

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
№1(59)
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 22.03.2023.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonC. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 91.

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, №1(59) 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 "Beltekhnohleb", 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
№1(59)
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 22.03.2023
Format 60x84/8. Offset paper.
NewtonC type. Offset printing.
Printed pages 11,16.
Publisher's signatures 12,80.
Circulation 100 copies. Order 91.
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

Ловкис З. В., Мелещеня А. В., Жакова К. И. Научные разработки 2022 года – производству	6
Масанский С. Л. Модель межотраслевых факторов качества услуги школьного питания и функций по его обеспечению	14
Моргунова Е. М., Белякова Н. И., Бабодей В. Н., Пчельникова А. В., Окулова Т. В., Журня А. А., Мацикова О. В., Мишкевич Л. В., Красько О. В. Новый масложировой продукт для снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний	31
Томашевич С. Е., Бабодей В. Н. Технология жевательного мармелада, предназначенного для коррекции нутритивного статуса детей Беларуси	39
Ловкис З. В., Павлова О. В., Белова Е. А., Трусова М. М. Использование хитозана для очистки природных и сточных вод	53
Мазур А. М., Петюшев Н. Н., Гоман Д. И. Исследование процесса агломерации при производстве сухого картофельного пюре	62
Зайченко Д. А., Литвинчук А. А., Куликов А. В., Жакова К. И., Миронов А. М. Изучение влияния электроактивированного воздуха на процесс сушки ячменного солода	69
Груданов В. Я., Торган А. Б., Станкевич П. В. Определение зависимости технологических параметров составных матриц и рациональных параметров процесса прессования макаронных изделий	76
Сулковская А. А., Почицкая И. М., Комарова Н. В. Исследование содержания антибиотиков в пищевых продуктах	85
Почицкая И. М., Росляков Ю. Ф., Лобанов В. Г., Рослик В. Л., Ядевич В. С. Исследование изотопного состава игристых вин	95

CONTENTS

Lovkis Z. V., Meleshchenya A. V., Zhakova K. I. Scientific developments of 2022 for production	6
Masansky S. L. Interdisciplinary model of factors and functions forming the quality of school food service	14
Marhunova A. M., Beliakova N. I., Babodey V. N., Pchelnikova A. V., Akulava T. V., Zhurnia H. A., Matsykava V. V., Mishkevich L. V., Krasko O. V. A new oil product for reducing the risk of cardiovascular diseases.....	31
Tamashevich S. E., Babadey V. N. Technology of chewing marmalade intended for correction of the nutritional status of children in Belarus.....	39
Lovkis Z. V., Pavlova O. V., Belova E. A., Trusova M. M. Use of chitosan for natural and waste water treatment.....	53
Mazur A. M., Petyushev N. N., Goman D. I. Research of the agglomeration process in the production of dry potato puree	62
Zaichenko D. A., Litvinchuk A. A., Kulikov A. V., Zhakova K. I., Mironov A. M. Study of the effect of electroactivated air on the drying process of barley malt	69
Grudanov V. Y., Torgan A. B., Stankevich P. V. Determination of dependence of technological parameters of composite matrixes and rational parameters of the process of pressing pasta	76
Sulkovskaya A. A., Pochitskaya I. M., Komarova N. V. Investigation of the content of antibiotics in food products.....	85
Pochitskaya I. M., Roslyakov Yu. F., Lobanov V. G., Roslik V. L., Yadevich V. S. Study of the isotope composition of sparkling winess.....	95

УДК 641.1:637.5.03(047.31)(476)
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-6-13](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-6-13)

Поступила в редакцию 24.01.2023
Received 24.01.2023

З. В. Ловкис, А. В. Мелешеня, К. И. Жакова

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

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ 2022 ГОДА — ПРОИЗВОДСТВУ

Аннотация. В статье отражены основные научные разработки РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» за 2022 год. Представлены результаты по разработке технологий для перерабатывающих отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь, созданию новых видов продуктов питания, в том числе обладающих профилактическими свойствами, отражены результаты фундаментальных исследований.

