пептидный состав, антиоксидантная активность.

T. M. Halavach

*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus***HIGHLY ACTIVE PROTEASES FOR OBTAINING ENZYMATIC DAIRY
PROTEIN HYDROLYSATES WITH DIFFERENT HYDROLYSIS DEGREE**

Abstract. The features of bovine whey protein hydrolysis with bacterial endopeptidases alcalase and protozyme were studied. A comparative analysis of the protein-peptide profile of enzymatic whey hydrolysates was carried out. The effect of substrate heat pretreatment and the degree of its hydrolysis on the level of antioxidant activity of whey peptides was established. It was shown that heat pretreatment of whey proteins and hydrolysis at optimized conditions resulted in higher degree of their hydrolysis with protozyme, obtaining hypoallergenic proteolysis products.

Key words: peptidases, whey proteins, enzymatic hydrolysis, protein-peptide composition, antioxidant activity.

Введение. Ферментативный гидролиз белков молока направлен на повышение их питательной ценности, улучшение технологических свойств (растворимости, вязкости, термостабильности) [1, 2], снижение аллергенного потенциала путем разрушения областей антигенных детерминант в составе казеина и сывороточных белков [3]. В процессе протеолиза белки молока расщепляются на пептиды с широким спектром биоактивных функций (антимикробная, антиоксидантная, опиоидная иммуномодулирующая активность) [4]. Биоактивные пептиды обладают значительным потенциалом в качестве компонентов функциональных продуктов питания, терапевтических и косметических средств [5, 6]. Технологический процесс получения гидролизатов белков молока предусматривает выбор субстрата и фермента (ферментов), условий ферментативной реакции и характеристику продуктов протеолиза [7].

Сывороточные белки молока, обладающие относительно высокой пищевой ценностью, являются оптимальным ингредиентом для функциональных продуктов [8]. Промышленное производство биоактивных гидролизатов сывороточных белков молока включает следующие технологические этапы: фракционирование сывороточных белков для отделения жира, лактозы и минералов; ферментативный гидролиз белкового субстрата с применением коммерческих ферментов; инактивация протеазы (комплекса протеаз); распылительная/лиофильная сушка гидролизата; упаковка продукта. Возможно введение в технологический процесс дополнительных стадий, в частности применение предварительной обработки белкового субстрата, фракционирование гидролизатов, выделение целевых биоактивных пептидов [7, 8].

Молочная промышленность является одним из наиболее важных направлений применения протеолитических ферментов (эндопептидаз), расщепляющих внутренние пептидные связи белковых макромолекул с образованием средне- и короткоцепочечных пептидов. Эндopeптидазы выделяют, главным образом, из растительных, животных и бактериальных источников. В условиях промышленного производства предпочтительным является применение микроорганизмов для достижения высокого выхода протеолитических ферментов, сокращения временных и финансовых затрат [9, 10].

В настоящее время щелочная эндопептидаза алкалаза, продуцируемая *Bacillus licheniformis*, является одной из самых эффективных протеаз в условиях применения различных источников белка, в частности отходов пищевой промышленности [11, 12]. Относительно широкая субстратная и сайт-специфичность алкалазы позволяют использовать фермент для гидролиза различных белковых субстратов как при индивидуальном применении, так и в сочетании с другими протеазами. В связи с широким спектром потенциальных сайтов гидролиза применение алкалазы обуславливает получение гидролизата с преобладанием низкомолекулярных пептидов. Среди продуктов гидролиза алкалазой обнаружены пептиды с антиоксидантной, гипотензивной, антидиабетической, противовоспалительной, антимицробной активностью [13]. Щелочная эндопептидаза протозим, использованная в настоящей работе, является аналогом алкалазы.

Актуальность исследований связана с совершенствованием технологии получения ферментативных гидролизатов белков молока с заданными физико-химическими и биоактивными свойствами для специализированных продуктов питания, поиском высокоактивных протеаз для эффективного расщепления сывороточных белков молока.

Целью настоящей работы является характеристика белково-пептидного состава гидролизатов белков сыворотки молока, полученных с применением алкалазы и протозима, установление влияния гидролиза протозимом на антиоксидантные свойства нативных и термообработанных белков молочной сыворотки.

Материалы и методы исследования. Для получения гидролизатов использовали концентрат сывороточных белков (КСБ–УФ–80, ТУ ВУ 100377914.550–2008), фермент алкалазу (Alcalase® 2.4L, протеаза бактериальная щелочная из *Bacillus licheniformis*, активность 2,4 ЕА/г; Novozymes A/S, Дания), фермент протозим (протеаза бактериальная щелочная из *Bacillus licheniformis*, активность 50 000 ед/г; ТД «Биопрепарат, РФ»). В экспериментах с предельной тепловой обработкой субстрата раствор КСБ инкубировали на водяной бане при 80 °С в течение 10 мин, охлаждали до температуры гидролиза. Ферментативное расщепление сывороточных белков алкалазой и протозимом проводили при соотношении фермент : субстрат, равном 1–5 %, активной кислотности исходного раствора КСБ, равной 8,0 ед. рН, температуре 50 и 60 °С в течение 2–3 ч. Фермент инактивировали путем внесения ингибитора сериновых протеаз фенилметансульфонилфторида (Sigma, США) в конечной концентрации 0,1 мМ. Полученные образцы хранили при температуре –20 °С для последующего анализа белково-пептидного состава и определения антиоксидантной активности.

Для установления белкового и пептидного состава молочной сыворотки и ее ферментативных гидролизатов применяли метод электрофоретического разделения в 20 % полиакриламидном геле в денатурирующих условиях (ДСН-электрофорез) [14]. В качестве стандарта молекулярных масс использовали маркер PageRuler™ Prestained Protein Ladder 10–180 kDa (Thermo Fisher Scientific, США). Количественную обработку электрофореграмм осуществляли с помощью специализированного программного обеспечения TotalLab Quant (TotalLab Ltd, Великобритания). Степень протеолиза определяли как относительное количество расщепленного белка, выраженное в %.

Анализ белково-пептидного состава методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) проводили на хроматографе Agilent 1100 («Agilent», США) с применением колонки Zorbax–300SB C8 (4,6×250 мм, 5 мкм, «Agilent», США). Колонку уравнивали 0,1 % водным раствором трифторуксусной кислоты (Panreac, Испания). Элюирование образцов сывороточных белков осуществляли с использованием градиента ацетонитрила (Криохром, РФ; ацетонитрил–вода–ТФУ = 95 : 5 : 0,1 мл/100 мл): 0–5 мин, 5 %; 5–10 мин, 5–10 %; 10–30 мин, 10–40 %; 30–32 мин, 40 %; 32–40 мин, 40–50 %; 40–45 мин, 50 %; 45–50 мин, 50–10 %. Разделение проводили при комнатной температуре в потоке 1,0 мл/мин в течение 50 мин, детекцию осуществляли при 214 нм.

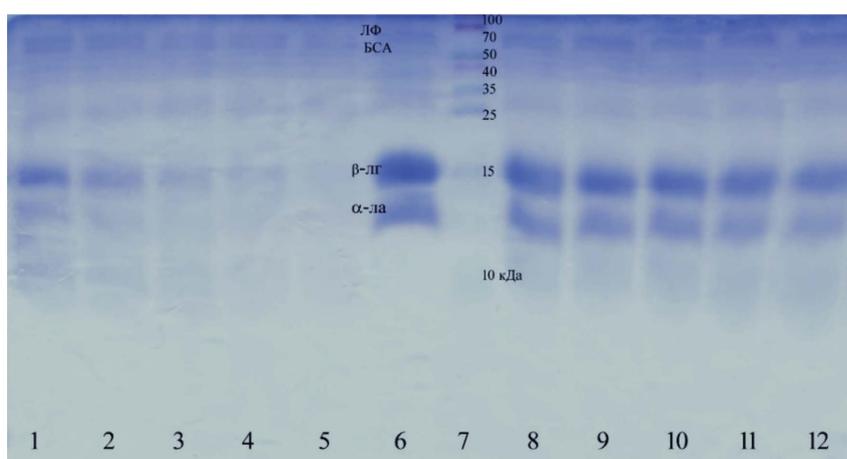
Для оценки антиоксидантной активности опытных образцов применяли флуориметрический метод. В экспериментальной работе использовали методику, описанную в статье Е.И. Тарун (2014) [15]. Строили графики зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от содержания белка в анализируемых образцах гидролизатов. Согласно получен-

ному уравнению рассчитывали концентрацию пробы IC_{50} , соответствующую 50 % ингибированию флуоресценции.

Построение графиков осуществляли в программе Microsoft Office 365 Excel (MS Corporation, США). Результаты экспериментов представлены как среднее арифметическое значение \pm доверительный интервал. Статистический анализ проводили с использованием функций R aov, Dunnett's test, t-test и Tukey Honest Significant Difference (HDS) test из пакетов stats [16] и DescTools [17]. Статистические различия между группами считались значимыми при уровне $p < 0,05$ с поправкой на множественные парные сравнения.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведен сравнительный анализ белково-пептидного состава гидролизатов сывороточных белков молока, полученных с применением сериновых эндопептидаз алкалазы и протозима. На первом этапе исследований осуществляли гидролиз нативной молочной сыворотки при температурном режиме, оптимальном для алкалазы, в частности при 50 °C, и продолжительности ферментативной реакции 2 ч.

По данным ДСН-электрофореза в полиакриламидном геле в денатурирующих условиях установлены существенные отличия в профиле продуктов протеолиза нативных сывороточных белков молока алкалазой и протозимом, что отражено на рис. 1.



1 — WH-1%A, 2 — WH-2%A, 3 — WH-3%A, 4 — WH-4%A, 5 — WH-5%A, 6 — WP, 7 — маркер, 8 — WH-1%P, 9 — WH-2%P, 10 — WH-3%P, 11 — WH-4%P, 12 — WH-5%P

Рис. 1. ДСН-электрофореграмма нативных (WP) и гидролизованных белков сыворотки молока (WH), полученных с применением алкалазы (A) и протозима (P)

Fig. 1. SDS-electropherogram of native (WP) and hydrolyzed whey proteins (WH) obtained using alkalase (A) and protozyme (P)

Так, следовые количества β -лактоглобулина (β -лг) и α -лактальбумина (α -ла) обнаружены в гидролизатах при использовании алкалазы (рисунок 1, дорожки 1–5). Вместе с тем, лишь частичное расщепление преобладающих белков молочной сыворотки выявлено в образцах, полученных после гидролиза протозимом (рисунок 1, дорожки 8–12). Следует отметить устойчивость высокомолекулярной белковой фракции (лактоферрин, ЛФ; бычий сывороточный альбумин, БСА) к расщеплению сериновыми протеазами.

Результаты количественного анализа ДСН-электрофореграмм представлены в табл. 1. В целом, в гидролизатах сывороточных белков алкалазой содержится 0–15 % нативного белка, в случае протозима — 30–45 %. Следовательно, при внесении алкалазы в количестве 1–5 % гидролизу подвергаются 85–100 % преобладающих сывороточных белков (β -лг и α -ла), а в эксперименте с протозимом — 55–70 %.

На следующем этапе в рамках оптимизации гидролиза белкового компонента сыворотки проведена предварительная тепловая обработка субстрата (80 °C, 10 мин) и последующая ферментативная реакция протозимом (5 %) при повышенной температуре (60 °C) в течение 2 и 3 ч. При увеличении температуры гидролиза с 50 до 60 °C установлено существенное возрастание степени протеолиза до полного расщепления β -лг и α -ла на пептиды, как предельно на рисунке 2 (дорожки 3 и 4). Наряду с этим, в образцах гидролизатов обнаруживаются нативные ЛФ и БСА. Данные электрофоретического анализа сопоставимы с результатами ВЭЖХ, свидетельствующими об увеличении степени расщепления β -лг и α -ла (рис. 3).

Кроме того, установлено совпадение профилей элюирования пептидов, что подтверждает идентичность действия алкалазы и протозима.

Таблица 1. Характеристика белкового состава образцов нативных сывороточных белков молока, гидролизованных алкалазой и протозимом
Table 1. Characteristics of the protein composition of samples of native whey milk proteins hydrolyzed by alkalase and protozyme

Название образца	Состав белковой фракции, %		Степень протеолиза (СП), %
	β -лг	α -ла	
WH-1%A	<10	<5	>85
WH-2%A	<10	0	>90
WH-3-5%A	0	0	0
WH-1-5%P	30> β -лг>20	15> α -ла>10	70>СП>55

Примечание — гидролизованные белки сыворотки молока (WH), полученные с применением алкалазы (A) и протозима (P)

В гидролизатах термообработанных сывороточных белков протозимом не обнаруживается высокомолекулярная белковая фракция (БСА и ЛФ), характерная для образцов гидролизованной нативной сыворотки молока (рис. 2, дорожки 5 и 6). Так, тепловая обработка белкового субстрата обусловила увеличение степени протеолиза и, как следствие, получение образцов, содержащих пептидную фракцию с молекулярной массой, меньшей 10 кДа. По данным ДСН-электрофореза белково-пептидный профиль образцов остается неизменным при увеличении продолжительности ферментативной реакции с 2 до 3 ч (рис. 2, дорожки 3, 5 и 6).

Целесообразным является проведение предварительной тепловой обработки белков сыворотки и увеличение температуры протеолиза протозимом с 50 до 60 °С для получения гидролизатов, в которых весь белковый компонент расщеплен на пептидную фракцию.



1 — маркер, 2 — WP (50 мг/мл), 3 — WH-5%P-60°C-2h, 4 — WH-5%P-60°C-3h, 5 — tWH-5%P-60°C-2h, 6 — tWH-5%P-60°C-3h, 7 — маркер, 8 — WP (40 мг/мл), 9 — WP (30 мг/мл), 10 — WP (20 мг/мл), 11 — WP (10 мг/мл), 12 — WP (5 мг/мл)

Рис. 2. ДСН-электрофореграмма гидролизатов нативных (WP) и термообработанных (tWP) белков сыворотки молока, полученных с применением протозима (P)

Fig. 2. SDS electrophoregram of hydrolysates of native (WP) and heat-treated (tWP) whey proteins obtained using protozyme (P)

Впоследствии изучены антиоксидантные свойства гидролизатов сывороточных белков протозимом. Уровень АОА оценивали по способности образцов восстанавливать уровень флуоресценции флуоресцеина. В табл. 2 отражены показатели IC_{50} , соответствующие концентрации экспериментальных образцов, при которой установлено 50 % ингибирование флуоресценции.

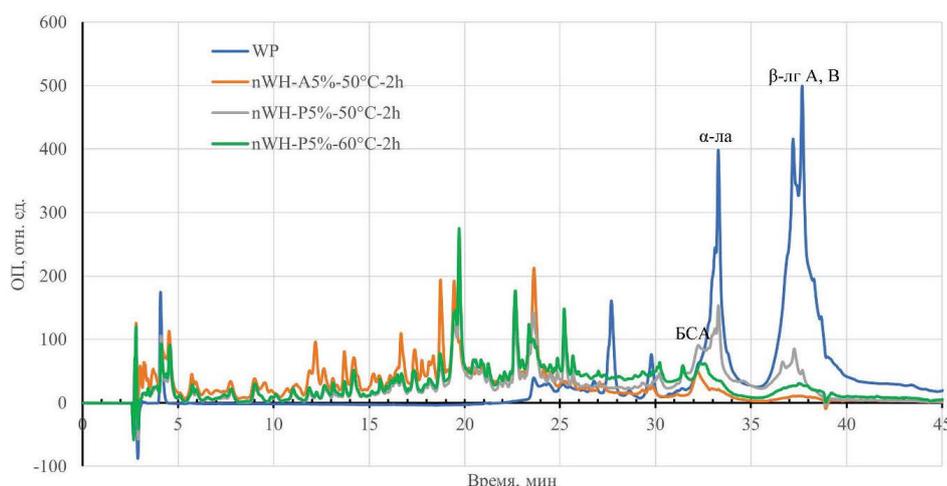


Рис. 3. ВЭЖХ-профили нативных (WP) и гидролизованных белков сыворотки молока (WH), полученных с применением алкалазы (А) и протозима (P)
Fig. 3. HPLC profile of native (WP) and hydrolyzed whey proteins (WH) obtained using alkalase (A) and protozyme (P)

При внесении термообработанных сывороточных белков в диапазоне концентраций 5–100 мкг/мл в тест-систему с флуоресцеином отмечено возрастание степени его флуоресценции. Вместе с тем, при дальнейшем увеличении концентрации образца с 100 до 500 мкг/мл установлено понижение уровня флуоресценции, видимо, в результате необратимой денатурации белка и последующей агрегации белковых макромолекул.

Согласно экспериментальным данным гидролизат сывороточных белков, полученный при температуре 50 °С, обладает более высокой АОА, чем изготовленный при 60 °С. Вероятно, это обусловлено наличием в молочной сыворотке термолабильных антиоксидантов небелковой природы.

Т а б л и ц а 3. Характеристика АОА нативных, термоденатурированных и гидролизованных протозимом сывороточных белков молока
Table 3. Characterization of AOA of native, thermodenatured and protozyme hydrolyzed milk whey proteins

Наименование образца	IC ₅₀ , мкг/мл
Нативные сывороточные белки	153,25±9,01
Термообработанные сывороточные белки	95,29±1,98 ^a
Гидролизат нативных сывороточных белков (50 °С, 2 ч)	20,93±1,81 ^b
Гидролизат нативных сывороточных белков (60 °С, 2 ч)	28,06±2,32 ^{b, c}
Гидролизат термообработанных сывороточных белков (60 °С, 2 ч)	31,70±0,71 ^c
Гидролизат нативных сывороточных белков (60 °С, 3 ч)	29,28±1,25 ^c
Гидролизат термообработанных сывороточных белков (60 °С, 3 ч)	32,82±3,64 ^c

Примечания — ^a — в расчете использован диапазон концентраций, на котором наблюдается возрастание восстановления флуоресценции флуоресцеина; ^b — различия между образцами достоверны; ^c — различия между образцами не достоверны

В случае гидролиза протозимом при 60 °С радикал-восстанавливающие свойства гидролизатов нативных и термообработанных сывороточных белков сопоставимы, различия между ними не достоверны. Кроме того, увеличение продолжительности гидролиза протозимом с 2 до 3 ч не приводит к достоверному увеличению АОА.

Так, предварительная тепловая обработка сывороточных белков и повышение температуры гидролиза до 60 °С обуславливает возрастание степени их расщепления протозимом, образование гипоаллергенных продуктов протеолиза с молекулярной массой менее 10 кДа. Наряду с этим, гидролизаты нативной и термообработанной молочной сыворотки, полученные с применением протозима при 60 °С, обладают сопоставимым уровнем АОА, различия между образцами не достоверны. В результате гидролиза сывороточных белков протозимом

в оптимизированных условиях показано возрастание радикал-восстанавливающих свойств соответствующих гидролизатов в 4,7–5,5 раза.

Согласно обзорным литературным данным широко известным протеолитическим ферментом является алкалаза — внеклеточная бактериальная протеаза, которую активно применяют при модификации пищевых продуктов, в частности для снижения их аллергенного потенциала, повышения антиоксидантной активности [11]. В целом, активное внедрение микробных протеаз обуславливает относительно низкую стоимость производства, стабильность и специфичность протеолиза, что требуется для изготовления белковых гидролизатов с целевыми характеристиками [12].

Алкалаза относится к сериновым эндопептидазам: она содержит в каталитическом центре триаду аминокислот, одной из которых является серин. Коммерчески доступный препарат Alcalase® 2.4L является зарегистрированной торговой маркой компании Novozymes Corp. и представляет собой жидкий ферментный препарат, содержащий (масс./масс.) 50 % глицерина, 41 % воды и 9 % экстракта протеазы из *Bacillus licheniformis*. Фермент имеет спецификацию «для пищевых продуктов» в соответствии с требованиями Объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) и Кодекса пищевой химии (Food Chemical Codex). Относительно широкая субстратная и сайт-специфичность алкалазы позволяют использовать фермент для гидролиза различных белковых субстратов с достижением высокой степени протеолиза, как при индивидуальном применении, так и в сочетании с другими протеазами [13].

Продукты протеолиза условно разделяют на две группы, одна из которых представлена легко усваиваемыми источниками незаменимых аминокислот, а также гипоаллергенными производными белков. Аллергические реакции обусловлены связыванием антител с антигенными эпитопами на поверхности белковых макромолекул. В результате гидролиза расщепляются потенциальные сайты связывания антител, что предотвращает аллергическую реакцию. Ко второй группе относят биоактивные пептиды, для высвобождения которых требуется гидролиз белка [18]. В ферментативных гидролизатах содержится широкий спектр пептидов, различающихся по длине аминокислотной цепи (или молекулярной массе), гидрофобности и заряду. В частности, классификация гипоаллергенных молочных смесей для детского питания основана на молекулярно-массовом распределении пептидов. Частично гидролизованная смесь (предназначены для профилактики аллергии), главным образом, включают пептиды с молекулярной массой 3–10 кДа, тогда как смеси на основе глубоких гидролизатов (лечебное питание) представлены фракцией с молекулярной массой <3 кДа [18, 19].

Согласно проведенным ранее исследованиям оптимизированы условия гидролиза сывороточных белков молока с применением высокоактивных протеаз животного (трипсин) и бактериального происхождения (алкалаза, термолизин). В качестве наиболее эффективной и доступной протеазы, разрешенной для использования в пищевых целях, определена бактериальная эндопептидаза алкалаза [20, 21]. Охарактеризован белково-пептидный профиль гидролизатов сывороточных белков молока со средней и глубокой степенью гидролиза [21, 22]. Установлено влияние степени протеолиза алкалазой на уровень антиоксидантной активности белкового компонента молочной сыворотки, в частности возрастание радикал-восстанавливающих свойств при увеличении количества средне- и короткоцепочечных пептидов [20, 23].

В целом, пептиды казеина и сывороточных белков являются мощным источником антиоксидантных пептидов, как правило состоящих из 2–14 аминокислот, большинство из которых содержат гидрофобные аминокислоты на N-конце и/или C-конце, а также пролин, гистидин или тирозин в составе последовательности [4]. С наличием His (является пероксидрадикальной ловушкой и обладает хелатирующей способностью) и гидрофобных аминокислот (увеличивают доступность пептидов к гидрофобным мишеням) связывают антиоксидантный потенциал биоактивных пептидов [4, 7].

В настоящей работе получены новые данные об особенностях расщепления нативных и термообработанных сывороточных белков молока щелочной бактериальной эндопептидазой протозимом. Оптимизированы условия гидролиза молочной сыворотки протозимом, что позволило достичь показателей, характерных для алкалазы. Достоверное влияние предварительной тепловой обработки сывороточных белков молока на антирадикальное действие гидролизатов не установлено. Подтверждено увеличение антиоксидантного потенциала молочной сыворотки, гидролизованной протозимом, а также возрастание степени протеолиза термообработанных белков сыворотки молока.

Заключение. По итогам экспериментальной работы охарактеризован белково-пептидный состав частичных ферментативных гидролизатов сывороточных белков молока, полученных

с применением сериновых эндопептидаз алкалазы и протозима. Полное расщепление основных белков молочной сыворотки (β -лг и α -ла) на пептидную фракцию с молекулярной массой, меньшей 10 кДа, установлено при внесении ферментов в количестве 5 % от содержания субстрата при 50 °С в случае алкалазы и при 60 °С — для протозима. Наряду с этим, расщепление минорной высокомолекулярной сывороточной фракции (БСА и ЛФ) протозимом достигается в результате предварительной тепловой обработки молочной сыворотки. Показано возрастание антиоксидантной активности гидролизатов сывороточных белков протозимом в 4,7–5,5 раза по сравнению в нативным белковым компонентом. Получены образцы частичных ферментативных гидролизатов сывороточных белков молока, в которых белки-аллергены расщеплены на гипоаллергенную пептидную фракцию, обладающую высокой антиоксидантной активностью. Они являются потенциальным биологически активным ингредиентом для продуктов специализированного (спортивного, детского, диетического) питания.