Ключевые слова: пищевая промышленность, разработки, технология, продукты питания

Z. V. Lovkis, A. V. Meleshchenya, K. I. Zhakova

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

SCIENTIFIC DEVELOPMENTS OF 2022 FOR PRODUCTION

Abstract. The article the main scientific developments of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” for 2022 reflects. The results on the development of technologies for the processing industries of the food industry of the Republic of Belarus, the creation of new types of food products, including those with preventive properties, are presented, the results of fundamental research are reflected.

Key words: food industry, developments, technology, food products.

Введение. Научные исследования, осуществляемые в Центре по продовольствию, отличаются комплексным подходом и охватывают проведение работ по глубокой переработке продукции растениеводства; разработке технологий подготовки сырья, созданию новых видов пищевой продукции по различным отраслям пищевой промышленности (консервная, мясоконцентратная, кондитерская, сахарная, масложировая, ликероводочная, винодельческая, пивная, безалкогольная, картофелеперерабатывающая, крахмалопаточная, табачная, солевая, спиртовая и др.); разработке методик и проведению испытаний по показателям качества и безопасности сырья и создаваемой продукции; разработке нормативной и технологической документации на широкий спектр пищевых продуктов; выполнению работ по расширению ассортимента выпускаемой продукции, созданию новых и пересмотру действующих норм расхода сырья и вспомогательных материалов.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2022 году сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» осуществлялась разработка и внедрение новых технологий и рецептур, нормативных документов и методик, позволяющих решать пищевой промышленности республики актуальные задачи по созданию конкурентоспособных продуктов питания.

Научные проекты и задания выполнялись по государственным и отраслевым программам научных исследований: ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы (подпрограмма «Продовольственная безопасность»), ГНТП «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии» на 2021–2025 годы (подпрограмма «Агропромкомплекс — инновационное развитие»), ГП «Наукоёмкие технологии и техника» на 2021–2025 годы (подпрограмма 2 «Освоение в производстве новых и высоких технологий»), ОНТП «Пищевые технологии», ОНТП «Детское и специализированное питание» на 2021–2025 годы.

Разработана поточная технология шоковой заморозки овощей и фруктов, в том числе для детского питания, предусматривающая получение овощных смесей в целом или резаном виде, используемых в качестве гарнира, а также смесей на основе ягод и фруктов (рис. 1). Шоковая заморозка обеспечивает сохранение нативных свойств и характеристик продукта — вкуса, аромата, формы, цвета, структуры, комплекса витаминов и минеральных веществ исходного сырья, также снижение на 30 % общей обсемененности готового продукта, разработанные технологические приемы позволяют снизить до 20 % отклонение массовой доли составляющих компонентов в смесях. Технология обладает высокой экспортоориентированностью, направлена на снижение импортозависимости [1].



а) Овощная смесь «Овощное ассорти»
для детского питания



б) Компотная смесь
«Смородинка» для детского питания

Рис. 1. Замороженные смеси
Fig. 1. Frozen mixes

Разработана технология производства и ассортимент низкобелковых безглютеновых экструдированных картофелепродуктов — снеков-пеллетов, которая позволила получить низкобелковый продукт с массовой долей глютена — не более 20 мг/кг; содержанием белка — не более 1 г/100 г; фенилаланина — не более 50 мг/100 г для питания людей больных целиакией, фенилкетонурией, почечной недостаточностью (рис. 2).

Уменьшение влажности исходной смеси на 10–11 %, используемой для экструдирования, позволило снизить температуру обжарки на 15–20 °С и время тепловой обработки, что обеспечило получение конечного продукта с содержанием жира ниже на 20 % по сравнению с существующими аналогами [2].



Рис. 2. Картофелепродукты низкобелковые снеки-пеллеты
Fig. 2. Potato products low-protein snack-pellets

Научно обоснована универсальная технология для производства сушеных ягод, фруктов, особенность которой заключается в двухстадийной температурной обработке сырья с промежуточным охлаждением, что обеспечивает сокращение времени сушки около 15 % по отношению к ягодам, позволяет снизить до 20 % потери сока, сохранить высокие органолептические показатели (предотвращение окисления) фруктов (рис. 3).

За счет комбинированного нагрева теплоносителя (твердое топливо, электроэнергия) и двухстадийной сушки снижение энергозатрат составило около 18 % [3].