Список использованных источников

1. *Castro, R.J.S.* Improving the functional properties of milk proteins: focus on the specificities of proteolytic enzymes / R.J.S. De Castro, M.P. Bagagli, H.H. Sato // *Curr. Opin. Food Sci.* — 2015. — Vol. 1. — P. 64–69.
2. Functional properties of bovine milk protein isolate and associated enzymatic hydrolysates / G. Ryan [et al.] // *Int. Dairy J.* — 2018. — Vol. 81. — P. 113–121.
3. *Kleekaya, T.* Protein hydrolysates and peptides / T. Kleekaya, R.J. FitzGerald // *In Encyclopedia of dairy sciences*, 3 rd ed.; McSweeney, P.L.H., McNamara, J.P., Eds.; Elsevier B.V.: Amsterdam, Netherlands. — 2022. — P. 154–166.
4. Milk bioactive peptide database: A comprehensive database of milk protein-derived bioactive peptides and novel visualization / S.D. Nielsen [et al.] // *Food Chem.* — 2017. — Vol. 232. — P. 673–682.
5. Bioprocess challenges to the isolation and purification of bioactive peptides / D. Agyei [et al.] // *Food Bioprod. Process.* — 2016. — Vol. 98. — P. 244–256.
6. Bioavailability of bioactive peptides derived from food proteins across the intestinal epithelial membrane: A review / Q. Xu [et al.] // *Trends Food Sci. Technol.* — 2019. — Vol. 86. — P. 399–411.
7. A review on health-promoting, biological, and functional aspects of bioactive peptides in food applications / S.H. Peighambaroust [et al.] // *Biomolecules.* — 2021. — Vol. 11. — 631.
8. *Dullius, A.* Whey protein hydrolysates as a source of bioactive peptides for functional foods — Biotechnological facilitation of industrial scale-up / A. Dullius, M.I. Goetttert, C.F.V. de Souza // *J. Funct. Foods.* — 2018. — Vol. 42. — P. 58–74.
9. Role of enzymatic bioprocesses for the production of functional food and nutraceuticals / R. Chourasia [et al.] // *In Biomass, biofuels, biochemicals*; Singh, S.P., Pandey, A., Singhania, R.R., Larroche C., Li, Z., Eds.; Elsevier B.V.: Amsterdam, Netherlands. — 2020. — Vol. 15. — P. 309–334.
10. Peptidases used in dairy technology: Current knowledge and relevant applications / V.N. Paiva [et al.] // *Res., Soc. Dev.* — 2022. — Vol. 11, №7. — e57211730367.
11. Biotechnological applications of proteases in food technology / O.L. Tavano [et al.] // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* — 2018. — Vol. 17, №2. — P. 412–436.
12. Dos Santos Aguilar, J.G. Microbial proteases: Production and application in obtaining protein hydrolysates / J.G. Dos Santos Aguilar, H.H. Sato // *Food Res. Int.* — 2018. — Vol. 103. — P. 253–262.
13. Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review. / V.G. Tacias-Pascacio [et al.] // *Int. J. Biol. Macromol.* — 2020. — Vol. 165. — P. 2143–2196.
14. Current protocols in molecular biology / Ausubos, M., Brent, R., Kingston, R.E., et al., Eds. — NY: John Wiley & Sons; 2003. — Unit 10.2A.1–10.2A.8.
15. Влияние пептидов сывороточных белков молока на восстановление уровня флуоресценции в системе с активированными формами кислорода / Е.И. Тарун [и соавт.] // *Труды БГУ.* — 2016. — Т. 11, ч. 1. — С. 231–236.
16. R: A language and environment for statistical computing / R Core Team // R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. — 2021.
17. DescTools: Tools for descriptive statistics / Andri Signorell [et al.]. — 2017. — R package version 0.99.23.

18. *Aluko, R.E.* Food protein-derived peptides: Production, isolation, and purification. / R.E. Aluko // In Woodhead publishing series in food science, technology and nutrition, proteins in food processing, 2nd ed.; Yada, R.Y., Ed.; WP: Cambridge, UK, 2018. — Vol. 15. — P. 389–412.
19. Partial hydrolyzed protein as a protein source for infant feeding: do or don't? / Y. Vandenas [et al.] // *Nutrients*. — 2022. — Vol. 14, №9. — 1720.
20. Biologically active properties of hydrolysed and fermented milk proteins / T.M. Halavach [et al.] // *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* — 2020. — Vol. 9, №4. — P. 714–720.
21. *Halavach, T. M.* Hypoallergenic hydrolysates of whey proteins with average degree of hydrolysis / T.M. Halavach // *AIP Conf. Proc.* — 2022. — Vol. 2390. — 030030.
22. *Halavach, T. M.* Enzymatic protein hydrolysates of whey and colostrum with extensive degree of hydrolysis / T.M. Halavach, E.I. Tarun, V.A. Asafov // *AIP Conf. Proc.* — 2022. — Vol. 2390. — 030029.
23. *Halavach, T.* Proteolysis of bovine whey, milk and colostrum with serine endopeptidases / T. Halavach // In: V. Kurchenko, A. Lodygin, R.M. Machado da Costa, I. Samoylenko (eds) / *Intelligent Biotechnologies of Natural and Synthetic Biologically Active Substances. ICAETT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*; Springer, Cham. — 2022. — Vol. 408. — P. 35–45.

Информация об авторах

Головач Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИЛ прикладных проблем биологии кафедры общей экологии и методики преподавания биологии биологического факультета Белорусского государственного университета (220030, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 4).

E-mail: halavachtn@gmail.com

Information about authors

Halavach Tatsiana Mikalaevna, PhD (Biology), Associate Professor, Leading Researcher of Research Laboratory of Applied Biology, Department of General Ecology and Methods of Biology Teaching, Faculty of Biology, Belarusian State University (4, Nezavisimosti Avenue, Minsk 220030, Belarus).

E-mail: halavachtn@gmail.com

УДК 642.58:658.5.011

Поступила в редакцию 10.05.2023
Received 10.05.2023

С. Л. Масанский

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь***СИНТЕЗ ПРИНЦИПОВ ФОРМИРОВАНИЯ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКТОВ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ В СИСТЕМЕ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ СВЯЗЕЙ**

Аннотация. Обосновано представление о системной организации межотраслевых связей в деятельности по формированию ассортимента продуктов для школьного питания, обеспечивающей достижение его рациональности. Синтез принципов формирования ассортимента продуктов направлен на получение абстрактной (теоретической) модели объекта исследования — комплексной деятельности по формированию ассортимента — которая может быть использована в прикладных целях для повышения упорядоченности взаимосвязей между элементами системы и ее динамизацию.

Ключевые слова: услуга школьного питания, принципы формирования ассортимента, система межотраслевых связей, качество услуги, комплексный подход, педагогическая модель школьного питания.

S. L. Masansky

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus***SYNTHESIS OF THE PRINCIPLES FOR FORMING A RANGE OF PRODUCTS FOR SCHOOL FOOD IN THE SYSTEM OF INTER-INDUSTRIAL RELATIONS**

Abstract. The idea of the systemic organization of intersectoral relations in the activity on the formation of an assortment of products for school meals, which ensures the achievement of its rationality, is substantiated. The synthesis of the principles of forming the assortment of products is aimed at obtaining an abstract (theoretical) model of the object of study — a complex activity for the formation of the assortment — which can be used for applied purposes to increase the orderliness of the relationships between the elements of the system and the degree of its dynamism.

Key words: school catering service, assortment formation principles, system of inter-industry relations, service quality, integrated approach, pedagogical model of school catering.

Введение. Практика организация школьного питания настоятельно требует изучения проблем системности для эффективного государственного управления отраслью на основе комплексных решений [1]. Вместе с тем, аспект системности в этой деятельности с учетом условий в республике недостаточно изучен в отраслевых науках, деятельность по организации школьного питания для которых является объектом исследования — педагогике, нутрициологии, технологии и товароведении продуктов специализированного назначения и общественного питания. В отраслевых науках накапливаются методические знания, на которых основывается прикладная деятельность соответствующих отраслей экономики, действующих в системе организации школьного питания — образование, медицина, сфера гостеприимства. Под методическими знаниями будем понимать, беря за основу определение Г. П. Щедровицкого, знание о деятельности, представляющее собой знание об операциях, которые необходимо выполнить для получения конечного результата [2].

Проблемой является повышение эффективности межотраслевых связей в деятельности по организации школьного питания в целом и, в частности, деятельности по формированию ассортимента продуктов для школьного питания. Связь, как философская категория, выра-

жает «отношения между объектами, проявляющиеся в том, что состояния или свойства любого из них меняются при изменении состояния и свойств других»¹.

Формирование ассортимента направлено на придание ему заданных свойств. Анализ соответствующей проблематики представлен в ряде собственных и других авторов публикаций [3, 4, 5, 6, 7]. Системное понимание деятельности по управлению ассортиментом и качеством продуктов на потребительском рынке обосновано, например, в монографиях [8, 9, 10]. Однако в части методов формирования ассортимента продукции для организации школьного питания и синтеза его свойств использование общей теории товароведения и теории предпринимательства в общественном питании не представляется возможным.

В соответствии с современным представлением о предпринимательской деятельности центральным понятием в ней является рынок потребителя, деятельность на котором направлена на более полное удовлетворение его потребностей [11]. При этом, «логика доминирования продукта (PD)», должна быть изменена на «логику доминирования услуг (SD)», т.е. с обмена товарами на обмен услугами [12]. Теория и практика сервиса (услуг) сместилась от сервисных продуктов к ценностям, которые более социально значимы и рассматриваются в нескольких измерениях, не только в рамках традиционных экономических отношений потребитель-поставщик, где путем обмена создается стоимость. В качестве основного результата деятельности по организации школьного питания, как социальной услуги, наиболее очевидным следует рассматривать ценность для детей и подростков, а в экономических категориях на уровне государства — полезность как сумму полезных эффектов от различных аспектов этой деятельности, в том числе получение прибыли объектами общественного питания. Помимо экономических и социальных аспектов, SD-сервис обеспечивает экологические аспекты обслуживания [13]. Такой подход соответствует всеобщей концепции устойчивого развития — «развитие, удовлетворяющее потребности настоящего времени и обеспечивающее способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [14]. Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года принята в республике, одной из стратегических целей которой является формирование качественной системы образования, отвечающей принципам устойчивого развития и потребностям инновационной экономики².

Устойчивость должна быть неотъемлемой частью основополагающих отношений между потребителями и поставщиками услуг, т.е. она должна быть основной ценностью. Устойчивое обслуживание определяется как услуга, которая удовлетворяет потребности и может поддерживаться в течение длительного периода времени без негативного влияния на природную и социальную среду потребителя [15]. Устойчивое развитие и благополучие — взаимосвязанные процессы, объединяемые по принципу взаимодополнительности, когда одно предполагает другое [16]. В этом смысле SD-сервис определяется как применение компетенций на благо потребителя [17].

На основании данных обоснований предпринимательскую деятельность на объектах школьного питания можно рассматривать как форму социального предпринимательства — деятельности, нацеленной на смягчение или решение социальных проблем, связанных с обеспечением благополучия детей и подростков, в частности. Развитие социального предпринимательства является также частью Концепции Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года.

Системная организация межотраслевых связей в комплексной деятельности по формированию ассортимента продуктов для школьного питания не исследована. Соответствующая теория с учетом современных условий организации школьного питания, сложившихся в республике, уровня развития науки, техники и технологии не определена, не представлена в информационных источниках для непосредственного использования, что обусловило актуальность задачи по развитию научно-методического аппарата этой деятельности, в частности, принципов формирования ассортимента продуктов как части этой деятельности.

Цель исследования — совершенствование в Республике Беларусь организации школьного питания и управления в этой сфере.

¹ Новая философская энциклопедия: В 4 т./Ин-т философии РАН, Нац. общ.-науч. фонд / Научно-ред. совет: предс. В. С. Степин, заместители предс.: А. А. Гусейнов, Г. Ю. Семигин, уч. секр. А. П. Огурцов.. — М.: Мысль, 2010. — Т. III. — С. 510. — 692 с.

² Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года Электронный ресурс Министерство экономики Республики Беларусь Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/Kontseptsiya-na-sajt.pdf>. — Дата доступа: 22.07.2022.

Общая научная задача — синтез принципов формирования ассортимента продуктов в системе межотраслевых связей комплексной деятельности по организации школьного питания.

Материалы и методы исследований. Отбор, анализ, систематизация и логическое обобщение тематической информации; экспертные опросы; синтез знаний.

Синтез основан на результатах анализа проблематики современной практики организации питания и обзора литературных данных, разработанной модели межотраслевых факторов качества услуги школьного питания и функций обеспечения качества, приведенных в ряде собственных публикаций, в частности, ссылки на которые даны во введении. А также методах совершенствования систем — свертывание, самоорганизация и сравнение с эталоном [18, 19]

На общетеоретическом уровне при проведении исследования использовались идеи А.А. Богданова об организационном (тектологическом) мышлении и организованном комплексе. Тектологическое мышление характеризуется именно тем, что обобщает и объединяет все специализированное — *«сам ход жизни все настоятельнее и неуклоннее выдвигает организационные задачи в новом виде — не как специализированные и частичные, а как интегральные»* [20]. Устойчивость организационного комплекса определяется в большей степени устойчивостью структурных связей между элементами комплекса. Закономерным является то, что системная дифференциация («системное расхождение») между элементами *«заключает в себе тенденцию развития, направленную к дополнительным связям»* [21]

При разработке методологических подходов к исследованию межотраслевых связей в деятельности по формированию ассортимента использовались положения теории межотраслевых связей Чельшева Ю.А., который разработал ее применительно к совершенствованию гражданского права [22]. Учитывались идеи теории поведенческой экономики, в рамках которой рассматривается влияние социальных, когнитивных и эмоциональных факторов на поведение в сфере экономики и объектом изучения которой являются границы рациональности экономических агентов [23, 24, 25], процессной модели организационных изменений, которая базируется на принципах непрерывности и взаимосвязанности процесса управления изменениями [26, 27].

Результаты исследований и их обсуждение. Сформулировано собственное определение понятия «услуга школьного питания», отражающая комплексный характер деятельности по ее обеспечению — результат комплексной деятельности в рамках социального предпринимательства на объектах общественного питания при учреждениях образования по удовлетворению реальных и формируемых потребностей детей и подростков во вкусной и здоровой пище, в гостеприимстве и эстетическом удовольствии, а также в обучении навыкам здорового образа жизни для обеспечения их устойчивого благополучия.

Комплексная цель организации школьного питания, которая является основным систематизирующим элементом деятельности по обеспечению качества услуги, соответственно — НАУЧИТЬ самостоятельно выбирать и комбинировать продукты, обладающие наибольшей пользой для здоровья; НАКОРМИТЬ в атмосфере гостеприимства в безопасных условиях; АДАПТИРОВАТЬ питание к условиям внешней среды с учетом состояния здоровья. Государственное регулирование деятельности рассматривается как процесс упорядочения межотраслевых отношений (связей) посредством сочетания отраслевых функций этой деятельности в соответствии с ее комплексной целью. Условное разделение на профессиональные области (педагогика, нутрициология, гостеприимство) осуществлено в методологических целях для изучения и моделирования комплексной деятельности на основе межотраслевых связей.

Изучение межотраслевых связей в процессе деятельности по формированию ассортимента как системы объективная необходимость не только в силу необходимости совершенствования правового регулирования этой деятельности. Такое представление объективно вытекает из внутреннего строения самой системы организации школьного питания и управления в этой сфере. Специфика деятельности по формированию ассортимента может быть выражена следующими взаимосвязанными системными признаками:

- ♦ предметным признаком, который проявляется в известном предметном единстве функций деятельности по формированию ассортимента, в их значимости для системы организации школьного питания;
- ♦ признаком применения в деятельности взаимосогласованных приемов и методов межотраслевого характера, например, педагогико-нутрициолого-технологических методов формирования пищевого поведения в различных его аспектах, педагогико-технологических методов повышения уровня съедаемости, нутрициолого-технологических методов обеспечения

полезности еды, метода доказательного регулирования при внедрении нормативных требований и другие;

- ♦ признаком, заключающемся в наличии собственных принципов организации деятельности, выражающих ее комплексный характер;
- ♦ признаком, отражающим особенности нормирования деятельности в системе ее госрегулирования — имеются собственные, как для комплексного межотраслевого образования, правовые нормы осуществления деятельности;
- ♦ признаком, затрагивающим источники деятельности (материальные, информационные).

Межотраслевые связи рассматриваются через функциональную взаимообусловленность и взаимную зависимость отраслевых методов и средств деятельности по формированию ассортимента с заданными показателями ее результативности. Основанием (предпосылкой) исследуемых межотраслевых связей как функциональных выступает та или иная степень общности функций разных отраслей в системе организации питания. Предложенный в методологических целях подход к представлению о системной организации деятельности по формированию ассортимента предполагает в качестве структурных компонентов системы рассматривать три функциональные (профессиональные) области — педагогика, нутрициология, гостеприимство. Соответствующие области (элементы системы) изучаются в динамике с позиций их функций в системе. При любой трансформации функций в системе изменяются межотраслевые связи и наоборот.

Исходя из сказанного, под значением термина «межотраслевые связи» будем понимать функциональные связи между различными видами деятельности по формированию ассортимента, осуществляемой в системе организации школьного питания специалистами разных профессиональных отраслей. При решении задач по обеспечению заданного состояния системы функциональные связи могут проявляться как взаимодействие, взаимовлияние, взаимозависимость, ограничение, исключение, дополнение, корректирование, уточнение и другое.

Таким образом, основной целью существования или предназначением системы межотраслевых связей в процессе деятельности по формированию ассортимента является обеспечение межэлементной (межотраслевой) связи между отдельными отраслевыми функциями деятельности. Другими словами — упорядочение функциональных отношений в указанной деятельности для разрешения противоречий. С этих позиций обоснован ряд принципов организации этой деятельности.

Принцип единства устойчивости и педагогической функциональности ассортимента. Принцип обусловлен целью организации школьного питания — НАУЧИТЬ выбирать и комбинировать продукты и блюда, обладающие наибольшей пользой для здоровья, повышающие адаптационный потенциал и резервные возможности организма. Принцип означает, что необходимо рассматривать ассортимент продуктов не только как характеристику их набора в рационе для удовлетворения потребности в пище, но и как средство для обучения в рамках образовательной и воспитательной деятельности. В совокупности это является частью процесса обучения, направленного на формирование правильного пищевого поведения. Эти навыки часть общей культуры человека, на формирование которой направлено образование и воспитание. Как известно, образовательная функция обучения — это функция, которая заключается в формировании знаний, умений, навыков и готовности к их использованию. Воспитательная функция обучения — это функция, формирующая у обучающихся нравственность, любовь к прекрасному, эстетические ценности и позитивный взгляд на мир и способность следовать морально-этическим нормам поведения в обществе [28].

Устойчивостью ассортимента предполагает его соответствие концепции устойчивого здорового питания. Соответственно, в основу формирования образовательно-воспитательной функциональности ассортимента может быть положена современная теория устойчивого здорового питания. Предполагающая, в частности, увеличение доли органических продуктов в питании, сокращение потребления рафинированного сахара, соли, сокращение потребления мяса и мясных продуктов и увеличение в рационе растительной пищи. В свою очередь, диета, ориентированная на растительную пищу, может снизить воздействие продуктов питания на окружающую среду [29]. Экологическое значение и частью экологического воспитания является проблема сокращения уровня отходов в школьном питании, который зависит от того, насколько ассортимент соответствует потребительскому спросу, вкусовым привычкам детей и подростков. Сокращение отходов и, как следствие, разумное потребление является частью экологического воспитания учащихся — формирования отношения к еде как ценности и понимания того, что самая дорогая еда — это та, которую не съели — по-

трачены ресурсы на производство, необходимы ресурсы на утилизацию, отходы пищи губительно сказываются на окружающую среду¹.

Проблема отходов непосредственно связана с вкусовыми качествами пищи. Вкусовые качества и эстетика еды являются ключевыми факторами выбора ее учащимися, а, следовательно, должны являться предметом педагогической работы. В ассортимент продуктов для школьного питания в составе норм питания нами предложено включить отдельную группу продуктов — вкусовые и корригирующие продукты — для повышения вкусовой привлекательности рационов и их коррекции в ответ на неблагоприятные факторы внешней среды, повышения устойчивости организма к их воздействию. По опыту других стран целесообразно при этом расширять ассортимент данной группы, в частности, за счет ассортимента специй, пряно-ароматических растений, использование которых в настоящее время ограничено санитарными требованиями. Это позволяет придать блюдам заданные вкусовые свойства, это неотъемлемая часть кулинарии, в т.ч. в домашнем питании. Обоснованное их количество может контролироваться на стадии разработки рецептур блюд. Важно воспитывать и формировать педагогическими методами правильное к ним пищевое поведение.

Как в нутрициологических, так и в образовательных целях необходимо учитывать тот факт, что в настоящее время в питании детей и подростков имеется тенденция к увеличению частоты перекусов, когда между основными приемами пищи или взамен их потребляются нездоровые закуски с высоким содержанием энергии, сахара и соли и низким содержанием питательных [30]. По имеющимся оценкам, подростки получают до 20% своей общей суточной энергии за счет перекусов [31]. Сформированные таким образом пищевые привычки могут негативно сказаться на здоровье ребенка, а в долгосрочной перспективе эти последствия могут распространиться на взрослую жизнь [30].

Только запретительными мерами, ограничивающими ассортимент, эту проблему не решить. Предоставление здоровых закусок через школьные буфеты является как частью школьного питания, так и частью обучения, призванного убедить детей отдавать им предпочтение, научить делать правильный выбор в настоящем и будущем среди большого многообразия коммерческого ассортимента закусок. Здоровые закуски — это те, которые содержат рекомендуемые питательные вещества и имеют низкое содержание жиров, сахаров и соли [32, 33]. Этим критериям соответствуют специализированные для питания детей дошкольного и школьного возраста, включенные в структуру ассортимента.

Актуальной проблемой, для решения которой необходимы и педагогические методы, является низкое потребление плодов и овощей в питании детей и подростков. В этой связи предлагается стратегия «растительной интервенции» в производстве продуктов для школьного питания. Образность в терминологии — «растительная интервенция» — применена умышленно для обозначения предмета и динамики решения проблемы [4]. Плодоовощная добавка в рецептурах комбинированных кулинарных изделий в пересчете на сырые плоды и овощи может составлять до 25%.

В целях устойчивого здорового питания, образовательных целей модели педагогического питания эффективным является организация школьных садов [34]. В настоящее время в Республике Беларусь по поручению Президента этой работе уделяется особое внимание. Возможность увеличения доли органических продуктов в школьном питании подтверждаются результатами расчета цен на экологически чистые продукты, согласно которым доля органических продуктов в меню может быть увеличена за счет уменьшения доли мяса и мясных продуктов и замены мяса овощами и продуктами из растительного белка².

Принцип единства инвариантности и вариативности ассортимента. Ассортимент продуктов для школьного питания характеризуется смещением свойств инвариантности и вариативности. Первое свойство обусловлено тем, ассортимент должен выражать инварианты питания (нормы), которые детерминированы современными представлениями об устойчивом здоровом питании детей и подростков и отражают его фундаментальные потребности в питании. Второе свойство обусловлено тем, что ассортимент должен выражать вариативность их индивидуального опыта в питании, индивидуальные личностные особенности, а также вариативность условий для приема пищи, влияющие на эмоциональное отношение к конкретному блюду или продукту и питанию в школьной столовой в целом.

¹ Food wastage footprint: Impacts on natural resources. FAO (2013) [Электронный ресурс] // FAO. — Режим доступа: <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>. — Дата доступа: 09.11.2021.

² Luomutavoitetta [Электронный ресурс] // Luomuravintola.fi/ — Режим доступа: https://www.luomuravintola.fi/resources/public/sisaltokaruselli/kohti_luomutavoitetta_opas_valmis.pdf. — Дата доступа: 09.11.2021.

Первое свойство отражает то, что полезно для общества, второе то, что интересно самому школьнику. При этом осознание школьником полезности представляет собой растянутый во времени процесс, включающий в том числе образовательную и воспитательную работу по формированию культуры питания. Интерес же удовлетворяется или не удовлетворяется здесь и сейчас — при каждом приеме пищи — ребенок либо съедает, либо отказывается.

Таким образом, проблемой является взаимосогласованность инвариантного и вариативного при проектировании ассортимента в составе рационов питания. Инварианты питания, в качестве которых выступают нормы питания, сталкиваются с неограниченными вариантами индивидуальности каждого школьника. Гипотеза состоит в том, чтобы с одной стороны повышать вариативность организационных и технологических условий и средств для формирования ассортимента, с другой — актуализировать инварианты питания на основе принципов устойчивого здорового питания и диетических рекомендаций, основанных на пищевых продуктах.

Для решения проблемы вариативности предлагаются следующие вмешательства в практику формирования ассортимента:

- ♦ планировать состав школьного обеда, как основного приема пищи, по принципу «обед из двух блюд»;
- ♦ обеспечить выбор из двух наименований каждого блюда в составе обеда;
- ♦ увеличить горизонт планирования рационов питания с двух до четырех недель;
- ♦ обеспечить взаимозаменяемость дневных рационов питания на обед в рамках 4-х недельного примерного рациона.

Формирование состава обеда по принципу «обед из двух блюд» — основное обеденное блюдо и дополнительное сладкое блюдо — позволит повысить вкусовую и эстетическую привлекательность рационов питания. Основное блюдо готовится методами общественного питания и рассматривается, прежде всего, как источник белка — разнообразные блюда из мяса, рыбы, птицы, субпродуктов с гарниром или заправочные супы.

Дополнительное блюдо, как правило, на основе фруктов, овощей, злаковых как источников «правильных» углеводов и биологически активных веществ — кисели, компоты с гарниром, безалкогольные напитки на фруктово-ягодной основе, напитки чайные на основе фито-сырья (травяные чаи), пюре, фрукты, фруктовые салаты, желе, запеканки или пудинги из творога, из круп, пироги, гриллита, брушета, блинчики с фруктовой, ягодной или творожной начинкой, сыр и т.п.

Определение дополнительного блюда как сладкого (десертного) условное. В данном случае идея состоит в том, чтобы побуждать желание к школьному обеду на основе ожидания приятных вкусовых ощущений, которые связаны с потреблением сладких блюд и десертов (в древнерусской кухне такие блюда называли «ласкосредство»). Но с точки зрения рецептурного состава специальный ассортимент таких блюд не является источником рафинированного сахара и даже может не содержать его. Расчет на психологическое воздействие и педагогическое влияние, направленные на формирование у детей правильного выбора в отношении сладких блюд и сахаросодержащих продуктов. Цель состоит не в том, чтобы исключить легкоусвояемые углеводы из питания в школе, а сформировать у школьников собственное понимание необходимости ограничивать рафинированный сахар в питании и не злоупотреблять им вне школы. Проблема в массовом злоупотреблении среди школьников различными кондитерскими изделиями, сахаросодержащими напитками при их полной доступности и сильной рекламной поддержке на потребительском рынке. Необходимо создать альтернативу — через школьное питание предлагать ассортимент сладких блюд (десертов), которые играют положительную роль в питании, и на этой основе обучать, формировать правильное отношение к сладкому и правильное пищевое поведение. Такой подход является частью педагогической модели школьного питания. При таком подходе расширяются возможности применения элементов самообслуживания по методу «шведского стола», что актуально для педагогической модели организации питания. Соответственно, создаются условия для развития навыков самообслуживания, самостоятельного выбора еды.

Предоставление для детей возможности выбора основных блюд в составе обеда способствует повышению вариативности питания. Из опыта других стран в школьном питании целесообразно предоставлять на выбор два варианта блюд. Для соблюдения сбалансированности питания блюда на выбор могут быть предоставлены в рамках одного типа блюд (рыбные, мясные, из печени, из творога и т.д.). С учетом влияния выбора блюд, среднее фактическое потребление пищевых веществ по примерному меню будет иметь минимальные отклонения по критерию сбалансированности, которые являются допустимыми.

Использование в системе организации школьного питания в республике примерных двух-недельных рационов питания является инвариантом в организации питания. Существующая практика направлена на полное соответствие фактических рационов примерным. На обеспечение соответствия ориентирована система государственного контроля. Противоречие в том, что это с одной стороны упрощает процесс контроля. С другой стороны, сужает ассортимент предлагаемой в составе рационов продукции, не позволяет учитывать сложившиеся организационно-технологические возможности производства в отдельных школьных столовых и индивидуальные предпочтения в питании школьников. Как показывает опыт ряда других стран, разрешение противоречия возможно за счет увеличения горизонта планирования рационов питания с двух до четырех и более недель.

Принцип гибридности ассортимента. Гибридный подход к формированию ассортимента основывается на рациональном сочетании в рационах питания продукции, произведенной методами общественного питания и методами пищевой промышленности. Гибридный подход ориентирован на унификацию ассортимента и поливариантность рационов питания на его основе. Ассортимент продукции в составе школьного обеда формируется методами общественного питания с использованием сырья и полуфабрикатов промышленного производства, требующих дальнейшей кулинарной обработки. Ассортимент в составе экспресс-приема пищи — методами пищевой промышленности за счет готовых к потреблению специализированных продуктов, ингредиентов и полуфабрикатов высокой степени готовности промышленного производства.

Модель рациона питания, включающего школьный обед и дополнительный экспресс-прием пищи представлен в табл. 1.

Таблица 1. Модель ассортимента продуктов в составе рациона школьного питания на основе гибридного подхода
Table 1. Model of the assortment of products in the composition of the school meals based on a hybrid approach

Школьный обед		Экспресс-прием пищи
Основное блюдо	Дополнительное блюдо	Блюда, изделия на основе продуктов промышленного производства
Супы <i>=или=</i> Вторые блюда из мяса и мясных продуктов, птицы, рыбы, творога, бобовых, овощей Гарниры из овощей (в т.ч. сырых, в т.ч. в виде салатов), круп, картофеля	Сладкие (десертные) блюда и изделия на фруктовой, ягодной, зерновой основе	Фрукты, овощи в натуральном виде и приготовленные Блюда из продуктов промышленного производства на мясной, молочной, зерновой, молочно-зерновой, плодоовощной основе Блюда или изделия из творога, сыра, яиц Мучные блюда на основе полуфабрикатов промышленного производства (вареники, пельмени, блины, блинчики с различными фаршами и др.) Мучные кулинарные изделия Молочные и кисломолочные продукты Мясные продукты специального ассортимента Изделия булочные Цельнозерновые продукты в широком ассортименте
Вода питьевая, молоко, кисломолочные продукты Хлеб, булочные (в т.ч. цельнозерновые)		Травяные инстантные чайные напитки Фруктовые, овощные нектары и напитки с плодовой частью

Промышленное производство продуктов детского питания играет значительную роль при организации рационального питания, так как дает возможность использовать современные методы переработки сырья, обеспечивающие максимальное сохранение незаменимых веществ в готовом продукте и сократить продолжительность приготовления пищи в детских учреждениях [35]. Актуальным является развитие соответствующей нормативной базы, определяющей требования к ассортименту блюд, кулинарных изделий и пищевых продуктов для питания учащихся в организованных коллективах, требования к формированию рационов с использованием пищевых продуктов повышенной пищевой и биологической ценности промышленного производства, что требует соответствующего научного сопровождения.

Важнейшим условием при этом является создание рынка специализированных продуктов промышленного производства для питания детей дошкольного и школьного возраста. Это

обусловлено как возможностью их использования в составе рационов школьного питания, так и возможностью коррекции за счет этого питания учащихся для восполнения существенного дефицита белка, ряда витаминов, минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот, балластных веществ, а также профилактики заболеваний. При этом усиливается корректирующая и профилактическая функции школьного питания.

Впервые в республиканской практике разработан ассортимент пищевых продуктов, которой рекомендуется для организации питания обучающихся в учреждениях образования с целью:

- ♦ повышение качества и разнообразия питания;
- ♦ идентификация рекомендуемых продуктов при планировании рационов питания и организации процедуры закупки;
- ♦ создание условий для использования в составе рационов специализированных продуктов и стимулирование их производства в республике.

Разработанный ассортимент, рекомендуемых для пищевых продуктов для организации питания обучающихся в учреждениях образования приведен в таблице 2. В ассортименте 22 группы продуктов, приведены их видовой ассортимент и товароведная характеристика. В ассортиментный перечень включено 12 групп специализированных продуктов промышленного производства, в т.ч. обогащенных, а также рекомендуемых на основе специальной экспертизы продуктов массового потребления.

Таблица 2. Ассортиментная характеристика пищевых продуктов для организации питания обучающихся в учреждениях образования

Table 2. Assortment characteristics of food products for catering students in educational institutions

№	Наименование пищевого продукта или группы	Ассортиментная характеристика группы
1	Пищевые продукты — основные источники полноценного белка, жиров и жирных кислот, углеводов, витаминов С, Р, бета-каротина, витаминов В ₁ , В ₂ , РР, пищевых волокон, кальция и других минеральных веществ, минорных компонентов	
1.1	Мясо	Говядина 1 категории (охлажденная и замороженная). Свинина мясная (охлажденная и замороженная). Телятина. Мясо кролика. Субпродукты 1 категории (язык, печень). Полуфабрикаты натуральные бескостные из говядины 1 кат (охлажденные, подмороженные, замороженные), в т.ч. котлетное мясо. Полуфабрикаты натуральные бескостные из свинины мясной (охлажденные, подмороженные, замороженные), в т.ч. котлетное мясо. Полуфабрикаты рубленых кулинарных изделий из мяса, из мяса с добавлением овощей, или круп, или овощей и круп, или других наполнителей для питания детей дошкольного и школьного возраста (охлажденные, подмороженные, замороженные)
1.2	Птица	Цыплята-бройлеры 1-го сорта потрошенные (охлажденные и замороженные). Мясо индейки 1-го сорта охлажденное. Полуфабрикаты натуральные из мяса птицы — разделанные части тушек цыплят-бройлеров охлажденные и замороженные. Полуфабрикаты натуральные из мяса индейки охлажденные. Полуфабрикаты рубленых кулинарных изделий из мяса птицы с добавлением круп, или овощей, или овощей и круп, или других наполнителей для питания детей дошкольного и школьного возраста (охлажденные, подмороженные, замороженные)
1.3	Рыба	Рыба свежемороженая морских видов, в т.ч. с высоким содержанием жира (лосось, скумбрия) потрошенная обезглавленная. Филе рыбное, выпускаемое промышленностью, мороженое, полученное без применения фосфатов. Полуфабрикаты рубленых кулинарных изделий из рыбы с добавлением круп, или овощей, или овощей и круп, или других наполнителей для питания детей дошкольного и школьного возраста (охлажденные, подмороженные, замороженные). Фарш рыбный из сайды, трески, скумбрии и др. Морепродукты (кальмары, креветки)

Продолжение табл. 2.

№	Наименование пищевого продукта или группы	Ассортиментная характеристика группы
1.4	Хлеб	Хлеб пшеничный. Батон (без гидрогенизированных масел и жиров, жиров с высоким содержанием насыщенных жирных кислот). Хлеб ржаной. Хлеб ржано-пшеничный. Хлеб из ржаной, пшеничной или из смеси муки грубого помола. Хлеб цельнозерновой или с добавлением цельных зерен. Хлеб и хлебобулочные изделия, обогащенные для питания детей дошкольного и школьного возраста. Хлебцы цельнозерновые из злаков (пшеницы, ржи, овса, ячменя, гречихи и др.) бездрожжевые, без соли, без сахара
1.5	Крупяные, бобовые продукты	Крупы (рисовая, гречневая, овсяная, пшеничная, пшенная, перловая, манная, ячневая). Цельнозерновые крупы и изделия из них несладкие (в т.ч. хлопья зерновые, продукты, полученные с использованием экструзионной технологии). Мюсли без добавленного сахара. Сухие бобовые (горох, фасоль, чечевица).
1.6	Овощи	Овощи свежие, зелень (помидоры, огурцы, свекла, морковь, капуста, перец сладкий, баклажаны, цветная капуста, тыква, кабачки, лук, шпинат, салат, укроп, чеснок, петрушка). Морская капуста. Овощи, консервированные без уксуса и перца (капуста квашеная, огурцы соленые и маринованные, кукуруза консервированная и др.). Овощи, зелень быстрозамороженные. Свежие, свежезамороженные, консервированные бобовые (горошек зеленый, фасоль, чечевица). Продукты томатные концентрированные (содержание сухих веществ не менее 12 %). Соусы овощные и томатные для дошкольного и школьного питания (без применения жгучих специй, уксуса, подсластителей, консервантов). Полуфабрикаты из овощей очищенные, очищенные и нарезанные.
1.7	Фрукты	Яблоки, груши, бананы, виноград, персики, абрикосы, нектарины, киви свежие Ягоды свежие и быстрозамороженные. Цитрусовые (апельсины, мандарины, лимоны). Фрукты консервированные или приготовленные в сахаре. Пюре фруктовые
1.8	Молоко и кисломолочные продукты	Молоко и кисломолочные продукты (кроме творога и творожных изделий), в т.ч. обогащенные для питания детей дошкольного и школьного возраста: - молоко, кисломолочные продукты (с массовой долей жира 1,5 — 4 %); - йогурт в т.ч. йогурт питьевой (продукт йогуртный) с фруктово-ягодными и (или) из злаков добавками; Кисломолочные продукты, содержащие пробиотические микроорганизмы, лакто- и бифидобактерии (в т.ч. ряженка, маслянка, биопродукты кисломолочные и другие). Кисломолочные напитки с соком
1.9	Масло сливочное	Масло сливочное с массовой долей общего жира не менее 72,5 %, несоленое. Масло топленое
1.10	Масло растительное	Подсолнечно-рапсовое, подсолнечное, льняное, рапсовое (рапсовое исключается для детей раннего возраста) Майонез на основе растительного масла, изготовленный с использованием лимонной кислоты
1.11	Творог и творожные изделия	Творог, в т.ч. мягкий творог (кварк), с массовой долей жира 3,5 — 10 %. Творог детский или продукт творожный для детского питания несладкий с массовой долей жира 4-5%, в т.ч. обогащенный. Сыры творожные мягкие с содержанием жира в сухом веществе не более 45 %. Пасты творожные для питания детей дошкольного и школьного возраста
1.12	Яйцо	Яйца куриные диетические. Яйца куриные диетические, обогащенные селеном.

Продолжение табл. 2.

№	Наименование пищевого продукта или группы	Ассортиментная характеристика группы
1.13	Сахар	Сахар белый кристаллический. Сахар кусковой. Сахарная пудра
2	Пищевые продукты с относительно низкой пищевой ценностью в составе рациона, но значимым содержанием биологически активных веществ; продукты, имеющие преимущественно технологическое назначение; продукты, включаемые в рацион питания традиционно в целях обеспечения его разнообразия и вкусовых предпочтений детей и подростков	
2.1	Соковая продукция	Соки промышленного производства фруктовые, а также нектары и морсы (с содержанием соковых веществ и/или фруктовых шпоре не менее 50% от массы), без консервантов и искусственных пищевых добавок, в т.ч. без добавленного сахара, в т.ч. витаминизированные. Соки промышленного производства овощные (овощефруктовые) и нектары овощные и овощефруктовые (с содержанием соковых веществ и/или фруктовых шпоре не менее 50% от массы), в т.ч. витаминизированные
2.2	Мука пшеничная	Мука пшеничная высшего сорта. Мука пшеничная 2 сорта (грубого помола), мука пшеничная обойная Мука ржаная обдирная, мука ржаная обойная
2.3	Макаронные изделия	Макаронные изделия высшего сорта, в т.ч. обогащенные для питания детей дошкольного и школьного возраста
2.4	Картофель	Картофель свежий. Полуфабрикаты из картофеля очищенного, очищенного и нарезанного.
2.5	Колбасные изделия	Сосиски, сардельки, колбасы вареные (с содержанием жира в 100 г продукта не более 22 г), высшего сорта или с маркировкой для детского питания. Ветчина вареная для детей дошкольного и школьного возраста. Колбаса полукопченая, другая мясная гастрономия для детей дошкольного и школьного возраста
2.6	Сыр	Сыры твердые, полутвердые, мягкие (с массовой долей жира не более 55% в сухом веществе)
2.7	Сметана	Сметана с массовой долей жира не более 22 %
2.8	Кондитерские изделия	Кондитерские изделия мучные (вафли, печенье, пряники, кексы и другое), в т.ч. обогащенные для питания детей дошкольного и школьного возраста. Кондитерские изделия сахарные (зефир, пастила, мармелад, и другое), в т.ч. обогащенные для питания детей дошкольного и школьного возраста
2.9	Вкусовые и корректирующие ингредиенты	Чай (зеленый; черный). Фруктово-травяной чай для питания детей дошкольного и школьного возраста. Какао-порошок. Кофейный напиток ячменный, в т.ч. обогащенный для питания детей дошкольного и школьного возраста. Кофейный напиток из цикория (сухой растворимый или концентрат), в т.ч. обогащенный для питания детей дошкольного и школьного возраста. Молоко сгущенное с сахаром. Сироп из шиповника. Припас клюквенный. Варенье, джем, повидло. Мед. Плоды шиповника сушеного. Слива (чернослив), виноград (изюм), абрикосы без косточки (курага), яблоки, груши, смеси фруктов сушеные. Зелень сушеная, белые корни, семена — укроп, петрушка, сельдерей, лук, чеснок, тмин, базилик, сладкий, белый и душистый перец, орегано, корица, кориандр, гвоздика, лавровый лист. Семена льна, подсолнечника, тыквы, кунжут (белый и черный), пищевой мак. Орехи (миндаль, грецкие) без добавленных соли и сахара. Отруби. Соль пищевая йодированная (обогащенная йодатом натрия); соль пищевая, обогащенная йодом и другими минеральными веществами (фтор, калий, магний); соль пищевая, обогащенная йодом и другими минеральными веществами с пониженным содержанием натрия.

Окончание табл. 2.

№	Наименование пищевого продукта или группы	Ассортиментная характеристика группы
		Фитосоль, с массовой долей хлористого натрия не более 70% Лимонная кислота, гидрокарбонат натрия. Ванилин, корица. Желатин. Крахмал картофельный. Сухари панировочные. Дрожжи

Разработанный ассортимент предлагается использовать в составе нормативных правовых документов для планирования рационов питания в объектах питания при учреждениях образования и организации закупок. Организация закупок в процессе оказания услуги питания является его ключевым этапом. При закупках пищевых продуктов должны учитываться необходимые обогащенные продукты, объемы и порядок их потребления. Решение о необходимости включения в состав рациона питания обогащенных продуктов питания принимает администрация образовательного учреждения, руководствуясь указаниями и рекомендациям органов здравоохранения. При этом учитываются реальные проблемы региона по недостатку микро и макроэлементов, особенности фактического потребления населением продуктов питания, а также мнение законных представителей детей.

Реализация гибридного подхода направлена на сокращение производственного процесса непосредственно в школьной столовой. Основной производственный процесс локализуется до операций по производству ассортимента блюд и изделий для организации обеда, что позволяет минимизировать количество технологических операций и оптимизировать номенклатуру основного технологического оборудования в школьных пищеблоках. Как следствие — позволит сократить производственные издержки, которые покрываются бюджетом. За счет этого государственная поддержка может быть оказана производителям специализированных продуктов, производство которых более затратное, чем продуктов массового потребления.

Принцип бюджетной детерминированности ассортимента. Социальная деятельность государства строится на основе баланса индивидуальных и общественных потребностей и предусматривает оптимизацию затрачиваемых бюджетных ресурсов на решение социальных задач. Соответственно, вся деятельность по организации питания в учреждениях образования детерминирована бюджетом (предопределена). Принцип означает, что детерминированность бюджета необходимо учитывать при формировании ассортимента.

С учетом преобладающих на организацию школьного питания расходов бюджетных средств, экономическая эффективность функционирования системы организации питания может быть обеспечена, если при составлении и исполнении бюджетов участники бюджетного процесса в рамках установленных им бюджетных полномочий будут исходить из необходимости достижения заданных результатов с использованием наименьшего объема средств (экономности) и (или) достижения наилучшего результата с использованием определенного бюджетом объема средств (результативности). Экономность в рамках бюджетного процесса выражается минимально необходимым объемом средств, который эквивалентен стоимости физиологически обоснованного рациона питания с учетом себестоимости продуктов питания и издержек на доведение их до потребителя. Результативность — максимально обоснованным охватом питания учащихся за бюджетные средства с учетом сложившегося уровня социальной политики государства. С одной стороны, бюджет формируется, как правило, с дефицитом — государство таким образом стимулирует коммерческую инициативу субъектов предпринимательской деятельности, оказывающих услугу питания. С другой дефицит усугубляется в результате скрытой инфляции.

Проблема выражается в том, что при нормировании питания по гигиеническим критериям, при согласовании рационов санитарная служба не анализирует его себестоимость. Вместе с тем, при фиксированном бюджетном финансировании, фактический рацион питания должен соответствовать этому финансированию и быть при этом сбалансированным. На практике этого не происходит, несоответствие денежных и натуральных норм питания достигает 30%, что является нарушением прав потребителей услуги питания. Если исходить из того, что бюджетная составляющая на питание принципиально не изменится, то проблема не разрешится. Вместе с тем, уровень действующих натуральных норм высокий, соответственно, предлагаемый для потребления объем пищи большой. Его необходимо уменьшать, что будет способствовать разрешению проблемы. Выработаны соответствующие предложения по энергетической ценности школьного обеда и экспресс-питания [6].

Проблема усугубляется и тем, что в ущерб качеству определяющим критерием выбора продуктов и сырья в рамках процедур их госзакупки установлена минимальная цена. Для разрешения проблемы и практической реализации принципа бюджетной детерминированности ассортимента предлагается оптимизировать номенклатуру и содержание предоставляемых услуг в школьной столовой в соответствии со сложившимся уровнем бюджетной дотации. За период действия примерного рациона питания себестоимость набора продуктов должна быть в соответствии с денежными нормами фиксирована. Таким образом, по дням недели стоимость услуги питания не может изменяться в силу ее детерминированности, однако, как представляется, может изменяться себестоимость набора продуктов, используемых для приготовления блюд в конкретный день.

Качество услуги питания должно отвечать не только критериям физиологической обоснованности рациона по содержанию пищевых веществ, но и другим критериям, в частности, широте и глубине ассортимента, отвечающего индивидуальным потребностям учащихся. На практике это выражается в том, что в школьной столовой одновременно может предлагаться несколько видов услуг питания. Если рассматривать с коммерческой точки зрения, то расширение номенклатуры услуг в школьной столовой и более полное удовлетворение спроса обеспечивает прибыль школьных столовых как субъектов предпринимательской деятельности, что расширяет возможности материального стимулирования персонала столовых и создает условия для решения кадровой проблемы. Чем выше спрос, тем меньший уровень отходов (несъеданности), а значит дети получают необходимое количество пищевых веществ и энергии, что является основной целью организации питания.