Рис. 3. Ягоды и фрукты сушеные
Fig. 3. Dried berries and fruits

Продолжались исследования по применению электромембранных технологий при переработке сырья.

Установлены закономерности использования электромембранных технологий в сахарном производстве, пределы изменений физико-химических показателей (рис. 4) и компонентного состава пищевых продуктов и промежуточных продуктов сахарного производства при использовании электродиализа и электродеионизации, получены технологические параметры работы электромембранного оборудования.

Разработаны рекомендации по применению электромембранных технологий для повышения эффективности производства сахара, практическая реализация которых позволит разработать способы и режимы электромембранной обработки продуктов сахарного производства, скорректировать их минеральный и органический состав.

Впервые доказано, что ведение процесса деминерализации сахарных сиропов до степени 80–90 % обеспечивает оптимальное снижение содержания несахаров при удовлетворительной длительности процесса и отсутствии критического падения pH.

Метод профильно-дескрипторного анализа показал, что электромембранная обработка улучшает органолептические свойства сахарного сиропа, усиливая восприятие сладкого вкуса, снижение привкуса и запаха жженого сахара.

Установлено, что наиболее эффективным является ведение процесса на электродеионизационном модуле при рабочем напряжении — 30 В (3 В на мембранную пару), при этом степень деминерализации достигает 98,66 % [4].



Рис. 4. Изменение цветности сахарного сиропа в результате электродеионизации
(слева направо: сироп до обработки, деминерализованный сироп, концентрат)

Fig. 4. Change in the color of sugar syrup as a result of electrodeionization
(from left to right: syrup before processing, demineralized syrup, concentrate)

В рамках совершенствования технологии переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов разработана методика определения содержания бетаина в полупродуктах сахарного производства. В производственных условиях ОАО «Городейский сахарный комбинат» установлено, что деминерализация мелассы позволяет дополнительно получать 76,4–140,2 кг сахара с 7 тонн обрабатываемого полупродукта сахарного производства — оттока.

Показана эффективность и целесообразность электромембранной обработки паточных сиропов в крахмало-паточной отрасли, способствующая повышению до 76 % степени деминерализации, улучшению цветности более чем на 8,5 %, снижению до 20 % показателя pH.

В рамках исследования динамики миграций компонентов пищевых продуктов и факторов окружающей среды через биоразлагаемую упаковку разработан испытательный стенд для изучения на разрыв упаковочных материалов и определения механических свойств при растяжении испытуемых образцов.

Определен предел прочности при растяжении, относительное удлинение при разрыве и модуль упругости испытуемых образцов. Получены эмпирические зависимости изменения прочностных и деформационных свойств материалов: изменение прочности в зависимости от продолжительности УФ-облучения испытуемых образцов и изменения относительного удлинения при разрыве от продолжительности УФ-облучения испытуемых образцов.

Впервые обоснованы и смоделированы рецептурные композиции печенья с высоким содержанием белка, в том числе с пониженным содержанием легкоусвояемых углеводов. Оптимизированы технологические параметры изготовления печенья с высоким содержанием белка, в том числе со сниженным содержанием легкоусвояемых углеводов, обеспечивающие получение теста с реологическими характеристиками, необходимыми для его обработки в ходе технологического процесса (на стадии раскатки теста, формования тестовых заготовок) и готовых изделий с заданными органолептическими и физико-химическими показателями качества. Реализованы такие способы повышения пищевой и биологической ценности печенья с добавлением высокобелкового сырья (КСБ), как:

- ♦ повышение содержания белка в печенье за счет частичного снижения углеводов, в том числе сахаров (рис. 5);
- ♦ снижение сахароемкости, калорийности (на 10 %) печенья за счет использования подсластителя мальтита;
- ♦ доказана возможность выпечки при более низкой температуре по сравнению с традиционными видами печенья (на 20–30 °C), что позволяет снизить воздействие температуры на процесс денатурации белка и сохранить его биологическую ценность.

Получены новые научные данные о влиянии высокобелкового сырья (концентрат сывороточного белка, рисовый белок — с массовой долей белка 80 %), а также технологических параметров приготовления теста и выпечки печенья на процессы структурообразования и реологические характеристики теста, показатели качества и структурно-механические характеристики печенья с высоким содержанием белка, в том числе со сниженным содержанием легкоусвояемых углеводов.