Однако, расширение номенклатуры услуг предполагает увеличение издержек, а также привлечение дополнительных средств родителей. Противоречие в том, что востребованность у детей услуги питания за бюджетные средства относительно более низкая, чем услуги за средства родителей. Это приводит к риску возникновения нездорового психологического климата в детских коллективах из-за разной доступности услуг и уровня их качества. Как следствие, в Постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 14.10.2019 № 694 «Об организации питания обучающихся» содержится требование обеспечить питание всех учащихся по единым рационам вне зависимости от источника финансирования — бюджета или средств родителей. Очевидно, что школьная столовая не может быть местом, где потребности детей будут удовлетворяться индивидуально, исходя из финансовых возможностей их родителей. С другой стороны, номенклатура услуг, их качество должны формировать лояльность и доверие потребителей к школьной столовой — как детей, так и их родителей. Для разрешения этого противоречия необходимо сбалансировать интересы учащихся, их родителей с интересами государства через предложение в школьной столовой обоснованной номенклатуры услуг соответствующего уровня их качества и ассортимента продукции в составе рационов питания с учетом его бюджетной детерминированности.

На основе анализа практики школьных столовых республики для практической реализации принципа бюджетной детерминированности ассортимента предлагается минимальный перечень услуг питания, предоставляемых ежедневно:

- ♦ услуга по предоставлению скомплектованных школьных обедов для младших школьников с обслуживанием методом подачи;
- ♦ услуга по предоставлению школьных обедов с элементами самообслуживания и выбора для старших школьников (обслуживание методом предложения);
- ♦ услуга по предоставлению экспресс-питания;
- ♦ услуга буфета;
- ♦ услуга по предоставлению диетического питания по медицинским показаниям.

Конкурентная стоимость экспресс-питания как услуги школьной столовой и ее привлекательность для родителей среди альтернативных способов (питание дома, «ссобойки») обеспечивается компенсацией бюджетом эксплуатационных расходов на организацию питания, удешевлением питания через оптовые закупки, а также гарантией качества и безопасности услуги и ее своевременностью.

В контексте бюджетной детерминированности усугубляется проблема использования в питании детей и подростков специализированных продуктов, так как они дороже продуктов массового потребления. Как результат, в отсутствие целенаправленного государственного регулирования использования специализированных продуктов для питания детей и подростков в организованных коллективах, производители не заинтересованы их производить, что влияет на качество услуги питания в целом. Вместе с тем, статус специализированного продукта для питания детей подразумевает соответствующий уровень его качества и что важно — безопасности, гарантируемый на уровне государства. Такие продукты адресно предназначены для использования в питании этой категории населения, имеют повышенную пищевую

и биологическую ценность, соотношение «польза/цена» для них выше, чем для продуктов традиционного ассортимента. В этой связи представляется целесообразным госдотирование потребления специализированных продуктов в школьном питании.

Принцип subsidiarности ассортимента. В основе принципа subsidiarности в экономике лежит рациональное распределение полномочий между разными уровнями власти при принятии экономических решений¹. Принцип subsidiarности ориентирован на координацию и взаимодействие в структуре управления системой, что повышает уровень ее самоорганизации. Самоорганизация является методом повышения эффективности системы. Самоорганизация выступает как ключевое свойство комплексности — комплексные системы способны к самоорганизации с целью нейтрализации деструктивных функций и улучшению их результатов, обучаясь на опыте, что важно для практики.

Принцип subsidiarности ассортимента означает, что принятие решения по формированию ассортимента должно основываться на subsidiarной ответственности между уровнями управления. Полномочия должны закрепляться за тем уровнем управления, на котором их осуществление является наиболее эффективным, соответствующим масштабу решаемой задачи, и который приближен к непосредственно к тем, для кого питание организуется — детям. При таком подходе принципиально на новом уровне рассматривается роль персонала общественного питания. Создаваемая ими атмосфера гостеприимства — вежливость и внимание к детям, эстетика обеденного зала, атмосфера, в которой организован прием пищи имеет первостепенное значение как для удовлетворения потребности в питании, так и обучения навыкам здорового образа жизни, без которого невозможно обеспечить устойчивость услуги школьного питания и в конечном итоге — устойчивого благополучия детей и подростков.

Для практической реализации принципа subsidiarности ассортимента предлагается:

- ♦ сократить количество нормируемых в настоящее время групп продуктов с 33-36 до 20;
- ♦ при нормировании установить на отдельные из групп продуктов статус рекомендуемых, вместо статуса обязательных, по принципу 80/20;
- ♦ применять при нормировании понятие кратности использования продуктов в рационе питания;

Нормы питания должны обеспечивать возможность большей вариативности блюд при формировании рационов питания в сравнении с существующими нормами, что повысит разнообразие питания и позволит более рационально использовать продукты в пределах норм питания.

С этой целью объединены некоторые однородные по пищевой значимости и назначению продукты:

- ♦ мясо, птица, субпродукты;
- ♦ хлеб пшеничный, хлеб ржаной;
- ♦ масло растительное, масло сливочное;
- ♦ вкусовые, корректирующие ингредиенты.

Вместе с тем, учитывая тот факт, что пищевая ценность отдельных групп продуктов различается между собой, предлагается установить кратность использования тех или иных продуктов в рационе. Такой подход, соответствует современным подходам к диетическим рекомендациям для населения, основанным на объеме и кратности использования в питании отдельных пищевых продуктов, а не на строгом количественном нормировании в питании пищевых веществ. С методологической стороны образовательного процесса эти подходы важно учитывать.

На основе комплексного анализа информации рекомендовано при планировании питания в учреждениях образования республики применять следующая кратность основных продуктов в пределах натуральных норм:

- ♦ мясо — не реже 2-х раз в 10 дней из натурального мяса (без наполнителей);
- ♦ птицу — не чаще 2-х раз в неделю при двух-, трехразовом питании и не чаще 3-х раз в неделю при четырехразовом питании;
- ♦ субпродукты — не чаще 1-го раза в 10 дней.
- ♦ рыбу — не реже 1-го раза в неделю, в том числе 1-го раза в 10 дней рекомендуется использовать из жирных сортов как источников омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (за исключением рыбы жирных сортов в питании детей возраста 1-6 лет);
- ♦ продукты, содержащие бифидо- и лактобактерии — не реже двух раз в неделю;
- ♦ майонез — не чаще 3-х раз в неделю, в т.ч. в салатах не чаще 1-го раза.

¹ Словарь-справочник по экономике [Электронный ресурс]. — Академик. RU — Режим доступа: <https://academic.ru>. — Дата доступа: 08.05.2023 г.

♦ чай (черный, зеленый) при двух-, трехразовом питании — не чаще 3-х раз в неделю; при четырех, пятиразовом — не чаще 4-х раз в неделю, при этом рекомендуется использовать в качестве альтернативы травяной чайный напиток.

Проводился опрос экспертов — специалистов технологов областных, районных управлений образования, директоров, технологов комбинатов школьного питания — для оценки их отношения к объединению групп продуктов и установлению для отдельных из них в нормах питания статуса рекомендуемых вместо статуса обязательных. В опросе участвовали специалисты отрасли из разных регионов республики, отобранные случайным образом, а также ученые по разным научным дисциплинам. Полученные результаты подтвердили наше предложение о целесообразности объединения отдельных групп продуктов и сокращения нормируемых показателей. Это будет способствовать согласованности между медико-санитарными и организационно-технологическими требованиями к организации питания, что в конечном итоге позволит повысить его качество и сократить издержки на его организацию.

Принцип subsidiarity предусматривает также участие общества в финансировании социальных программ. В условиях бюджетной детерминированности ассортимента принцип предполагает регулирование финансового взаимодействия государственных и общественных структур для его формирования в соответствии с целями организации школьного питания. При таком подходе, при наличии дополнительного к бюджетному финансированию, местным органам управления может быть дано право организовывать на своей территории школьные обеды более высокой энергетической ценности или себестоимости.

Принцип информатизации ассортимента. Все операции по обороту продукции для школьного питания, начиная от производства пищевого сырья, пищевых продуктов, заканчивая потреблением в школьной столовой должны оставлять цифровой след и являться предметом мониторинга в рамках единой государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации.

Информатизации подлежат операции по сбору и анализу данных о потребительских предпочтениях, планированию рационов питания, мониторингу фактического питания и пищевого статуса школьников, скринингу в целях обеспечения безопасности, по управлению запасами и закупками, управлению производственными процессами и обслуживанием, а также поддержанию области знаний в информационной среде о продуктах питания и внедрению культуры питания. Важное значение имеет распространение средствами интернета передового опыта организации школьного питания.

В целях информатизации разработана специализированная программа «Рацион питания». Предназначена для автоматизации работы по составлению рационов питания в учреждениях образования. Программа разработана на основе действующих нормативных правовых актов и иных документов, регламентирующих требования к ассортименту продуктов для школьного питания.

Для поддержания межотраслевого взаимодействия, мониторинга состояния организации питания в учреждениях образования, информационного обеспечения деятельности по планированию питания, формирования ассортимента разработана система онлайн-опросов, включающая тематические вопросы для учителей, персонала школьных столовых, школьников, родителей. Предполагается базировать систему на единой общереспубликанской IT-платформе, функционирующей на основе технологии big data, которая позволяет принципиально на новом уровне получать информацию для эффективной организации питания как в отдельных учебных заведениях, так и на национальном уровне в системе образования. Данные формируются по каждой школе, городу, району области, республике в целом. Разработаны анкеты для школьников, родителей, учителей, персонала школьных пищеблоков, включающие 106 вариантов ответов на вопросы.

Заключение. Увеличением степени комплексности в деятельности по организации и управлению в системе школьного питания республики указывают на то, что система находится в динамическом состоянии. Основной целью существования или предназначением системы межотраслевых связей в процессе деятельности по формированию ассортимента является обеспечение межэлементной (межотраслевой) связи между отдельными отраслевыми функциями деятельности по формированию ассортимента — при любой трансформации функций в системе изменяться межотраслевые связи и наоборот. Необходимо решить проблему создания инструмента межотраслевого регулирования этой деятельности как динамической системы для обеспечения ее устойчивости.

Методы исследования межотраслевых связей в товароведно-технологической деятельности по формированию ассортимента продуктов для школьного питания не развиты, что обуславливает актуальность обращения к данной проблематике и их разработку.

Обосновано развитие принципов деятельности по формированию ассортимента продуктов для школьного питания в условиях межотраслевого взаимодействия и взаимного влияния профессиональных областей педагогики, нутрициологии, гостеприимства при реализации этой деятельности. На основании принципов выработаны конкретные предложения по совершенствованию системы организации школьного питания в Республике Беларусь и управления в этой сфере.

Список использованных источников

1. *Статкевич, Ю.* Головченко: питание в школах должно быть действительно вкусным, здоровым и учитывающим пожелания детей [Электронный ресурс] / Ю. Статкевич. // Беларусь сегодня — Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/golovchenko-pitanie-v-shkolakh-dolzno-byt-deystvitelno-vkusnym-zdorovym-i-uchityvayushchim-pozhelan.html>. — Дата доступа: 23.11.2022.
2. *Щедровицкий, Г. П.* Избранные труды / Г. П. Щедровицкий. — М. : Школа Культурной Политики, 1995. — 800 с.
3. *Масанский, С.Л.* Проблематика формирования рационов школьного питания в контексте государственного регулирования его организации / С.Л. Масанский // Наука, питание и здоровье : сборник научных трудов по материалам II международного конгресса (Минск, 3–4 ок-тября 2019 г.) / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. — Минск : УП «ИВЦ Минфина», 2019. — 604 с.
4. *Масанский, С.Л.* Актуальные проблемы развития индустрии школьного питания в Республике Беларусь / С.Л. Масанский // Весті НАН Беларусі. Серия аграрных наук. — 2007. — №2. — С. 103–108.
5. *Масанский, С.Л.* Проблематика разработки рационов питания учащихся /С.Л. Масанский, Ю.М. Пинчукова, И.А. Мазурова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.М. Соколов. — Минск: «Смэлток», — 2007. — Вып. 10 — С. 540–547.
6. *Масанский, С. Л.* Модель межотраслевых факторов качества услуги школьного питания и функций по его обеспечению / С.Л. Масанский // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2023. — №1(59). — С. 14–30.
7. *Новоселов, С. В.* Апробация многоаспектной когнитивной модели для формирования образа объекта в условиях инновационной деятельности сферы питания / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова, И.С. Маковская // Ползуновский вестник. 2012. — №2/2. — С. 74–79.
8. *Рыбакова, Г. Р.* Системный подход в управлении ассортиментом и качеством продукции : монография / Г.Р. Рыбакова, И.В. Кротова, Е.А. Демакова, И.В. Дойко; ред. Г.Р. Рыбакова. — Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017 . — 237 с.
9. *Меняйло, Л. Н.* Научные основы формирования ассортимента пищевых продуктов с заданными свойствами. Технологии получения и переработки растительного сырья : коллективная монография / Л. Н. Меняйло [и др.] ; Сиб. федер. ун-т, Торг.-эконом. ин-т. — Красноярск : СФУ, 2015. — 210 с.
10. *Пушмина, И. Н.* Теоретические и практические аспекты формирования качества продуктов переработки растительного сырья Сибирского региона : монография / И. Н. Пушмина ; Краснояр. гос. торг.-экон. ин-т. — Красноярск, 2010. — 248 с.
11. *Гуляков, Ю. В.* Начала коммерциологии: система внутренних механизмов. В 2 кн. Кн. 1. / Ю.В. Гуляков; Краснояр. гос. торг. — экон. ин — т. — Красноярск, 2011. — 328 с.
12. *Vargo, L.S.* Evolving to a new dominant logic for marketing / L.S. Vargo, F.R. Lusch // J. of Marketing. — 2004. — Vol. 68. — № 1. — pp. 1-17. — DOI: 10.1509/jmkg.68.1.1.24036
13. *Vargo, L.S.* Service-dominant logic: What it is, What it is not, What it might be. The service dominant logic of marketing: Dialog debate and directions / L.S. Vargo, F.R. Lusch // Journal of the Academy of Marketing Science. — 2006. — Vol. 6(3). — PP. 281-288.
14. *Гуревич, П.С.* Философия / П.С. Гуревич. — М.: Проект, 2003. — 352 с.
15. *Wolfson, A.* Sustainability as a Service. In: Sustainability through Service. Springer Briefs in Applied Sciences and Technology / A. Wolfson, S. Mark, P.M. Martin, D. Tavor // Springer,. — 2014. — Cham. 11 November. — pp. 73–85. — doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12964-8_6.
16. *Иванкина, Л. И.* Благополучие и проблема устойчивого развития общества / Л.И. Иванкина // Вестник науки Сибири. — 2015. — №2 (17). — С. 92–99.
17. *Vargo, L. S.* Service-dominant logic 2025 / L.S. Vargo, F.R. Lusch // International Journal of Research in Marketing. 2017. — Vol. 34(1)/ pp. 46-67 — doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.001>.

18. Колесников, А. А. Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза // А. А. Колесников. — М: URSS. — 2019. — 240 с.
19. Мокий, М. С. Методология научных исследований : учебник для вузов / М. С. Мокий, А. Л. Никифоров, В. С. Мокий ; под редакцией М. С. Мокия. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 229 с.
20. Богданов А. А. Тектология : (Всеобщая организационная наука) / А.А. Богданов. — В 2-х кн. : Кн. 1. — М. : Экономика, 1989. — 304 с.
21. Богданов А. А. Тектология : (Всеобщая организационная наука) / А.А. Богданов. — В 2-х кн. : Кн. 2. — М. : Экономика, 1989. — 351 с.
22. Чельшев, Ю. А. Основы учения о межотраслевых связях гражданского права / Ю.А. Чельшев. — Казань. — Изд. Казан. гос. ун-та, 2008. — 206 с.
23. Саймон, Г. Теория принятия решений в экономической теории и науке о поведении / Г. Саймон // Вехи экономической мысли. Теория потребительского поведения и спроса. Т. 1 / Под ред. В.М. Гальперина. СПб.: Экономическая школа. — 1999. — С. 253–283.
24. Канеман, Д. Думай медленно... решай быстро / Д. Канеман. — Москва: АСТ. — 2013. — 625 с.
25. Талер, Р. Новая поведенческая экономика: почему люди нарушают правила традиционной экономики и как на этом заработать / Р. Талер. — Москва: Издательство «Э». — 2017. — 368 с.
26. Lewin, K. Field Theory in Social Sciences : Selected Theoretical Papers / K. Lewin. — Westport, Conn. : Greenwood Press, 1951. — 346 p.
27. Hussain, S.T. Kurt Lewin's change model: A critical review of the role of leadership and employee involvement in organizational change / S. Hussain et al. // Journal of Innovation & Knowledge (JIK), Elsevier, Amsterdam. — 2018. — Vol. 3, Iss. 3. — pp. 123-127/ — doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jik.2016.07.002>
28. Сластенин, В. А. Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов; Под ред. В.А. Сластенина . — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 576 с.
29. Eustachio, C. P. Optimizing School Food Supply: Integrating Environmental, Health, Economic, and Cultural Dimensions of Diet Sustainability with Linear Programming / C. P. Eustachio, E. Patterson, L. Schdfer Elinder, A.K. Lindroos, U. Sonesson, N. Darmon, A. Parlesak // International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2019. — Volume 17, August. — doi:10.20944/preprints201903.0178.v4.
30. Noha, M. A. Snacking patterns throughout the life span: potential implications on health / M.A. Noha, R. Saqaan, R. Alharthi, A. Alamoudi, L. BadhIsraa, M. Shatwan // Nutrition Research. — 2021. — Volume 91. — pp. 81-94. — doi: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2021.05.001>.
31. Piernas, C. Snacking increased among US adults between 1977 and 2006 / C Piernas, B.M. Popkin // J Nutr. — 2010. — vol. 140. — pp. 325-332. — doi: 10.3945/jn.109.112763.
32. Armstrong, G. Marketing health-enhancing foods: implications from the dairy sector / G.Armstrong, H.Farley, J. Gray, M. Durkin // Mark Intell Plan. — 2005. — Vol.23. — PP. 705-719. — doi: 10.1108/02634500510630221.
33. Lucan, SC. Storing empty calories and chronic disease risk: snack-food products, nutritive content, and manufacturers in Philadelphia corner stores / SC. Lucan, A. Karpyn, S. Sherman // J Urban Health. — 2010. — Vol. 87. — pp. 394-409. — doi: 10.1007/s11524-010-9453-5.
34. Lowry, A. "The Integration of School Garden Programs into Educational Curriculum" / A. Lowry [Электронный ресурс] // Honors Program Projects. — 2011. — Volume 4.— Режим доступа: https://digitalcommons.olivet.edu/honr_proj/4. — Дата доступа: 25.11.2021.
35. Гордынец, С. А. Мясные продукты для питания детей / С.А. Гордынец [Электронный ресурс] // Наука и инновации. — 2020. — №9. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/myasnye-produkty-dlya-pitaniya-detey>. — Дата доступа: 15.05.2022.

Информация об авторах

Масанский Сергей Леонидович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры товароведения и организации торговли учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).
E-mail: masanskii_sl@mogilev.bgut.by

Information about authors

Masansky Sergey Leonidovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity Science and Trade Organization, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3 Schmidt Avenue, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).
E-mail: masanskii_sl@mogilev.bgut.by

УДК 612.392.5

Поступила в редакцию 20.04.2023
Received 20.04.2023**Е. В. Рощина, М. Ф. Бань***Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет
потребительской кооперации», г. Гомель, Республика Беларусь***К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНТОВ
О ЗДОРОВОМ И ПРАВИЛЬНОМ ПИТАНИИ**

Аннотация. В данной статье показана роль питания в сохранении здоровья человека, результаты анализа опроса питания студентов, необходимость повышения культуры питания студентов на уровне образовательных программ общего высшего образования.

Ключевые слова: здоровое и безопасное питание, культура питания, пищевые продукты.

E. V. Roshchyna, M. F. Ban*Educational Institution «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation»,
Gomel, Republic of Belarus***TO THE QUESTION OF INCREASING THE LITERACY
OF STUDENTS ABOUT HEALTHY
AND PROPER NUTRITION**

Abstract. This article shows the role of nutrition in maintaining human health, the results of the analysis of the student nutrition survey, the need to improve the nutrition culture of students at the level of educational programs of general higher education.

Key words: healthy and safe food, food culture, food products.

Введение. Создание условий для повышения уровня жизни населения Республики Беларусь является приоритетным направлением социально-экономической политики государства. Питание является весомым фактором, влияющим на здоровье населения, развитие заболеваний инфекционной и неинфекционной природы, увеличение продолжительности и продление безболезненного периода жизни, сохранения физического и психического здоровья [2].

Информированность населения о принципах здорового питания, безопасности недостаточно. Как показывают многочисленные исследования, проведенные во многих странах, имеется чрезмерное потребление калорий, насыщенных жиров, трансжиров, сахара и соли, недостаточное потребление овощей, фруктов и цельных злаков, увеличивается число людей, страдающих ожирением. Такая социальная группа, как студенческая молодежь, самостоятельно не уделяет достаточное внимание вопросам питания [2].

Обеспечение полноценного, рационального питания населения нашей страны является общенациональной проблемой и требует комплексных и постоянных усилий на государственном уровне.

Государственная политика Республики Беларусь в области здорового питания направлена на сохранение и укрепление здоровья населения, а также профилактику заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием. Усиление подготовки специалистов по формированию ответственного поведения и ценностного отношения молодых людей к собственному здоровью как условию личного благополучия и здоровья будущих поколений является одной из приоритетных задач стратегии развития государственной молодежной политики Республики Беларусь до 2030 года в части «Здоровье молодежи» [3].

Целью исследования явилось изучение фактического питания студентов УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» и установление перспективных направлений снижения негативных факторов.

Результаты исследований и их обсуждение. Практической составляющей наших исследований явилось анкетирование. Авторами статьи был проведен опрос на тему образа жизни и правильного питания с целью выявления мнения студентов, их осведомленности и предпочтений. Анализ питания студентов, обучающихся в УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» г. Гомеля проводился среди студентов 1-2 курса дневной формы получения общего высшего образования. В процессе исследования проведено анонимное анкетирование 107 студентов в возрасте 18-20 лет.

По данным проведенного исследования было установлено, что студенты не соблюдают режим питания (рис. 1). Более 40 % студентов питаются 1-2 раза в день, тогда как по принципам рационального питания рекомендуется 4-5 кратный режим питания (такой режим налажен только у 13 % опрошенных).

Последний прием пищи у 30 % студентов приходится до 19⁰⁰., но 20% предпочитают более поздний ужин — после 22⁰⁰.

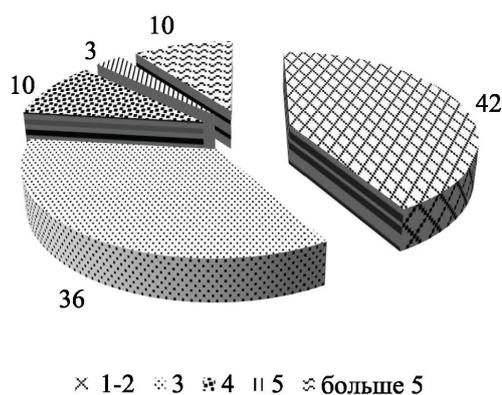


Рис. 1. Предпочтения студентов в выборе количества приемов пищи, %
Fig. 1. Students' preferences in choosing the number of meals, %

Около половины студентов пропускают завтрак, хотя на него должно приходиться 25 % суточной нормы калорийности пищи. При этом, из оставшихся 54% студентов, на завтрак 14 % студентов предпочитают употреблять сладости, 47% — бутерброды (рис. 2). Студентам стоит включать в утренний прием пищи творог, овсяную кашу или яйца.

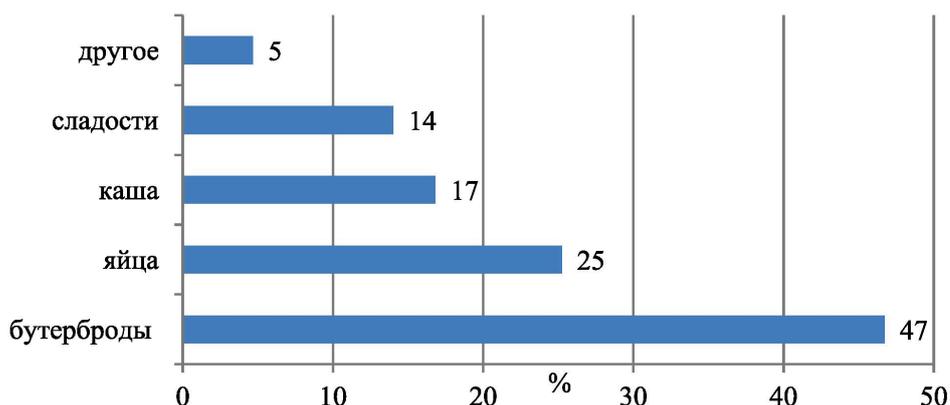


Рис. 2. Предпочтения студентов в выборе блюд и продуктов на завтрак, %
Fig. 2. Students' preferences in choosing dishes and products for breakfast, %

Как видно из рис. 3, около четверти опрошенных не употребляют совсем овощи и 21% студентов употребляют консервированные маринованные овощи. Здоровое питание должно состоять из продуктов и напитков, богатых питательными веществами, из всех групп продуктов питания, в рекомендуемых количествах и в пределах калорий. Большая часть еды должна приходиться на овощи и фрукты. Овощи и фрукты должны быть разнообразными, а их общее количество не менее 400 г/сут. [1]. Положительный момент, который следует отметить, в качестве замены свежих овощей 18 % студентов приобретают замороженные

смеси овощей. У половины опрошенных в рационе питания присутствует салат из свежих овощей (капуста, помидоры, огурцы).

В качестве основного источника белка студенты предпочитают употреблять колбасные изделия и продукты из мяса (ветчина, копчено-вареные изделия из мяса и т.д) — 42 % опрошенных (рис. 4). Потребление таких продуктов также увеличивает в рационе потребление поваренной соли. Мясные субпродукты знакомы только 3 % опрошенным. Тогда как, печень говядины, например, это богатейший источник витаминов группы В. Как положительный момент в употреблении мясных продуктов, стоит отметить, что более половины студентов может приготовить себе блюда из мяса птицы. Но при этом, 79 % студентов предпочтет в качестве кулинарной обработки жарку.

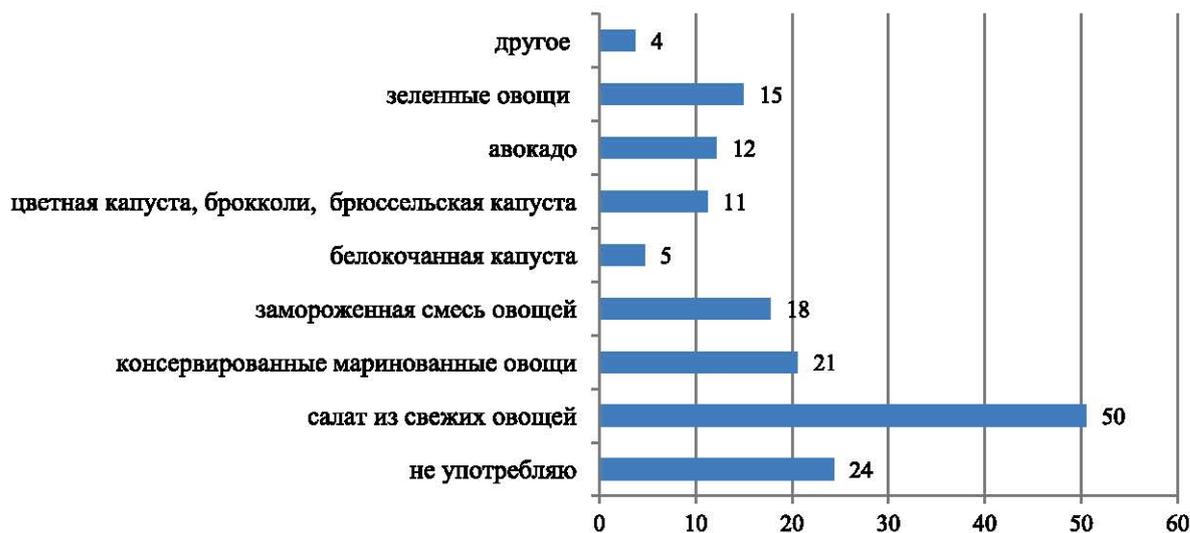


Рис. 3. Предпочтения студентов по употребляемым овощам, %
 Fig. 3. Students' preferences for consumed vegetables, %



Рис. 4. Предпочтения студентов по употребляемым мясным продуктам, %
 Fig. 4. Students' preferences for consumed meat products, %

Продукты из разряда фастфуд (бургеры, картофель фри, пицца, шаурма и т.д.) ежедневно употребляют 11% опрошенных, 1-2 раза в неделю — 35%. Главная опасность таких продуктов это высокое содержание трансжиров. По оценкам ВОЗ, трансжиры являются причиной полумиллиона случаев смерти ежегодно, несмотря на данные о том, что исключение промышленных трансжиров из состава пищевой продукции сразу же имеет долгосрочные положительные последствия для здоровья. Промышленно производимые трансжиры содержатся,

в частности, в маргарине, присутствуют в легких готовых закусках, выпечке и жареных изделиях. Такие продукты часто используются в качестве перекуса у студентов (рис. 5). Хлебобулочные изделия (сосиска в тесте, булочка) в качестве перекуса предпочитает 50% опрошенных, 40% выбирают также кондитерские изделия, чипсы и сухарики. Из молочных продуктов, в качестве перекуса распространен йогурт.



Рис. 5. Предпочтения студентов по употребляемым продуктам в виде перекуса, %
Fig. 5. Students' preferences for consumed products in the form of a snack, %

Одной из составляющих здорового образа жизни является физическая активность. Опрос показал, что 5% студентов вообще не занимаются спортом, 44% — время от времени вспоминают о физических упражнениях.

Заключение. Таким образом, как показали проведенные исследования, студенты не следят за правильностью питания и употребляют в пищу вредные продукты. Анализ питания студентов показал несбалансированное поступление основных пищевых веществ, дефицит в ежедневном рационе витаминов и микронутриентов, недостаток потребления полиненасыщенных жирных кислот, полноценных (животных) белков, пищевых волокон, избыточное потребление жиров и сахара, что в дальнейшем может привести к ожирению, росту заболеваний.

Все вышеизложенное подтверждает необходимость формирования у студенческой молодежи на уровне образовательных программ общего высшего образования приоритетов к здоровому и правильному питанию, культуре питания, что позволит обеспечить более ответственное поведение и ценностное отношение молодежи к собственному здоровью и здоровью будущих поколений.

Список использованных источников

1. Здоровое питание — Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. — Дата доступа: 19.08.2022.
2. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., №962 // Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700962>. — Дата доступа: 20.09.2022.
3. Стратегия развития государственной молодежной политики Республики Беларусь до 2030 года. Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 июня 2021 г. №349 (в ред. постановления Совмина от от 3 ноября 2022 г. №752 [Электронный ресурс] URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100349> — Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.
4. Рощина, Е. В. К вопросу о здоровом питании [Электронный ресурс] / Е. В. Рощина, М. Ф. Бань // Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития

товароведения: сборник научных статей международной научно-практической конференции, Гомель, 9–10 ноября 2021 г. : научное электронное текстовое издание / Белкоопсоюз, Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации ; под науч. ред. В. Е. Сыцко, Е. В. Рощиной ; редкол.: С. Н. Лебедева [и др.]. — Гомель: БТЭУ, 2021. — С. 127–130.

Информация об авторах

Рощина Елена Васильевна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой товароведения учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» (Проспект Октября, 50, 246029, г. Гомель, Республика Беларусь).

E-mail: oomoni2020@gmail.com

Бань Марина Федоровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» (Проспект Октября, 50, 246029, г. Гомель, Республика Беларусь).

E-mail: maryban@rambler.ru

Information about authors

Roshchyna Alena Vasilevna, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Commodity Science, Educational Institution «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation» (50. Prospect October, Homel 246029, Republic of Belarus).

E-mail: oomoni2020@gmail.com

Ban Marina Fedorovna, PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science Educational Institution «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperation» (50. Prospect October, Homel 246029, Republic of Belarus).

E-mail: maryban@rambler.ru

УДК 664.8:633.11:633.12

Поступила в редакцию 19.04.2023
Received 19.04.2023А. В. Акулич¹, М. Л. Зенькова^{1,2}¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь²Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет» г. Минск, Республика Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КОНСЕРВИРОВАННЫХ ДЕСЕРТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Аннотация. В статье приведены результаты разработки новых видов консервированных десертов с использованием пророщенного зерна пшеницы и гречихи как источника растительного белка, углеводов и пищевых волокон. Исследованы оптимальные соотношения пророщенного зерна, фруктовых и других компонентов. Установлено соотношение рецептурных компонентов консервированных десертов, при которых конечные продукты имеют высокие органолептические характеристики. Объектами исследований являлись модельные образцы десертов с облепихой или черной смородиной и пророщенным зерном. Исследования сырья стали основой для проектирования рецептур и разработки технологии получения новых видов консервированных продуктов, в которых компоненты взаимно дополняют друг друга ценными пищевыми веществами. По массовой концентрации таких функциональных ингредиентов как витамины В₂, В₆, Е, β-каротин и пищевые волокна, десерты могут относиться к функциональным продуктам.

Ключевые слова: десерт, консервированные продукты, продукты длительного хранения, пророщенное зерно, облепиха, черная смородина.

A. V. Akulich¹, M. L. Zenkova^{1,2}¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies Mogilev, Republic of Belarus²Belarus State Economic University Minsk, Republic of Belarus

INCREASING THE NUTRITIONAL VALUE OF CANNED DESSERTS USING SPROUTED GRAIN

Annotation. The article presents the results of the development of new types of canned desserts using sprouted wheat and buckwheat grains as a source of vegetable protein, carbohydrates and dietary fiber. Optimum ratios of germinated grains, fruit and other components have been investigated, in connection with this the ratios of recipe components of canned desserts have been established, at which end products will have high organoleptic characteristics. The objects of the research were model samples of desserts with sea buckthorn or blackcurrant and sprouted grain. Research on raw materials became the basis for designing formulations and developing technology for obtaining new types of canned products, in which components mutually complement each other by valuable nutrients. By mass concentration of functional ingredients such as vitamins B₂, B₆, E, β-carotene and dietary fiber, desserts can refer to functional products.

Key words: dessert, canned foods, long-term storage foods, sprouted grain, sea buckthorn, blackcurrant.

Введение. В последнее время наблюдается прогресс знаний в области физиологии, биохимии питания и процессов усвоения пищи. Один из основных стимулов в развитии теоретических проблем питания заключается в практических потребностях первостепенной важности. К таким потребностям относится поступление в организм человека белков, жиров и углеводов. Применяя QFD методологию при планировании новых консервированных

десертов с использованием пророщенного зерна обоснованы оптимальные рецептуры и контролируемые показатели качества, отвечающие пожеланиям потребителей [1].

Известно, что фрукты и овощи являются важными источниками легкоусвояемых углеводов, органических кислот, витаминов, минеральных веществ, определяющих эффективность их применения для предупреждения заболеваний сердечно-сосудистой системы, болезней крови, пищеварительных органов, нервной системы, нарушений обмена веществ и других заболеваний [2]. Из-за длительного зимнего периода в Беларуси обеспечить сбалансированное питание всех возрастных групп без использования консервированных продуктов затруднительно. Консервированные продукты или продукты длительного хранения на основе фруктов и овощей позволяют обеспечить равномерное питание населения фруктами и овощами с максимально сохраненными пищевыми и биологически активными свойствами в течение года. Переработка фруктов и овощей связана с применением разных технологических приемов, обеспечивающих требования к качеству конечного продукта и ее промышленной стерильности, а также максимальное сохранение первоначальных свойств исходного сырья [3]. Важнейшей характеристикой любого пищевого продукта, которая определяет его приемлемость для потребителей, является флейвор — комплексное сочетание обонятельных, вкусовых и тригеминальных ощущений, воспринимаемых во время дегустации [4]. На флейвор могут оказывать влияние тактильные, тепловые ощущения, внешний вид и, в частности, цвет продукта.

Целью работы является повышение пищевой ценности консервированных десертов за счет использования пророщенного зерна и придание им функциональной направленности.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являлись модельные образцы консервированных десертов с пророщенным зерном.

Исследование химического состава проводили в соответствии с действующими в Республике Беларусь нормативными правовыми актами по стандартным методикам для продуктов переработки фруктов и овощей. Массовую долю азотистых веществ определяли на анализаторе белка Kjeltec 2200. Содержание белка рассчитано путем умножения величины содержания азотистых веществ на соответствующий коэффициент. Содержание жира определяли на анализаторе жира Soxterm методом Сокслета. Содержание крахмала определяли по ГОСТ 10845-98 поляриметрическим методом. Полифенольные вещества определяли как сумму дубильных и красящих веществ. Метод основан на способности дубильных и красящих веществ окисляться в кислой среде марганцевокислым калием. Содержание сырой клетчатки определяли на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12. Минеральные вещества определяли по МУК 4.1.1482-2003 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой». Витамин В₁ (тиамин) определяли по ГОСТ EN14122-2013, витамин В₂ (рибофлавин) по ГОСТ EN14152-2013, витамин В₃ (пантотеновая кислота) по МВИ.МН 3008-2008 «Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД», витамин В₆ (пиридоксин) по ГОСТ EN14164-2013, витамин С (аскорбиновая кислота) по ГОСТ 24556-89, витамин Е (токоферолы) по ГОСТ EN12822-2014. Составление органолептического профиля флейвора проводили по ГОСТ ISO 13299-2015.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Производство десертов на основе фруктов и овощей с использованием пророщенного зерна пшеницы или гречихи, обладающих функциональной направленностью является перспективным направлением в производстве консервированных продуктов. Привлечение в консервную промышленность зернового сырья позволяет значительно расширить сырьевую базу и снизить себестоимость готовой продукции за счет разработки многокомпонентной продукции. Фруктовый десерт — это консервы, изготовленные из свежих, охлажденных или быстрозамороженных, целых, и/или нарезанных, и/или протертых фруктов одного или нескольких видов или смеси фруктов и овощей, с добавлением или без добавления сахара или сахаров и/или натуральных подсластителей, зерновых продуктов или других пищевых ингредиентов, загустителей, пищевых органических кислот [5]. Характеристика десертов позволяет использовать широкий перечень ингредиентов, в том числе фрукты, овощи, молоко, сливки, йогурт, зерно, крупу, солод, солодовый экстракт и т.п. В качестве основы в рецептурах десертов нами использовалось фруктовое и овощное пюре с внесением дополнительных ингредиентов в виде пророщенного зерна. Концепция разрабатываемых десертов построена на включении в рецептуру фруктового

и овощного пюре, пророщенного зерна пшеницы или гречихи, или смеси из пророщенного зерна с минимальным внесением сахара, без внесения подсластителей, консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей. За счет внесения пророщенного зерна повысилась пищевая ценность готовых продуктов, а также улучшались их органолептические свойства. На рис. 1 представлены технологические аспекты производства консервированных десертов с пророщенным зерном.



Рис. 1. Технологические аспекты производства консервированных десертов с пророщенным зерном

Fig. 1. Technological aspects of the production of canned desserts with germinated grain

Научные исследования работы направлены на разработку новой и усовершенствования традиционной технологии консервирования фруктов и овощей, основаны на использовании комбинированных способов воздействия на исходное сырье с целью создания продуктов функциональной направленности и с высокими потребительскими свойствами.

Пророщенное зерно является основой для производства многих видов продуктов питания и используется, в том числе, для лечебного (диетического) и лечебно-профилактического питания. Для обогащения фруктовых десертов углеводами, аминокислотами, витамином В₁ и минеральными веществами использовали пророщенное зерно пшеницы и гречихи [6, 7]. Среди растительного сырья особое место занимают ягоды облепихи и черной смородины. У этих ягод высокое содержание органических кислот, поэтому употребление их в свежем виде неприемлемо для потребителей. Однако в них содержатся биологически активные вещества, полезные для организма человека и которые относятся к функциональным ингредиентам (табл. 1).

Ягоды облепихи и черной смородины отличаются по содержанию различных компонентов. Ягоды облепихи характеризуются низким содержанием сахаров (4,8 %), в отличие от ягод черной смородины (10,26 %). Сахарокислотный индекс, формирующий вкус ягод, составляет для ягод облепихи 2,8, для ягод черной смородины 5,0. Однако облепиха является одним из немногих растений, у которого в семенах и мякоти ягод накапливаются липиды (4,1 %). Низкое содержание азотистых веществ в ягодах облепихи и ягодах черной смородины (0,29 % до 0,43 % соответственно) свидетельствует о том, что ягоды не играют значительной роли в обеспечении организма человека белком в отличие от пророщенного зерна [6]. Облепиха

является ценным источником каротиноидов, в том числе β -каротина, содержание которого является одним из основных показателей качества ягод. Для исследуемых ягод облепихи содержание витамина С удовлетворяет суточную потребность примерно на 50 %, а содержание витамина С в 100 г ягод черной смородины удовлетворяет суточную потребность человека примерно на 230 %. Полученные данные также характеризуют ягоды черной смородины как источник полифенольных веществ. Содержание антоциановых пигментов составляет 218,4 мг/100 г. Данные химического состава ягод облепихи и черной смородины стали основой для проектирования рецептур новых консервированных десертов, содержащих пророщенное зерно пшеницы или гречихи. Также в качестве рецептурных ингредиентов консервированных десертов использовали пюре из яблок и пюре из тыквы, что позволяло оптимизировать такие органолептические показатели как внешний вид, вкус, аромат, консистенция и цвет. Тыква является высокоурожайной культурой и имеет сравнительно простую технологию выращивания и переработки. В плодах тыквы содержится целый комплекс полезных веществ, в частности каротиноиды, пищевые волокна, сахара, минеральные вещества и тем не менее ассортимент консервированных продуктов из тыквы небольшой [8]. Однако, из-за высокого содержания влаги (более 80 %) фрукты и овощи имеют меньшую энергетическую ценность, чем зерновые культуры, в том числе пророщенное зерно. Крахмал и белок в яблоках, ягодах облепихи, черной смородины и плодах тыквы присутствуют в малых количествах [2]. А параметры проращивания зерна пшеницы и гречихи позволяют сохранить, содержащиеся в зерне крахмал и белок. Математический анализ полученных технологических решений показал, что приоритет реализации принадлежит следующим потребительским свойствам: «Целые пророщенные зерна», «Натуральный яркий цвет», «Минимальное содержание сахара». Методология разработки фруктового десерта помимо технологических аспектов включает также построение панели дескрипторов с помощью дегустации, на которой были представлены модельные образцы десертов, имеющие разное соотношение рецептурных ингредиентов. За счет использования пророщенного зерна удалось минимизировать внесение сахара в продукт, количество которого составляет не более 5,2 %. Полученные десерты имели не только высокие органолептические показатели, но и содержали биологически активные вещества (витамин Е, витамины группы В, β -каротин, минеральные вещества — калий, магний, марганец, цинк), растительный белок, крахмал, пищевые волокна, необходимые организму человека и принимающие участие в метаболизме питательных веществ, оказывающие антиоксидантное действие, влияющие на моторно-эвакуаторные функции кишечника и снижающие риск развития кариеса (табл. 2 и 3) [9].

Таблица 1. Химический состав ягод облепихи и ягод черной смородины
Table 1. Chemical composition of sea buckthorn berries and blackcurrant berries

Наименование показателей	Ягоды облепихи	Ягоды черной смородины
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	8,80±0,44	14,00±0,70
Массовая доля общих сахаров, %	4,80±0,24	10,26±0,51
Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на яблочную), %	1,71±0,09	2,04±0,11
Содержание азотистых веществ (общий азот), %	0,29±0,02	0,43±0,02
Содержание липидов, %	4,10±0,21	0,09±0,01
Массовая доля пектина, %	0,50±0,05	1,28±0,13
Сумма дубильных и красящих веществ, мг на 100 г	не опред.	254,00±38,10
Содержание антоцианов, мг на 100 г	не опред.	218,40±32,80
Содержание витамина С, мг на 100 г	44,70±4,47	209,00±20,9
Содержание β -каротина, мг на 100 г	5,80±0,58	не опред.

Исследовано влияние добавления пророщенного зерна на содержание крахмала в консервированном десерте с черной смородиной и пророщенной гречихой (рис. 2) и установлена линейная зависимость, позволяющая прогнозировать содержание крахмала в готовом продукте.

Также исследовано влияние рецептурных ингредиентов на содержание белка и органических кислот в модельных образцах десертов с облепихой и пророщенной гречихой (рис. 3). Установлено, что количество пророщенного зерна влияет на содержание белка и участвует в формировании вкуса за счет снижения органических кислот.

Таблица 2. Показатели качества и химического состава десертов с пророщенным зерном
Table 2. Indicators of quality and chemical composition of desserts with sprouted grains

Наименование показателей	Десерт с облепихой и пророщенной пшеницей	Десерт с черной смородиной и пророщенной гречихой
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	11,20±0,20	11,6±0,20
Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на яблочную), %	0,69±0,03	0,46±0,02
Массовая доля жира, %	0,92±0,05	не обн.
Массовая доля белка, %	3,30±0,017	2,10±0,011
Массовая доля крахмала, %	5,10±0,26	7,21±0,36
Массовая доля пектиновых веществ, %	0,36±0,02	0,51±0,03
Массовая доля клетчатки, %	3,32±0,17	1,81±0,09
Содержание витаминов, мг/100 г: С (аскорбиновая кислота)	не обн.	15,4±0,77
В ₁ (тиамин)	не обн.	не обн.
В ₂ (рибофлавин)	0,031±0,005	0,0294±0,005
В ₃ (пантотеновая кислота)	3,44±5,30	1,74±5,3
В ₆ (пиридоксин)	0,191±0,020	0,268±0,020
Е (токоферолы)	1,11±0,025	0,88±0,025
Содержание β-каротина, мг/100 г	5,22±0,26	0,30±0,02
Сумма дубильных и красящих веществ, мг/100 г	не исслед.	42,80±2,14

Таблица 3. Содержание минеральных вещества в десертах с пророщенным зерном, мг на 100 г
Table 3. The content of mineral substances in desserts with sprouted grains, mg per 100 g

Наименование показателя	Десерт фруктовый с облепихой и пророщенной пшеницей	Десерт фруктовый с черной смородиной и пророщенной гречихой	Суточная потребность (18-59 лет)*
Зольность, %	0,65±0,03	0,42±0,02	
Кальций	17,00±1,02	24,00±1,44	1000
Фосфор	45,00±2,70	50,00±3,00	800
Магний	21,00±1,26	25,00±1,50	400
Калий	170,00±10,20	180±10,80	2500
Натрий	4,80±0,29	2,20±0,13	-
Железо	0,60±0,036	0,63±0,038	10 мужчины 18 женщины
Цинк	0,46±0,028	0,29±0,017	12
Медь	0,087±0,005	0,086±0,005	1
Марганец	0,38±0,023	0,21±0,013	2
Селен	<0,1	<0,1	

*Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь. Санитарные нормы и правила: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 20 ноября 2012 г., № 180

Таким образом, консервированные десерты с пророщенным зерном являются источником растительного белка (2,1–3,3 %), углеводов (крахмал 5,10–7,21 %), функциональных ингредиентов (витамин Е (0,88–1,11 мг/100 г), витамины группы В (В₂ (0,0294–0,031 мг/100 г), В₆ (0,191–0,268 мг/100 г), β-каротин (0,30–5,22 мг/100 г, пищевые волокна (2,32–3,68 %)) и минеральных веществ — калия (170,0–180,0 мг/100 г), магния (21,0–25,0 мг/100 г), марганца (0,21–0,38 мг/100 г), цинка (0,29–0,46 мг/100 г).