Разработаны рецептуры на печенье с высоким содержанием белка и повышенной биологической ценностью за счет добавления концентрата сывороточного белка с массовой долей белка 80 % и высоким содержанием аминокислот — 12,5 г на 100 г продукта, в том числе без добавления сахаров. Содержание белка в новых видах печенья в 2–3 раза выше по сравнению с традиционными аналогичными видами печенья [5].

Разработан компонентный состав высокобелковых продуктов на зерновой основе (блины и оладьи) с использованием белка животного происхождения и комбинации белков животного и растительного происхождения, доказано, что замораживание готовых изделий и последующее размораживание способствует снижению гликемического индекса высокобелковых блинов на 13,4%, высокобелковых оладий — на 11,5 % [6].

Обоснованы базовые составы яблочной пастилы с применением малоиспользуемых ягодных культур, произрастающих в Республике Беларусь (жимолость, шиповник и облепиха), которые характеризуются повышенным содержанием пищевых волокон (54,1–80,2 % от рекомендуемого уровня суточного потребления (РУСП)), в том числе растворимых (пектин) (205–410 % от РУСП), витаминов (А, С, Е, В₁, В₂, ниацин) и минеральных веществ (К, Са, Mg, Р, Fe).



Рис. 5. Лабораторные образцы печенья (контроль и печенье с повышенным содержанием белка)
Fig. 5. Laboratory Biscuit Samples (Control and High Protein Biscuits)

Продолжаются работы по технологии получения печенья с оптимизированным углеводным составом для питания различных категорий населения. Так, с целью замены сахара был использован мальтит в связи с его доступностью, высокой технологичностью, низкой калорийностью, низким гликемическим индексом и отсутствием кариесогенных свойств. Оптимальная дозировка мальтита в сахарном печенье составила 17 %, в затыжном — 8 %.

Кроме того для уменьшения содержания мальтита использованы пищевые волокна — инулин и олигофруктоза в количестве 3,0 %, что позволило наносить на маркировку печенья информацию «источник пищевых волокон», а за счет использования муки пшеничной 1 сорта, пшеничных отрубей и семян льна общее содержание пищевых волокон в затыжном печенье составило 6,1 %, что соответствует критерию «высокое содержание пищевых волокон». В качестве жирового ингредиента использовано рапсовое масло, которое позволило существенно повысить содержание ненасыщенных жирных кислот, в том числе омега-3 жирных кислот, до критерия «источник омега-3 жирных кислот».

Разработана также технология печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста, обогащенного дефицитными витаминами и минеральными веществами:

- ♦ печенье на основе рапсового масла с добавлением витаминов B_1 , B_2 , PP и железа;
- ♦ печенье на основе сливочного и рапсового масла с добавлением витаминов A, E, D_3 и кальция.

Содержание витаминов E, A, D_3 , B_1 , B_2 , PP, кальция, железа в одной порции печенья (25 г или 100 ккал) после 6 месяцев хранения составляет 9–37 % от норм физиологических потребностей для детей в сутки.

Впервые в Республике Беларусь разработаны оригинальные жележные кондитерские изделия:

- ♦ с использованием нового и нетрадиционного студнеобразователя растительного происхождения — модифицированного крахмала, что позволило расширить ассортимент жележных кондитерских изделий, изготавливаемых в Республике Беларусь, получить изделия с оригинальной структурой более широкого диапазона в части жевательных свойств: от мягкой, эластичной до полутвердой или упругой (рис.6). Продукция востребована на рынке, является импортозамещающей и имеет экспортный потенциал. Стоимость ниже импортных аналогов в 2–4 раза;

- ♦ без добавления сахара, а также с высоким содержанием белка (белок обеспечивает 34 % энергетической ценности (калорийности) мармелада). Содержание общего сахара в разработанных изделиях составляет не более 5 % (в традиционных видах — достигает 70 % и более). Энергетическая ценность (калорийность) данных видов мармелада ниже энергетической ценности (калорийности) аналогичной пищевой продукции на 35–45 %, что позволяет по-

зиционировать данные изделия как «Пищевая продукция с пониженной энергетической ценностью» [7].