Переработка фруктов и овощей связана с разрушением растительных тканей и приводит к смешиванию и взаимодействию ферментов и субстратов, которые в неповрежденном состоянии фруктов и овощей не контактируют друг с другом, что приводит к образованию летучих соединений, участвующих в формировании характерного вкуса и аромата продукта [2]. Нами разработаны характеристики «вкусоности» консервированных десертов и представ-

лены в виде профиля флейвора. Органолептический профиль флейвора представляет собой описание органолептических свойств образцов, включающие органолептические характеристики в порядке их восприятия с указанием значения интенсивности для каждой характеристики [4]. Консервированные десерты продегустированы 15 экспертами (n=15) и средние значения показаны в виде расстояния от центра (рис. 4). Десерт с облепихой и пророщенной пшеницей имел сладко-кислый вкус, также ощущался маслянистый и преобладал фруктово-ягодный вкус и аромат, ощущалось солодовое и фруктовое послевкусие. Десерт с черной смородиной и пророщенной гречихой был более сладким и также имел фруктовое послевкусие.

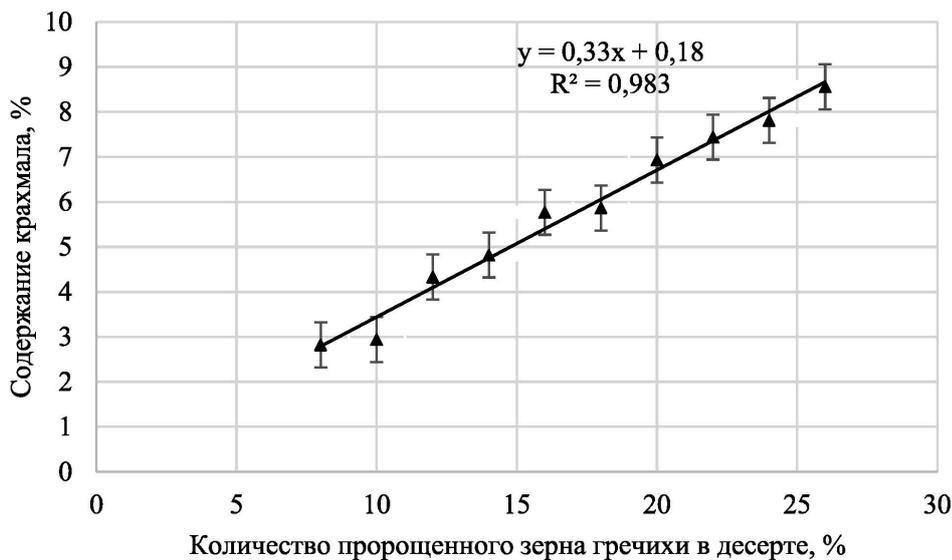


Рис. 2. Влияние пророщенного зерна на содержание крахмала в десерте с черной смородиной и пророщенной гречихой

Fig. 2. The effect of sprouted grains on the starch content in a dessert with blackcurrant and sprouted buckwheat

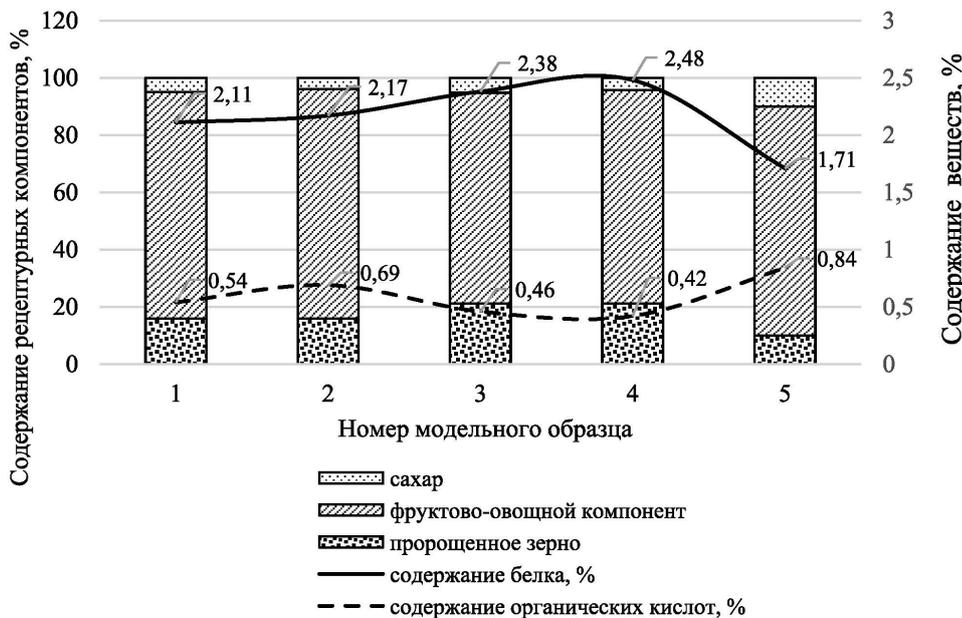


Рис. 3. Влияние рецептурных ингредиентов на содержание белка и органических кислот в модельных образцах десертов с облепихой и пророщенной гречихой

Fig. 3. Influence of prescription ingredients on the content of protein and organic acids in model samples of desserts with sea buckthorn and sprouted buckwheat

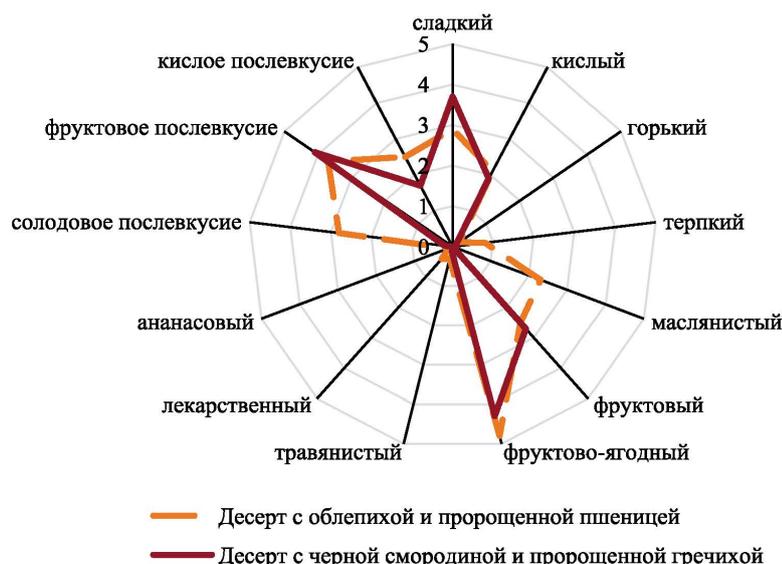


Рис. 4. Органолептический профиль флейвора консервированных десертов с пророщенным зерном
 Fig. 4. Organoleptic flavor profile of canned desserts with germinated grain

На консервированные десерты с пророщенным зерном разработаны и утверждены в установленном порядке нормативно-технологические документы.

Заключение. На основании аналитического обзора способов производства десертов определены технологические аспекты для разработки новых видов консервированных десертов с использованием пророщенного зерна пшеницы и гречихи. При проращивании зерна происходит трансформация высокомолекулярных веществ в легкодоступные формы, а комбинирование фруктов и овощей с пророщенным зерном позволяет получить продукт с хорошими органолептическими характеристиками и с функциональной направленностью.

Разработаны рецептурные композиции новых видов консервированных десертов с пророщенным зерном, внедрение которых позволяет ввести в рацион продукты питания, содержащие углеводы, растительный белок, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, β -каротин и полифенольные вещества. В результате исследований установлено, что с точки зрения максимальной степени сохранения пищевой ценности, консервированные десерты должны подвергаться щадящим способам термической обработки. Десерты с пророщенным зерном позволяют расширить ассортимент консервированных продуктов, которые могут быть использованы в питании различных возрастных категорий.

Список использованных источников

1. Зенькова, М. Л. Матричное планирование пищевых продуктов с применением QFD-методологии // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19-20 мая 2022 г. / Белорусский государственный экономический ун-т; редкол.: А. В. Егоров (отв. ред.) [и др.]. — Минск: БГЭУ, 2022. — С. 262-263.
2. Синха, Н. К. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции / Н.К. Синха, И.Г. Хью (ред.). — Пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2013. — 896 с.
3. Шелегова, Н. А. Обеспечение прав потребителей и товароведческая экспертиза в административном процессе / Н. А. Шелегова // Вестник Могилевского института МВД Республики Беларусь. — №2. — 2022. — С.4-11.
4. ГОСТ ISO 5492-2014 Органолептический анализ. Словарь. М.: Стандартинформ, 2015. — 62 с.
5. ГОСТ 28322-2014 Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. — 11 с.
6. Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси / М.Л. Зенькова, А.В. Акулич, Л.А. Мельникова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2020. — №3. — С. 58-66. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.339>

7. *Zenkova, M.* Bioactivated buckwheat in terms of its nutritional value / *M. Zenkova* // *Food Science and Technology*. — 2021. — Vol 15, iss. 2. — P. 4-10. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i2.2030>
8. *Тимофеева, В.Н.* Использование перспективного сырья для производства продуктов профилактического назначения / *В.Н. Тимофеева, М.Л. Зенькова* // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 2006. — №9. — С. 66-68.
9. ГОСТ Р 54059-2010 Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. М.: Стандартинформ, 2011. — 8 с.

Информация об авторах**Information about authors**

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, докторант учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», 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

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

E-mail: akulichav57@mail.ru
Zenkova Maria Leonidovna, PhD (Engineering), Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor, Doctoral student of the Belarusian State University of Food and Chemistry Technologies, 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

УДК 613.262:635.21

Поступила в редакцию 20.04.2023
Received 20.04.2023**Г. И. Пискун**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район, Республика Беларусь.*

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ И РОЛЬ КАРТОФЕЛЯ В ЗДОРОВОМ ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. Приведены данные о пищевой ценности картофеля. Обосновываются достоинства картофеля с цветной мякотью клубней и его роль в здоровом (диетическом) питании человека. Даны рекомендации по эффективному использованию клубней с пигментированной мякотью и характеристика, созданных в Центре сортов данного направления.

Ключевые слова: картофель, питательная ценность, пигментированная мякоть, антиоксиданты, сорт, макроэлементы, микроэлементы.

G. I. Piskun

*RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato and
Fruit and Vegetable Growing»,
Minsk region, Samokhvalovichy ag., Republic of Belarus.*

NUTRITIONAL VALUE AND ROLE OF POTATOES IN A HEALTHY HUMAN DIET

Abstract. The data on the nutritional value of potatoes are given. The advantages of potatoes with colored pulp of tubers and its role in healthy (dietary) human nutrition are substantiated. Recommendations on the effective use of tubers with pigmented pulp and characteristics of the varieties created in the Center of this direction are given.

Keywords: potato, nutritional value, pigmented pulp, antioxidants, variety, macronutrients, trace elements.

Картофель, благодаря высокой питательной ценности, основной продукт для населения нашей республики. Пищевые достоинства его определяются сбалансированным соотношением наиболее важных питательных веществ (витамины, крахмал, белок, антиоксиданты и другие макро- и микроэлементы).

Из микроэлементов преобладает витамин С, его в клубнях в зависимости от сортовых особенностей и других факторов содержится 5-50 мг%, что не уступает таким культурам как томаты, морковь, огурцы, столовая свекла. Важно, что при варке данного вещества теряется всего 10-20%. При ежедневном потреблении 300 г картофеля можно удовлетворить суточную потребность человека в витамине (%): С на 70, В₆ — 36, В₁ — 20, пантотеновой кислоте — 16. Клубни картофеля накапливают в разных количествах и другие витамины (в мг% на сырое вещество): А (каротин) — 0,280-0,060; В₂ (рибофлавин) — 0,075-0,2004; РР (никотиновая кислота) — 0,0008-0,001; Н (биотин) — 1,7-1,9; Р (цитрин) — 25-40. Эти вещества, необходимые живым организмам в небольших количествах, являются важными активаторами жизненных процессов.

В клубнях картофеля содержатся также ценные для человека минералы: железо, фосфор, йод, натрий, магний, кальций, цинк, марганец, медь, никель, кобальт, бор, и, что особенно важно, большое количество калия — от 450 до 600 мг на 100 г сырых клубней. Калий способствует укреплению сердечно — сосудистой системы, поддержанию водного баланса организма, укрепляет артерии и тем самым позволяет им противостоять угрозе атеросклеротического поражения. При повседневном использовании в пищу 300 г картофеля удовлетворяется до 60% суточной потребности в калии, до 15% в фосфоре, до 60% в железе и меди, до 30% марганце [1].

Подавляющую часть в макроэлементах составляют углеводы с преобладанием крахмала. В последнее время изменилось представление о полезности этого вещества. Являясь главной составной частью сухого вещества картофеля и основным углеводом, содержание которого в столовых сортах, в зависимости от группы спелости, колеблется от 12 до 17% он имеет очень полезные для питания человека свойства. Сырой крахмал человеком почти не усваивается, но после варки его переваримость составляет около 90%. При этом следует учитывать, что крахмал в желудочно-кишечном тракте людей постепенно расщепляется ферментами до глюкозы и только последняя включается в метаболический цикл организма. Однако крахмал картофеля не только важный источник энергии, так как он в желудочно — кишечном тракте людей переваривается не полностью и часть его поступает в толстый отдел кишечника. Согласно новым медицинским данным, этот крахмал очень ценный субстрат для микробиоты толстого отдела кишечника человека, поскольку является важным профилактическим средством против болезней толстой кишки, в т. ч. онкологических. Содержание его в вареном картофеле составляет 1-3%. В процессе его расщепления микрофлорой кишечника образуются органические кислоты, которые подавляют рост канцерогенных клеток в толстой кишке. Последнее очень важно для профилактики рака этого отдела кишечника. При этом следует подчеркнуть, что для людей склонных к ожирению и заболеванию диабетом необходимо использовать картофель с низким содержанием крахмала, не выше 10% [1].

Картофель, благодаря содержанию физиологически ценных веществ, играет важную роль в профилактике других заболеваний, является диетической пищей. Доказано, что у людей, в рационе которых этот продукт один из основных, артериальное давление имеет тенденцию к понижению. У картофеля преобладают щелочные элементы, поэтому он способен нормализовать кислотно-щелочное равновесие в организме, а его сок — ценное средство для лечения гастритов с повышенной кислотностью, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.

Ценным продуктом питания человека является белок картофеля, содержание которого в клубнях составляет в среднем около 2%. По своему составу он напоминает белок женского молока и обладает наибольшей биологической ценностью из всех растительных белков, так как содержит все 8 незаменимых для человека и животных аминокислот (т.е. тех, которые наш организм синтезировать не может), а их соотношение примерно такое, как и в протеине животного происхождения. Переваримость картофельного белка в желудочно-кишечном тракте человека выше 90%. Биологическая полноценность для питания определяется наличием в первую очередь трех аминокислот: лизина, триптофана и метионина. Особенно отличается он относительно высоким содержанием лизина и серосодержащими аминокислотами. Лизин участвует в образовании крови, костей и мышц, роль триптофана состоит в образовании тканей и никотиновой кислоты, метионин участвует в синтезе витаминов, является поставщиком серы организму, предотвращает ожирение печени. При ежедневном потреблении 150 г картофеля, в зависимости от сорта, можно удовлетворить на 25-40% дневную потребность человека в лизине, лейцине, изолейцине и триптофане. Диетическое значение картофельного белка заключается в способности повышать усвояемость животных и препятствовать активности ферментных желудочных белков. С этой точки картофель ценен как гарнир к мясным блюдам. Использование в пищу 300 г данного продукта может удовлетворить потребности человека в углеводах и белке соответственно на 11,1 и 4,5% [2].

Учитывая важность в настоящее время здорового питания в повышении качества жизни людей, картофель рассматривается как одна из основных культур с высоким потенциалом антиоксидантов, в первую очередь антоцианов и каротиноидов, которые укрепляют иммунную систему. У картофеля эти флавоноиды ответственны за синий, фиолетовый, красный, оранжевый, интенсивно желтый цвет кожуры и мякоти клубней и представляют огромную ценность, как источники антиоксидантов, благодаря их способности высвобождать свободные кислородные радикалы в человеческом организме. Сейчас уже хорошо известно, что диеты, богатые антиоксидантами, способствуют снижению риска атеросклерозов, некоторых онкологических заболеваний, катаракты и др. Установлено, что антиоксидантная активность образцов картофеля с цветной мякотью в 6-7 раз выше, чем с белой и желтой. Приводятся данные, что в образцах с цветной мякотью накапливается 48,6-63,4 мг% витамина С, что в два раза выше по сравнению с обычными и который обладает высокой антиоксидантной способностью. По количеству антиоксидантов «цветной» картофель стоит в одном ряду с такими овощами как брокколи, брюссельская капуста, морковь, шпинат, зеленые культуры, болгарский перец, свекла столовая [3].

Однако, учитывая, что по потреблению на душу населения (около 159 кг в год) эта культура в Беларуси среди овощей уверенно занимает первое место, то и количество антиоксидантов, поступающих в организм при употреблении картофеля с цветной мякотью значительно выше. Сохранность этих веществ после термической обработки около 66,0%, с колебаниями в зависимости от сорта 54–93% [4]. Кроме антиоксидантных свойств, клубни картофеля с красной и фиолетовой мякотью оцениваются как потенциальные источники для естественного красителя, который можно использовать взамен не всегда безопасных синтетических при производстве различных соков.

Следует отметить, что уже теперь «цветные клубни» широко используются для изготовления различных продуктов: чипсов, картофеля фри, салатов, которые пользуются большим спросом (рис. 1–3).



Рис. 1. Чипсы из цветного картофеля
Fig. 1. Colored potato chips



Рис. 2. Сухое картофельное пюре
Fig. 2. Dry mashed potatoes



Рис. 3. Фри из цветного картофеля
Fig. 3. Colored potato fries

Большой интерес к цветному картофелю предопределил необходимость создания сортов данного направления. Такой картофель может быть одним из основных ингредиентов при изготовлении продуктов для детского питания. Около 30 их выведено в странах дальнего зарубежья [5, 6].

Имеются такие образцы в России, Украине, Казахстане. В Центре по картофелеводству и плодоовощеводству созданы и переданы на Государственное испытание сорта Сапфир и Лекар.

Сапфир — среднепоздний, столовый (рис. 4). Урожайность: до 64,0 т/га, содержание крахмала 13,6 — 14,5 %, антиоксидантов 987–2453 ед, витамина С 18,4–28,7 %. Вкусовые качества клубней хорошие, кулинарный тип В; пригоден для производства хрустящего и гарнирного картофеля. Устойчив: к раку картофеля 1D1, высокая устойчивость к вирусам X, Y, L, A, альтернариозу. Относительно высокая устойчивость: к фитофторозу по листьям, черной

ножке и ризоктониозу по клубням, парше обыкновенной и серебристой, сухой фузариозной гнили. Клубни округлые до округло — овальных, кожура и мякоть фиолетовые, глазки средние, лежкоспособность хорошая, устойчивы к механическим повреждениям. Физиологический период покоя их средний.



Рис. 4. Клубни сорта Сапфир
Fig. 4. Tubers varieties Sapphire

Лекар — среднеспелый, столового назначения (рис. 5). Урожайность до 65,0 т/га, содержание крахмала до 18,9%. В клубнях данного сортообразца накапливается большое количество до: 1,25% белка, 27,6 мг% витамина С, 2489 единиц антиоксидантов и малое количество редуцирующих сахаров — до 0,21 % и нитратов до 97,0 мг/кг.



Рис. 5. Клубни сорта Лекар
Fig. 5. Tubers varieties Lekar

Пригоден для производства хрустящего, гарнирного картофеля, сухого картофельного пюре на протяжении 5-ти месяцев хранения; картофеля фри в зависимости от зоны выращивания.

Устойчив к раку картофеля D1 и картофельной нематоды Ro1; очень высокая устойчивость к вирусам Y, L, A; высокая к ризоктониозу по клубням, сухой фузариозной гнили; относительно высокая к черной ножке по клубням, альтернариозу, раневой водянистой гнили, вирусу X.

Клубни округло—овальные, кожура фиолетовая, мякоть фиолетовая средней интенсивности, глазки поверхностные. Вкусовые качества и лежкоспособность хорошие. Период покоя средний. Устойчив к механическим повреждениям, относительно устойчив к почвенной засухе.

Заканчивается испытание перспективного сортообразца 10080-20 с красной мякотью и высоким содержанием антиоксидантов до 2798 единиц, который планируется передать на государственное испытание (рис. 6).

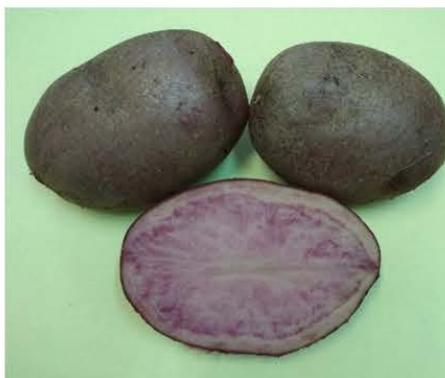


Рис. 6. Клубни гибрида 10080-20
Fig. 6. Tubers of a hybrid 10080-20

Таким образом, использование картофеля на продовольственные цели, особенно с пигментированной мякотью клубней, будет способствовать сохранению здоровья людей.

Список использованных источников

1. *Симаков, Е. А.* Современный взгляд на питательную ценность картофеля и новые возможности селекции столовых сортов. // Мат. конф. «Современ. сост. и перспект. разв. картофелеводства» Чебоксары, 2012. — С. 16-21.
2. *Анисимов, Б. В.* Картофель, как продукт питания и его роль в здоровой диете современного человека / Б. В. Анисимов, Е. А. Симаков // Селекция и семеноводство картофеля: монография. — Чебоксары, 2020. — С. 6–14.
3. *Пискун, Г. И.* Оценка гибридных комбинаций по наследованию потомством высокого содержания антиоксидантов / Пискун, Г. И. Козлова, Л. Н. // Картофельводство. Сборник научных трудов. — 2016. — Т.24. — С. 25–32.
4. *Мелешина, О. А.* Селекция на повышение содержания антиоксидантов в клубнях картофеля / О. А. Мелешина, А. А. Мелешин // Селекция и семеноводство картофеля: монография. — Чебоксары, 2020. — С. 42–46.
5. *Киру, С. Д.* Генетические ресурсы картофеля для новых направлений селекции / С.Д. Киру // Картофельводство. Результаты исследований, инновации, практический опыт. Материалы науч. практ конф. и координ. совещания «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства». — М., 2008. — Т. 1. — С. 49–56.
6. *Reyes, L. F.* Antioxidant capacity, anthocyanin and total phenolics in purple and red fleshed potato (*S. tuberosum*) genotypes / L. F. Reyes, J. C. Miler, L. Cisneros-Zevalles // Amer. J. Potato Res, 2005. — Vol. 82. — P. 271–277.

Информация об авторах

Пискун Георгий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (ул. Ковалева, 2-а, п. Самохваловичи, 223013, Минский район, Минская область, Республика Беларусь).

E-mail: d.fitsuro@gmail.com

Information about authors

Piskun Georgy Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Potato Production and Storage Technologies RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato and Horticulture» (2-a, Kovalyova st., Samokhvalovich settlement, 223013, Minsk district, Minsk region, Republic of Belarus).

E-mail: d.fitsuro@gmail.com

УДК 57.083.3

Поступила в редакцию 04.05.2023
Received 04.05.2023**Е. П. Киселева, К. И. Михайлопуло, О. В. Свиридов***Государственное научное учреждение
«Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь***НАБОР РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ГЛИАДИНА В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ: ТЕХНИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОПРОСЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ**

Аннотация. Белки эндосперма зерен пшеницы, ржи и ячменя (глютен, включая глиадины) провоцируют развитие целиакии, единственным способом лечения которой является безглютеновая диета. Контроль концентрации глютена в пище основан на количественном определении глиадина, который составляет 50% глютена. В Институте биоорганической химии НАН Беларуси разработана технология производства набора реагентов для количественного определения глиадина в продуктах питания методом иммуноферментного анализа (ИФА) под названием «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» (ТУ ВУ 100185129.195-2022). По параметрам технического уровня набор «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» соответствует применяемому в РБ импортному аналогу Ridascreen® Gliadin (арт. R 7001), имеющему статус Официального метода АОАС за номером 2012.01. Показано, что процедура пробоподготовки, традиционно используемая в наборах аналогичного назначения и включающая механическую гомогенизацию и экстракцию глиадина 70% этанолом, не обеспечивает полную экстракцию глиадина из продуктов питания, имеющих пластилинообразную консистенцию. Это приводит к получению ложноотрицательных результатов. Для устранения указанного выше матрикс-эффекта процедура механической гомогенизации была дополнена химической гомогенизацией, проводимой с использованием специального коктейля, состав которого представляет собой «ноу-хау».

Ключевые слова: целиакия, безглютеновая диета, глиадин, глютен, иммуноферментный анализ.

E. P. Kiseleva, K. I. Mikhailopulo, O. V. Sviridov*Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus***A TEST SYSTEM FOR GLIADIN ENZYME IMMUNOASSAY IN FOOD:
TECHNICAL AND ANALYTICAL CHARACTERISTICS AND SAMPLE
PREPARATION ASPECTS**

Abstract. Wheat, rye and barley endosperm proteins (glutens, including gliadins) provoke the development of celiac disease, for which the only treatment is a gluten-free diet. The control of gluten concentration in foods is based on the quantitative determination of gliadin that makes up 50% of total gluten. A test system for the quantitative determination of gliadin in food by an enzyme immunoassay, “PRODOSCREEN® ELISA-Gliadin” (TU BY 100185129.195-2022), has been designed. In terms of technical and analytical level parameters, the test system corresponds to Ridascreen® Gliadin (art. R 7001) ELISA kit, which is used in Belarus and has the status of an AOAC Official Method No 2012.01. We found that the conventional sample preparation procedure, including mechanical homogenization and extraction of gliadin with 70% ethanol, did not provide complete extraction of gliadin from foods with a plasticine-like consistency and led to false negative results. To solve the matrix-effect problem, a special cocktail was developed enabling additional chemical homogenization of samples.

Key words: celiac disease, gluten-free diet, gliadin, gluten, ELISA.

Введение. Зерновые (злаки) являются основными продуктами питания человека. Пшеница — самый широко культивируемый злак в мире. Его посевная площадь превышает 220 млн. га. Почти 70% пшеницы используется в пищу, а на корм для скота и промышленную переработку приходится 20% и 2-3%, соответственно [1]. По данным Международного совета по зерну, производство пшеницы в 2019/2020 году составило 763,7 млн тонн, из которых более 523,3 млн тонн было использовано в пищевой промышленности [2]. На гексаплоидную (мягкую) пшеницу *Triticum aestivum* и тетраплоидную (твердую) пшеницу *Triticum durum* приходится 95% и 5% мирового производства пшеницы, соответственно [3].

При среднем содержании всего 10% белки не являются основными ингредиентами пшеничной муки, однако в развивающихся странах она обеспечивает до 30% потребности человека в белке, причем из основных аминокислот дефицитным является только лизин [4]. Пшеница является источником микроэлементов (кальция, железа, магния, марганца, фосфора, калия, натрия, цинка и селена), а также витаминов группы В (В1, В2, В3, В5, В6 и В9) и витамина Е [5].

Каковы причины такой большой популярности пшеницы в сравнении с другими злаками? Известно более 25 000 видов *Triticum aestivum*, что обеспечивает адаптацию пшеницы к широкому диапазону условий умеренного климатического пояса. При наличии достаточного количества воды, минеральных и питательных веществ, а также обеспечении эффективной борьбы с вредителями и патогенами урожайность пшеницы может превысить 10 т/га. Этот злак можно эффективно хранить в течение неопределенного времени при содержании воды менее 15% от сухого веса и при условии борьбы с вредителями. Высокая приспособляемость и урожайность пшеницы способствовали ее успеху, но одного этого недостаточно, чтобы объяснить ее высокую востребованность.

Ключевой особенностью, которая дала пшенице преимущество перед другими культурами умеренного пояса, являются уникальные реологические свойства (упругость, пластичность, эластичность, вязкость) теста, приготовленного из пшеничной муки. Указанные свойства позволяют использовать пшеничную муку для приготовления хлеба и другой выпечки, макаронных изделий и лапши, а также других обработанных пищевых продуктов. Особые реологические свойства пшеничной муки зависят от тех белков эндосперма, которые объединены сборным термином глютен (клейковина) [3].

Эндосперм представляет собой питательные вещества для развития зародыша, которые составляют 81-84% веса зерна [6]. Белки эндосперма пшеницы принято делить на четыре группы на основе их растворимости [7]: альбумины (растворимые в воде), глобулины (растворимые в разбавленном солевом растворе), глиадины (растворимые в 70% этиловом спирте) и глютеины (растворимые в разбавленных кислотах и основаниях). Альбумины и глобулины не представляют интереса в контексте данной работы, т.к. не оказывают влияния на качество пшеничной муки [8] и не вызывают пищевой непереносимости у определенной категории лиц, в отличие от белков двух других групп; именно их называют глютенем. Выделение глютена впервые было описано в 1745 году [9]. Объем исследований пшеничного глютена огромен: простой поиск в базе данных Web of Science показывает почти 20 000 статей с 1945 года.

Глиадины и глютеины также известны как проламины из-за аномально высокого по сравнению с другими белками содержания остатков пролина и глутамина в их структурах. Эта гетерогенная группа включает более 50 различных белков [10], которые составляют 75-80% белков эндосперма [11]. Анализ 15 различных сортов пшеницы показал, что глиадины составляют 43-54% общего глютена [12].

Глиадины представляют собой гетерогенную смесь одноцепочечных полипептидов, растворимых в 70% водном этаноле. На основании их электрофоретической подвижности в полиакриламидном геле (ПААГ) при низком рН они были разделены на четыре группы (перечислены в порядке убывания подвижности): α -, β -, γ - и ω -глиадины [13, 14]. Обнаружение высокой структурной гомологии привело к объединению α - и β -глиадинов в единую группу α -глиадинов, а среди ω -глиадинов выделили $\omega 5$ - и $\omega 1,2$ -глиадины [13, 15]. Установлены молекулярная масса глиадинов и их процентное содержание в общих глиадинах: α/β -глиадины (28-35 кДа, 28-33%), γ -глиадины (31-35 кДа, 23-31%), $\omega 5$ - глиадины (49-55 кДа, 3-6%), $\omega 1,2$ -глиадины (39-44 кДа, 4-7%) [13]. Дисульфидные связи в молекулах глиадинов либо отсутствуют ($\omega 5$ - и $\omega 1,2$ -глиадины), либо присутствуют в виде внутрицепочечных поперечных связей (α/β - и γ - глиадины) [13].

Глютеины представляют собой полимеры (молекулярные массы в диапазоне 500–10 000 кДа), субъединицы которых соединены межцепочечными дисульфидными связями. После восстановления дисульфидных связей полученные субъединицы глютеина (glutenin

subunits, GS) проявляют растворимость в водных спиртах, аналогичную глиадинам. По результатам ПААГ электрофореза в восстанавливающих условиях, GS принято делить на субъединицы с высокой молекулярной массой (high molecular weight, HMW) (молекулярные массы 67–88 кДа [13] или 75–120 кДа [16]) и субъединицы с низкой молекулярной массой (low molecular weight, LMW) (молекулярные массы 32–39 кДа [13] или 20–55 кДа [16]). Установлено, что нативные глюteniны состоят из основной цепи, образованной полимерами HMW-GS, и полимеров LMW-GS, ответвленных от HMW-GS [13]. Только LMW-GS одновременно имеют внутримолекулярные дисульфидные связи и образуют межмолекулярные дисульфидные связи [17]. Анализ 15 различных сортов пшеницы показал, что соотношение HMW-GS/LMW-GS находится в диапазоне 0,31–0,93 [12], т.е. HMW-GS составляют 24–48% глютеинов.

Хорошие хлебопекарные качества теста определяются балансом между его вязкостью и эластичностью/прочностью. Полимеры глютеина образуют непрерывную сеть, которая придает тесту эластичность и прочность, необходимые для удержания газов, образующихся в процессе брожения, и оказывают сильное влияние на объем буханки хлеба [18], причем вклад HMW-GS и LMW-GSs в технологические качества пшеничной муки составляет 50–70 % и 30%, соответственно [16]. Мономерные глиадины выполняют роль пластификаторов полимерной сети глютеина и придают тесту вязкость [19].

Несмотря на очень долгую историю употребления пшеницы в пищу, есть категория лиц, для которых характерен аномальный иммунный ответ на белки пшеницы и родственных злаков. В частности, известны несколько видов аллергических реакций, развивающихся при употреблении муки в пищу или ее попадании в дыхательные пути [20]. В контексте данной работы представляет интерес глютеиновая энтеропатия или целиакия (celiac disease, CD) — аутоиммунное заболевание, возникающее у лиц с генетической предрасположенностью в результате развития аномального иммунного ответа на проламины пшеницы, ржи и ячменя, а также некоторых сортов овса. Заболеваемость CD составляет в среднем 0,5–2% населения [21], достигая в некоторых популяциях 5% [22].

Молекулярный механизм развития CD хорошо изучен и кратко изложен ниже. Высокое содержание глутамина (35%) и пролина (20%) в составе глютеина предотвращает его протеолиз до аминокислот ферментами желудочно-кишечного тракта человека [23]. Пептиды глютеина токсичны и иммуногенны только для людей, являющихся носителями аллелей HLA-DQ2 и HLA-DQ8 генов белков главного комплекса гистосовместимости, экспрессированных на антиген-презентирующих клетках иммунной системы [24]. Ключевым участником аутоиммунного процесса при CD является кишечный фермент трансклутаминаза 2 (ТГ2, КФ 2.3.2.13), функция которой в норме состоит в «латании дыр» в эпителии кишечника за счет образования изопептидной связи между двумя белками. Реакция протекает в две стадии — дезамидирование и трансамидирование. По иронии судьбы, глиадины являются «любимыми субстратами» ТГ2, т.к. имеют высокое сродство к активному центру фермента. На первой стадии ТГ2 катализирует дезамидирование глутаминов глиадиновых пептидов, что приводит к повышению их иммунореактивности [24]. На второй стадии ТГ2 может образовать изопептидную связь между глутаминовой кислотой глиадина и собственным лизином [25] или лизином в составе белков соединительной ткани кишечника, в частности коллагеном [26]. В результате происходит образование антител не только к глиадину, но и к разным эпитопам ковалентного комплекса «белок человека — пептид глиадина», а затем — собственно аутоантител к белкам человека. Этот процесс также принимает характер аутоиммунного (т.е. направленного на компоненты собственных тканей) с участием компонентов клеток эпителия кишечника (в частности, кальцетинулина), имеющих эпитопы, гомологичные иммуногенным пептидам глиадина [27].

Единственным известным методом лечения CD является полная и неограниченная во времени безглютеиновая диета [21]. Согласно стандарту CXS 118-1979 (Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten) Комиссии «Кодекс алиментарийс», безглютеиновыми являются продукты, содержание глютеина в которых не превышает 20 мг/кг. Продукты, обозначенные как продукты с очень низким содержанием глютеина, могут содержать этот белок в диапазоне концентраций (20–100) мг/кг. Такая низкая концентрация глютеина в продуктах питания может достигаться только при полном исключении муки из указанных выше злаков в списке ингредиентов. В качестве замены муки из пшеницы, ржи и ячменя обычно используют рисовую муку, муку из пшена или тапиоки, картофельный крахмал и т.п. (<http://goodatcooking.net/index.php/ru/archives/4564>). Помимо указанных выше риса, проса и тапиоки, не содержат глютеин гречка, кукуруза, просо, амарант, киноа и сорго (<https://dietera.ru>).

Существует ряд коммерческих наборов реагентов для количественного определения глютена в продуктах питания методом иммуноферментного анализа (ИФА). Тест-системы для определения концентрации глютена в продуктах питания в РФ до настоящего времени не производились. В современных условиях вопросы разработки, изготовления и обеспечения практического применения отечественных аналитических изделий для пищевой промышленности приобретают особую актуальность.

Цель работы — разработка технологии производства и лабораторная апробация набора реагентов для количественного определения глина в продуктах питания методом ИФА.

Материалы и методы исследований. 1. Пробоподготовка включает (1) механическую гомогенизацию, (2) химическую гомогенизацию и (3) экстракцию.

1.1 Механическая гомогенизация.

1.1.1 Жидкие образцы перемешивают встряхиванием в упаковке. Полужидкие образцы переносят в соответствующую тару и перемешивают доступным способом (шпателем, блендером и т.п.). Твердые образцы измельчают с помощью ступки, гомогенизатора или мельницы до получения однородной массы.

1.1.2 Взвешивают твердые образцы (0,25 г) или отмеряют жидкие образцы (0,25 мл) и помещают их в предварительно маркированные пробирки для центрифуги объемом не менее 15 мл, снабженные герметично закрывающимися пробками.

1.1.3 Разделяют образцы на группы 1 и 2 в зависимости от консистенции препарата, полученного в результате механической гомогенизации. Группа 1 — образцы, в результате механической гомогенизации которых получен плотный пластилинообразный препарат (колбасные изделия, паштеты, глазированные сырки, конфеты, шоколад и т.п.). Группа 2 — жидкие и полужидкие образцы (напитки, сметана, кетчуп, горчица и т.п.), а также твердые образцы, в результате механической гомогенизации которых получен рыхлый сыпучий препарат (специи, крупы, макаронные изделия, нежирные чипсы и т.п.).

1.2 Химическая гомогенизация.

1.2.1 Химическая гомогенизация необходима только для образцов группы 1. Для этого в вытяжном шкафу добавляют к навеске каждого образца 2,5 мл коктейля для химической гомогенизации образцов. Закрывают пробирки герметично, перемешивают с использованием вихревого смесителя типа «Vortex», инкубируют 40 мин при температуре (50 ± 5) °С, используя ротатор для перемешивания пробирок Thermo Fisher Scientific или другой прибор аналогичного назначения с тем же принципом работы, охлаждают до комнатной температуры $(18-25)$ °С.

1.2.2 Образцы группы 2 не требуют химической гомогенизации. К навеске/отмеренному объему каждого образца группы 2 добавляют 2,5 мл дистиллированной воды, закрывают пробирки герметично, перемешивают с использованием вихревого смесителя типа «Vortex».

1.3 Экстракция.

1.3.1 Для экстракции глина из всех образцов, подвергнутых подготовке как указано выше, вносят в каждую пробирку с образцом 7,5 мл 80% этилового спирта, закрывают пробирки герметично, перемешивают с использованием вихревого смесителя типа «Vortex». Инкубируют 1 ч при температуре $(20-25)$ °С, используя ротатор для перемешивания пробирок Thermo Fisher Scientific или другой прибор аналогичного назначения с тем же принципом работы.

1.3.2 Центрифугируют экстракты при 2000 g в течение 5 мин. В вытяжном шкафу отбирают надосадочную жидкость в маркированные пробирки или флаконы с герметично закрывающимися пробками для использования в анализе и хранения. 1 мл экстракта достаточно для 50 анализов данной пробы в дубликатах. Полученные экстракты могут храниться при температуре $(18-25)$ °С в течение 1 месяца.

2 Процедура анализа.

2.1 Разводят экстракты исследуемых образцов в 12,5 раз, используя раствор для разведения экстрактов и калибровочных проб (ИФА-буфер). При необходимости разводят пробу дополнительно ИФА-буфером в 10 и 100 раз. Калибровочные пробы (25-кратные концентраты, $(C_1 - C_5)$) разводят в 25 раз ИФА-буфером.

2.2 Рисуют схему планшета. Вносят по 100 мкл калибровочных и исследуемых проб в соответствующие лунки в дублях. Инкубируют 1 ч при температуре $(18-25)$ °С без встряхивания, избегая попадания света на планшет. Удаляют содержимое лунок переворачиванием планшета и промывают 3 раза промывочным буфером из расчета 250 мкл на лунку при каждой промывке.

2.3 Вносят в лунки по 100 мкл рабочего раствора конъюгата и инкубируют 15 мин при комнатной температуре (18-25) °С. Удаляют содержимое лунок переворачиванием планшета и промывают 5 раз промывочным буфером как указано выше.

2.4 Вносят в лунки планшета по 100 мкл хромоген-субстратного раствора, инкубируют при температуре (18-25) °С в темноте в течение 10-15 мин. Вносят в лунки планшета по 100 мкл стоп-реагента. Измеряют на фотометре оптическую плотность в лунках при длине волны 450 нм (ОП₄₅₀).

2.5 Строят калибровочный график. По калибровочному графику определяют содержание глиаина, в нг/мл (ppb), в исследуемых пробах. Рассчитывают содержание глютена в мг/кг (ppm) в исследуемых образцах продуктов как указано ниже.

Содержание глютена, ppm = Концентрация глиаина (полученная по калибровочному графику), ppb Ч 2* Ч 500** / 1000***

* Глиадин составляет в среднем 50% глютена;

** Общий фактор разведения 500 (факторы разведения 40 (40 = 10 Ч 4) и 12,5 при приготовлении экстрактов и исследуемых проб, соответственно);

*** коэффициент пересчета ppb в ppm.

3 Определение предела обнаружения, предела количественного определения, коэффициента вариации (КВ).

3.1 Рисуют схему планшета из расчета 10 лунок для калибровочной пробы С₁ (концентрация глиаина 0 нг/мл), 10 лунок для калибровочной пробы С₃ (концентрация глиаина 10 нг/мл), по две лунки для калибровочных проб С₂ и (С₄ – С₆). Вносят по 100 мкл калибровочных проб в соответствующие лунки. Проводят анализ как указано выше в соответствии с п.п. 2.2 – 2.4.

3.2 Определение предела обнаружения. Предел обнаружения — минимальная массовая концентрации глиаина (глютена), в мг/кг (ppm), которая может быть обнаружена (или приближенно оценена) в продуктах питания с использованием данного набора.

Находят среднеарифметическое значение ОП₄₅₀, в оптических единицах (о. е.), для всех лунок с пробой С₁. Рассчитывают величину среднего квадратичного отклонения (SD) по формуле (1):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n - 1}} \quad (1),$$

где B_i — значение ОП₄₅₀ каждого измерения в лунках с пробой С₁, о. е.; \bar{B} — среднее арифметическое значение ОП₄₅₀ в лунках с пробой С₁, о. е.; n — число измерений (n=10).

В линейных координатах строят калибровочный график зависимости колориметрического сигнала, в о. е. (ось ординат) от массовой концентрации глиаина в калибровочных пробах С₁ – С₆, в нг/мл (ppb). На оси ординат графика от точки с координатами (0;0) откладывают значение B плюс 3SD, в о. е. Из полученной точки проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с графиком. Из точки пересечения опускают перпендикуляр на ось абсцисс. Получают значение концентрации глиаина, в нг/мл (ppb), которое используют для дальнейших расчетов по указанной ниже формуле.

Предел обнаружения глиаина, мг/кг (ppm) = Концентрация глиаина (полученная по калибровочному графику), нг/мл (ppb) Ч 0,5. Множитель 0,5 выведен из соотношения 500 / 1000, используемого в анализе образца продукта, где 500 — общий фактор разведения образца, 1000 — коэффициент пересчета нг/мл (ppb) в мг/кг (ppm).

Для определения предела обнаружения глютена, в мг/кг (ppm) в продуктах питания следует умножить полученное значение на фактор 2.

3.3 Установление предела количественного определения. Предел количественного определения — минимальная достоверно определяемая массовая концентрации глиаина (глютена), в мг/кг (ppm), которая может быть измерена в продуктах питания с использованием данного набора.

Используют калибровочный график, построенный как указано выше. На оси ординат графика от точки с координатами (0;0) откладывают значение B₁ плюс 10SD, в о. е. Из полученной точки проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с графиком. Из точки пересечения опускают перпендикуляр на ось абсцисс. Получают значение концентрации глиаина, в нг/мл (ppb), которое используют для дальнейших расчетов по указанной ниже формуле.

Предел количественного определения глиадина, мг/кг (ppm) = Концентрация глиадина (полученная по калибровочному графику), нг/мл (ppb) Ч 0,5. Множитель 0,5 выведен, как указано в расчетах предела обнаружения.

Для установления предела количественного определения глютена, в мг/кг (ppm) в продуктах питания следует умножить полученное значение на фактор 2.

3.4 Определение К.В.

По калибровочному графику определяют концентрацию глиадина в каждой лунке с пробой C_3 , нг/мл (ppb).

Рассчитывают К.В., в процентах, по формуле (2):

$$К.В. = \frac{100}{C} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \quad (2),$$

где C_i – значение массовой концентрации глиадина для каждого измерения в лунках с пробой C_3 , нг/мл (ppb); C – среднее значение массовой концентрации глиадина в лунках с пробой C_3 , нг/мл (ppb); n – число измерений ($n=10$).

Результаты исследований и их обсуждение. В Институте биоорганической химии НАН Беларуси разработана технология производства набора реагентов для количественного определения глиадина в продуктах питания методом ИФА под названием «ПРОДОС-КРИН® ИФА-Глиадин» (ТУ ВУ 100185129.195-2022). По традиции концентрация глютена рассчитывается на основании данных о том, что глиадин составляет 50% общего глютена [12].

Набор представляет собой ИФА-систему сэндвич-типа (рис. 1), основанную на использовании двух антител к глютену. Иммунохимические реакции проходят в две стадии. На первой стадии анализа в лунки пластмассового микропланшета, покрытые специфическими антителами к первому эпитопу глиадина («нижние антитела»), вносят исследуемые и калибровочные пробы. В ходе инкубации глиадины, находящиеся в составе проб, образуют иммунный комплекс с «нижними антителами». Все не вступившие в иммунохимическую реакцию вещества удаляются промывкой лунок специальным буферным раствором. На второй стадии анализа в лунки вносят антитела ко второму эпитопу глиадина («верхние антитела») в виде конъюгата с ферментом пероксидазой. В результате инкубации на твердой фазе образуется трехкомпонентный комплекс, содержащий «сэндвич» из антигена и двух антител.

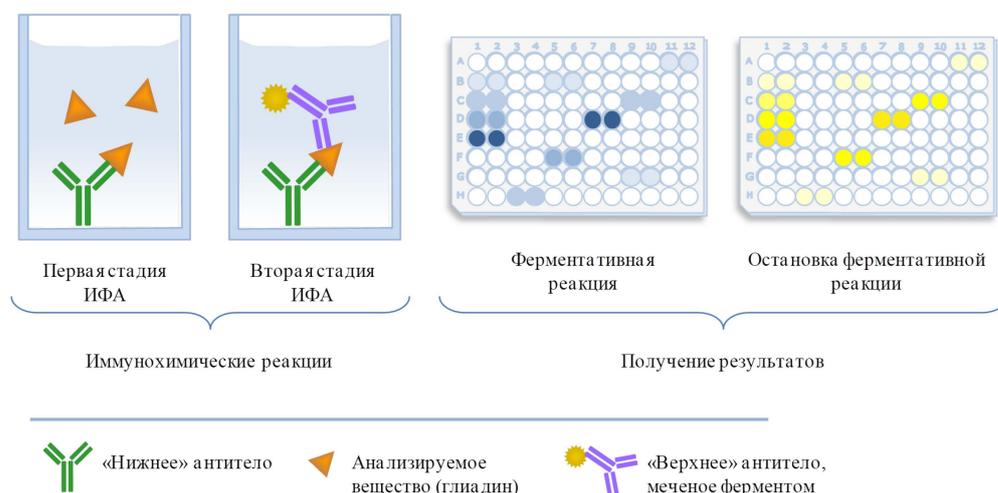


Рис 1. Схема анализа для количественного определения глиадина в продуктах питания методом ИФА
Fig. 1. Assay scheme for the quantitative determination of gliadin in food by ELISA

Фермент, иммобилизовавшийся на поверхности лунок, катализирует реакцию перекисно-го окисления между добавленным хромогеном (3,3',5,5'-тетраметилбензидин) и субстратом (перекись водорода), которая сопровождается развитием синей окраски. Стоп-реагент инактивирует пероксидазу и меняет цвет раствора в лунке с синего на желтый. ОП₄₅₀, прямо пропорциональная количеству антигена в образце, измеряется фотометрией.

С научно-практической точки зрения принципиально важным является понимание того, каким образом каждое из используемых антител может распознавать каждый из множества белков, образующих в совокупности гетерогенный глиадин пшеницы, а также мономерные компоненты глютена других злаков, а именно ржи (секалины), ячменя (гордеины) и некоторых сортов овса (авенины). Объяснение этого явления состоит в следующем. Во-первых, показана высокая гомология структуры и свойств белков глютена пшеницы и родственных злаков (табл. 1) [29].

Т а б л и ц а 1. Классификация компонентов глютена пшеницы, ржи, ячменя и овса
T a b l e 1. Classification of gluten components from wheat, rye, barley, and oats

Группа	Пшеница	Ячмень	Рожь	Овес
HMW	HMW-глютенины (п) 11%	D-гордеины (п) 5%	HMW-секалины (п) 9%	----
MMW	ω 1,2-глиадины (м) 4%	C-гордеины (м) 36%	ω -секалины (м) 18%	----
	ω 5-глиадины (м) 3%	----	----	----
LMW	LMW-глютенины (п) 22%	B-гордеины (п) 27%	γ -75k-секалины (п) 48%	----
	γ -глиадины (м) 27%	γ -гордеины (м) 32%	γ -40k-секалины (м) 25%	Авенины (м) 100%
	α -глиадины (м) 33%	----	----	----

Примечание: составлено авторами на основании данных [29]. HMW, MMW, LMW — белки с высоким, средним и низким (high, medium, low) молекулярным весом (molecular weight), соответственно. В скобках указана массовая доля каждого белка в общем глютене (%). Полимеры и мономеры обозначены (п) и (м), соответственно.

Во-вторых, установлено, что пять классов молекул глютена пшеницы (α -, γ - и ω -глиадины, LMW-и HMW-GS) имеют сходную структуру [28]. Зрелые полипептидные последовательности α - и γ -глиадинов, а также LMW-GS включают домен II, состоящий из повторяющихся коротких (5-12 аминокислот [13]) мотивов, обогащенных пролином и глутамином; он составляет примерно 45-47% от общей длины полипептидной цепи (без сигнального пептида). Зрелые полипептидные последовательности ω -глиадинов, а также HMW-GS состоят главным образом из повторяющихся коротких мотивов, в результате чего домен II составляет 87% (HMW-GS) и 97% (ω -глиадины) полипептидной цепи [28]. В контексте ИФА, каждый из мотивов является эпитопом антигена, способным к взаимодействию с антителами.

В-третьих, показано, что одни и те же эпитопы находятся в составе различных классов глиадинов пшеницы и гомологичных белков родственных злаков [30]. Так, например, эпитоп PFPQQLPY содержит α -глиадины, LMW-GS и HMW-GS, эпитоп IQPQQAQL — α -глиадины, γ -глиадины и LMW-GS, эпитоп QQPQPFPQ — ω 1,2-глиадины, HMW-GS, LMW-GS, ω -секалины, HMW-секалины, γ -75k-секалины, γ -40k-секалины и C-гордеины, эпитоп PFPQQPFF — ω 1,2-глиадины, HMW-GS, ω -секалины, HMW-секалины, γ -75k-секалины, C-гордеины и γ -гордеины [30]. Указанные выше эпитопы реагируют с молекулами DQ2.5, экспрессированными на поверхности антиген-презентирующих клеток больных целиакией. Установлено, что молекулы DQ8, также экспрессированные на поверхности антиген-презентирующих клеток больных целиакией, взаимодействует с эпитопом QGYYP TSPQ, общим для γ -глиадинов, ω 1,2-глиадинов, HMW-GS, LMW-GS и HMW-секалинов [30]. Именно с этими эпитопами (упоминавшимися выше как мотивы домена II полипептидной цепи глютена), общими для разных компонентов глютена пшеницы и родственных злаков, могут взаимодействовать используемые в ИФА антитела.

В состав набора входят следующие компоненты: микропланшетный иммуносорбент, шесть калибровочных проб (25-кратные концентраты), конъюгат (61-кратный концентрат), раствор для разведения экстрактов исследуемых образцов и калибровочных проб, раствор для разведения концентрата конъюгата, коктейль для химической гомогенизации образцов, промышленный раствор (20-кратный концентрат), стоп-реагент, хромоген и субстратный раствор (или хромоген-субстратная смесь).

Набор «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» рассчитан на проведение анализа 42 исследуемых проб и 6 калибровочных проб в дубликатах, всего 96 определений. Срок хранения набора — 1 год. Область применения — санитарно-гигиеническая экспертиза.

Подготовка образцов к ИФА, помимо традиционно используемых в наборах аналогичного назначения механической гомогенизации и экстракции 70% этанолом, включает химическую гомогенизацию, необходимость которой обоснована ниже. Затраты времени на подготовку 10 проб составляют приблизительно 2,5 ч. Можно накапливать подготовленные к анализу образцы и хранить 1 месяц при комнатной температуре.

Общая продолжительность анализа составляет 2 ч, в том числе время инкубации — первая стадия 1 ч, вторая стадия 15 мин. Анализ проводят при комнатной температуре (18–25) °С без встряхивания.

По параметрам технического уровня набор «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» соответствует применяемому в РБ иммуноферментному набору Ridascreen® Gliadin (арт. R 7001), имеющему статус Официального метода АОАС за номером 2012.01. Как и импортный аналог, разработанный набор имеет предел обнаружения 0,5 мг/кг глиадина (1 мг/кг глютена) и предел количественного определения 2,5 мг/кг глиадина (5 мг/кг глютена). Коэффициент вариации (К.В.) не превышает 15%. Следует отметить, что в соответствии с инструкцией к набору Ridascreen® Gliadin, пробоподготовка также включает химическую гомогенизацию проб, однако коктейль для химической гомогенизации (арт. R7006/R7016) является дополнением к набору, а не его компонентом, в отличие от представляемого в данной публикации набора «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин».

Следует отметить, что современные технологии производства мясных, кисломолочных и других продуктов часто используют пшеничную клейковину в качестве стабилизатора и загустителя. В этой связи необходим контроль продуктов, присутствие глютена в которых является неочевидным и носит технологический характер. Эта группа продуктов включает колбасные изделия, консервы из мяса и рыбы, молоко, молочные коктейли, жидкие молочные каши, мороженое, кисломолочные продукты и соки, конфеты и т.п. Не исключено также присутствие контаминаций в основных заменителях пшеничной и ржаной муки — рисовой, кукурузной, гречневой, которые могут возникать в процессе сбора, транспортировки и хранения. Ряд продуктов (например, специи, кофе, чай) могут содержать глютен из-за недобросовестности производителя.

При использовании набора «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» ограничения по выбору продукта питания, пригодного для анализа, практически отсутствуют. Так называемый «матрикс-эффект» заведомо минимизирован благодаря уникальному для белков физико-химическому свойству глиадина — его растворимости в 70% этаноле. Экстрагент в указанной концентрации позволяет извлекать из продукта ограниченный спектр биомолекул, главным образом липиды, но не белки, за исключением глиадина. Как указано выше, аминокислотный состав глиадина также уникален — каждая третья аминокислота представлена глутамином (35%), каждая пятая — пролин (20%) [13]. В этой связи антитела к глиадину являются высокоспецифичными и не взаимодействуют с другими белками матрикса.

Вместе с тем, в случае набора «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» есть другая причина матрикс-эффекта. Она состоит в недостаточности механической гомогенизации и экстракции для полного извлечения глиадина из тех продуктов (например, колбасных изделий, паштетов, глазированных сырков, конфет, шоколада и т.п.), механическая обработка которых приводит к получению пластилинообразного препарата. Напротив, извлечение глиадина из жидких и полужидких продуктов (напитки, сметана, кетчуп, горчица и т.п.), а также твердых продуктов, в результате механической гомогенизации которых получают рыхлый сыпучий препарат (специи, крупы, макаронные изделия, нежирные чипсы и т.п.), не представляет проблемы.

Это было доказано в результате сравнительного анализа глютена в продуктах питания ($n = 22$) с использованием разработанного нами набора «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» (далее — Продоскрин) и упоминавшегося выше импортного аналога Ridascreen® Gliadin (далее — Ridascreen).

Калибровочные графики наборов Продоскрин и Ridascreen схожи и совпадают в области точки «cut-off» (20 нг/мл глиадина) (рис. 2), поэтому результаты открытия глиадина в продуктах питания (рис. 3) обсуждаются в терминах значений ОП₄₅₀, а не концентраций глиадина.

Корреляция результатов анализа с использованием набора Ridascreen (с коктейлем арт. R7006/R7016) и набора Продоскрин (в его первоначальной версии, без коктейля) составила 87% за счет принципиального несоответствия концентраций глиадина в двух пробах — №4 (колбаса ливерная «Паштетная волковысская», арт. 1072766, РБ) и №11 (паштет шпротный «За Родину», арт. 237707, РФ). В соответствии с калибровочными графиками, подготовленные к анализу пробы №4 и №11 содержат более 100 нг/мл и 30 нг/мл глютена,

соответственно (набор Ridascreen) или менее 5 нг/мл глютена (набор Продоскрин в его первоначальной версии, без коктейля).

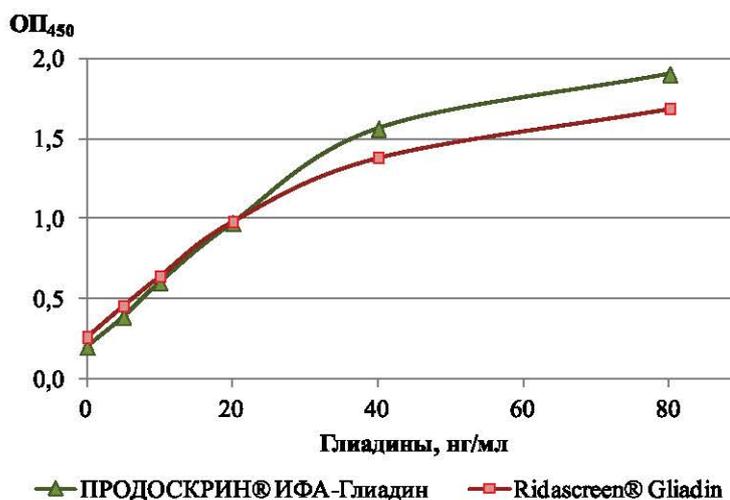


Рис. 2. Калибровочные графики наборов Продоскрин и Ridascreen
 Fig. 2. Calibration curves for Prodoscreen and Ridascreen kits

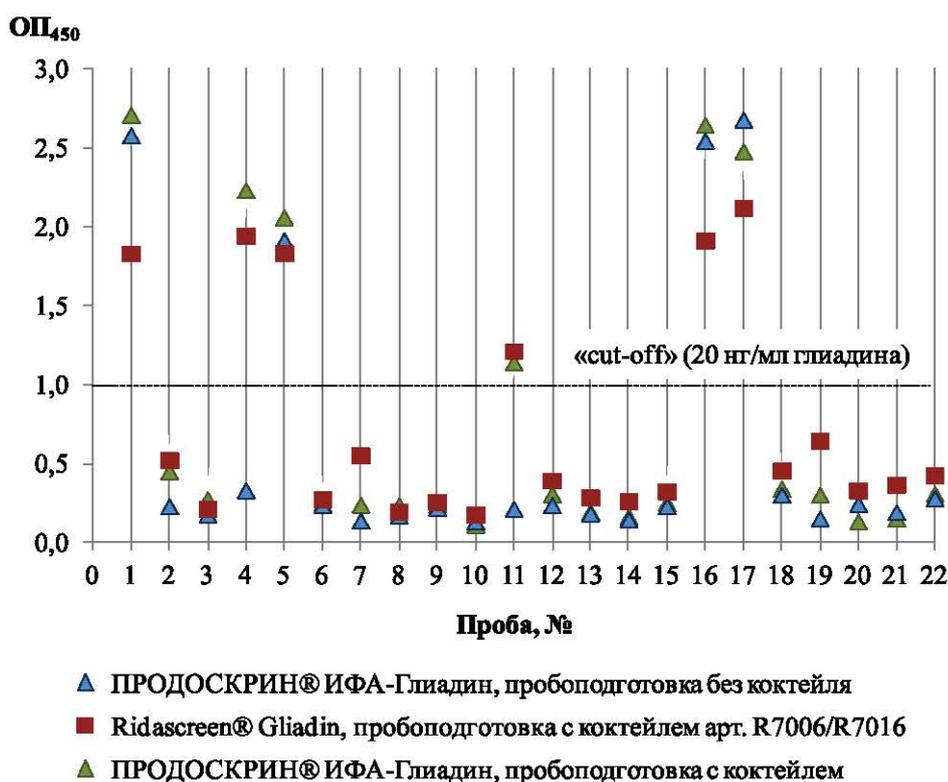


Рис. 3. Результаты анализа глиадина в продуктах питания (n = 22)
 Fig. 3. The results of the gliadin assay in food samples (n = 22)

В связи с обнаруженным фактом недооткрытия (ложноотрицательных результатов) с использованием набора Продоскрин (без коктейля), объяснимым неполной экстракцией глиадина, мы разработали коктейль для химической гомогенизации образцов.

Повторный анализ указанных выше образцов с использованием наборов Продоскрин и Ridascreen, которому предшествовала трехстадийная пробоподготовка (механическая гомогенизация, химическая гомогенизация с соответствующим коктейлем, экстракция 70% этанолом), показал полное соответствие результатов (коэффициент корреляции 98%). Таким

образом, разработанный нами коктейль является функциональным аналогом коктейля, который используется при подготовке проб к проведению ИФА набором Ridascreen®Gliadin, и позволяет решить проблему недооткрытия глиадина в широком спектре продуктов питания, механическая гомогенизация которых дает плотный пластилинообразный препарат.

Заключение. Созданы конструкция, технология производства и методика применения набора реагентов для количественного определения глиадина в продуктах питания, «ПРОДОСКРИН® ИФА-Глиадин» (ТУ ВУ 100185129.195-2022). По технико-аналитическому уровню и потребительским свойствам отечественный набор соответствует лучшему мировому аналогу. Предложено научно-практическое решение и разработан коктейль для устранения ложноотрицательных результатов ИФА глиадина в продуктах питания.

Список использованных источников

1. Shiferaw B., Smale M., Braun H.-J., Duveiller E., Reynolds M., Geoffrey M. Crops that feed the world. *Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security*. Food Security, 2013, vol.5, pp. 291–317.
2. International Grains Council. Supply and Demand. Wheat. 2021. Retrieved from <https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx>. Accessed on 23.01.2021
3. Shewry P. R. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 2009, vol. 60, no. 6, pp. 1537–1553, doi:10.1093/jxb/erp058.
4. Scherf K. A., Kihler P. Wheat and gluten: technological and health aspects. *Ernahrungs Umschau*, 2016, vol. 63, no 08, pp. 166–175, doi: 10.4455/eu.2016.035.
5. Iqbal M. J., Shams N., Fatima K. Chapter 15. Nutritional quality of wheat. In: *Wheat*. Ed. by Mahmood-ur-Rahman Ansari. IntechOpen. 2022, doi: 10.5772/intechopen.104659
6. Barak S., Mudgil D., Khatkar B. S. Biochemical and functional properties of wheat gliadins: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, vol. 55, pp. 357–368, doi: 10.1080/10408398.2012.654863
7. Osborne T. B. The protein of the wheat kernel, 1907, publication no 84, Carnegie Institute: Washington, DC.
8. Uthayakumaran S., Wrigley C. Chapter 5. Wheat: grain-quality characteristics and management of quality requirements. In: *Cereal grains (second edition)*, 2017, pp. 91-134.
9. Pistón F., Gil-Humanes J., Rodríguez-Quijano M., Barro F. Down-regulating γ -gliadins in bread wheat leads to non-specific increases in other gluten proteins and has no major effect on dough gluten strength, *PLoS ONE*, 2011, vol. 6, no 9, e24754, doi:10.1371/journal.pone.0024754.
10. Shewry P. R., Halford N. G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization, *J Exp Bot*, 2002, vol. 53, pp. 947–958.
11. Beccari. *De Frumento. De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, 1745, II, part I, pp. 122–127.
12. Dhaka V., Khatkar B.S. Effects of gliadin/glutenin and HMW-GS/LMW-GS ratio on dough rheological properties and bread-making potential of wheat varieties. *Journal of Food Quality*, 2015, vol. 38, no 2, pp. 71-82, doi: 10.1111/jfq.12122.
13. Wieser H. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.*, 2007, vol. 24, pp. 115–119.
14. Banc A., Desbat B., Renard D., Popineau Y., Mangavel C., Navailles L. Exploring the interactions of gliadins with model membranes: Effect of confined geometry and interfaces. *Biopolymers*, 2009, vol. 91, pp. 610–622.
15. Zilic S., Barac M., Pesic M., Dodig D., Ignjatovic-Micic D. Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. *Int. J. Mol. Sci.*, 2011, vol. 12, pp. 5878–5894.
16. D'Ovidio R., Masci S. The low — molecular — weight glutenin subunits of wheat gluten. *J Cereal Sci*, 2004, vol. 39, no 3, pp. 321 — 339, doi: 10.1016/j.jcs.2003.12.002.
17. Markgren J., Hedenqvist M., Rasheed F., Skepić M., Johansson E. Glutenin and gliadin, a piece in the puzzle of their structural properties in the cell described through monte carlo simulations. *Biomolecules*, 2020, vol. 10, no 8, p. 1095, doi:10.3390/biom10081095.
18. Lefebvre J., Mahmoudi N. The pattern of the linear viscoelastic behaviour of wheat flour dough as delineated from the effects of water content and high molecular weight glutenin subunits composition. *J Cereal Sci*, 2007, vol. 45, pp. 49–58.
19. Barak S., Mudgil D., Khatkar B. S. Biochemical and functional properties of wheat gliadins: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, vol. 55, pp. 357–368, doi: 10.1080/10408398.2012.654863.
20. Scherf K. A., Kihler P. Wheat and gluten: technological and health aspects. *Ernahrungs Umschau*, 2016, vol. 63, no 8, pp. 166–175, doi: 10.4455/eu.2016.035.

21. See J., Murray J. A. Gluten-free diet: the medical and nutrition management of celiac disease. *Nutr Clin Pract*, 2006, vol. 1, no 21, pp. 1-15.
22. Alaedini A., Green P. H. R. Narrative review: celiac disease: understanding a complex autoimmune disorder. *Ann Intern Med*, 2005, vol. 142, pp. 289-298.
23. Hausch F., Shan L., Santiago N. A., Gray G. M., Khosla C. Intestinal digestive resistance of immunodominant gliadin peptides. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2002, vol. 4, no 283, pp. G996-G1003.
24. Kumar V., Rajadhyaksha M., Wortman J. Celiac disease-associated autoimmune endocrinopathies. *Clin Diagn Lab Immunol*, 2001, vol. 4, no. 8, pp. 678-685.
25. Fleckenstein B., Qiao S. W., Larsen M. R., Jung G., Roepstorff P., Sollid L. M. Molecular characterization of covalent complexes between tissue transglutaminase and gliadin peptides. *J Biol Chem*, 2004, vol. 17, no 279, pp. 17607-17616.
26. Dieterich W., Esslinger B., Trapp D., Hahn E., Huff T., Seilmeier W., Wieser H., Schuppan D. Cross linking to tissue transglutaminase and collagen favours gliadin toxicity in coeliac disease. *Gut*, 2006, vol. 55, no 4, pp. 478-484.
27. Krupickov6 S., Tuckov6 L., Flegelov6 Z., Michalak M., Walters J. R., Whelan A., Harries J., Vencovsk6 J., Plaskalov6-Hogenov6 H. Identification of common epitopes on gliadin, enterocytes, and calreticulin recognised by antigliadin antibodies of patients with coeliac disease. *Gut*, 1999, vol. 44, no 2, pp. 168-173.
28. Anderson O. D., Dong L., Huo N., Gu Y. Q. A new class of wheat gliadin genes and proteins. *PLoS ONE*, 2012, vol. 7, no 12, e52139. doi:10.1371/journal.pone.0052139.
29. Koehler P., Wieser H., Konitzer K. Celiac disease and gluten — multidisciplinary challenges and opportunities. Academic Press, 1st edition, 2014.
30. Lexhaller B., Colgrave M. L., Scherf K. A. Characterization and relative quantitation of wheat, rye, and barley gluten protein types by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Front. Plant Sci.*, 2019, vol. 10, art. 1530, doi: 10.3389/fpls.2019.01530.

Информация об авторах

Киселева Елена Павловна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси» (ул. Академика Купревича, 5/2, 220084, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: epkiseleva@yandex.ru

Михайлопуло Константин Игоревич, старший научный сотрудник ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси» (ул. Академика Купревича, 5/2, 220084, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: k.mikhailopulo@gmail.com

Свиридов Олег Васильевич, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией «Химия белковых гормонов», ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси» (ул. Академика Купревича, 5/2, 220084, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: sviridov@iboch.by

Information about authors

Kiseleva Elena Pavlovna, PhD (Chemical), Leading Researcher The Institute of Bioorganic Chemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Academic Kuprevich str., 220084, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: epkiseleva@yandex.ru

Mikhailopylo Konstantin Igorevich, Senior Researcher The Institute of Bioorganic Chemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Academic Kuprevich str., 220084, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: k.mikhailopulo@gmail.com

Sviridov Oleg Vasilevich, Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Laboratory “Chemistry of Protein Hormones” The Institute of Bioorganic Chemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Academic Kuprevich str., 220084, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sviridov@iboch.by