а) Колечки фруктовые
a) Fruit rings



б) Мармелад «Пчолка смак»
b) Marmalade «Bee Smak»

Рис. 6. Мармелад на основе модифицированного крахмала
Fig. 6. Marmalade based on modified starch

Впервые обоснованы и разработаны рациональные параметры сушки пророщенного ячменного и ржаного солодов электроактивированным воздухом, что позволило ускорить процесс на 10–17% [8].

Разработан сухой клеевой состав холодного набухания на основе модифицированных крахмалов, получены аналитические значения, комплексные показатели действия химических реагентов и термомеханических факторов на нативный крахмал, обоснованы и установлены рациональные значения основных технологических параметров гидролиза крахмала.

Создан базовый состав безалкогольных энергетических напитков без кофеина с использованием сырья, обладающего энергетическим действием — лимонник китайский, женьшень, зверобой, левзея, йохимбе, рододендрон Адамс, растительные экстракты которых стимулируют центральную нервную систему, активизируют обмен веществ, повышают антиоксидантную активность и стимулируют иммунитет. Анализ влияния безалкогольных энергетических напитков (содержащих и не содержащих кофеин) на артериальное давление и частоту сердечных сокращений показал, что их однократный прием не вызывает выхода артериального давления и частоты сердечных сокращений за пределы возрастных норм.

Разработаны новые виды масложировой продукции: масло подсолнечно-рапсовое с добавлением льняного «Салатное», имеющие оптимальный жирнокислотный профиль для питания здоровых людей (соотношение ω -6: ω -3 — 10:1; соотношение МНЖК:ПНЖК — 1:1) и масло рапсово-подсолнечное с добавлением льняного «Особое», имеющие оптимальный жирнокислотный профиль для питания людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и избыточной массой тела (соотношение ω -6: ω -3 составляет 5:1; соотношение МНЖК:ПНЖК — 1:1).

Доказана возможность использования рапсового масла при изготовлении мучных кондитерских изделий (затяжное, овсяное печенье, пряники, сахарное печенье) для замены подсолнечного масла в соотношении 1:1.

Установлено, что диета с использованием рапсового масла у лиц с избыточной массой повышает скорость обмена веществ в организме, снижает уровень общего холестерина, биологический возраст сосудов с $54,3 \pm 14,7$ лет до $48,6 \pm 11,6$ лет (рис. 7), что является прогностически благоприятными в отношении риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, и может говорить о том, что рапсовое масло обладает антиатерогенным действием при приеме здоровыми людьми и лицами с избыточной массой тела.

Научно обоснованы рекомендации по питанию различных групп населения на основе масложировых продуктов профилактического действия с использованием рапсового масла.

Разработаны рекомендации по получению буровых реагентов с использованием химических добавок, которые обеспечивают стабилизацию набухающих в воде и диспергирующих глинистых сланцев, а так же регулируют вязкость буровых растворов, что позволяет сократить импортозависимость отечественных предприятий нефтяной и газовой отраслей, обеспечивает высокий экспортный потенциал.

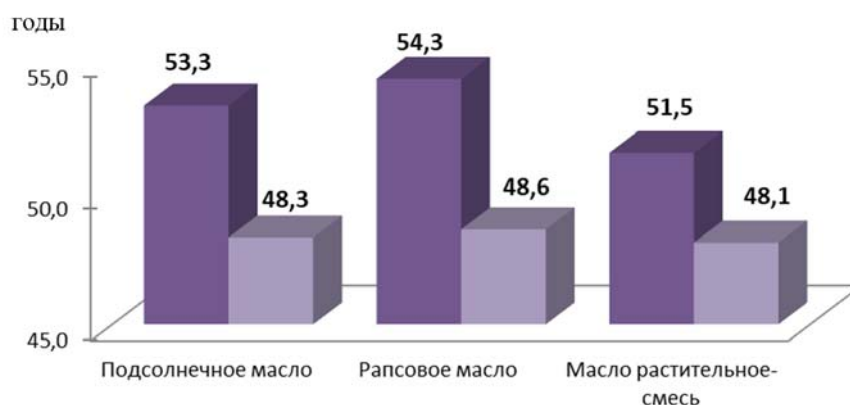


Рис. 7. Влияние растительных масел и масла растительного-смеси на показатели биологического возраста сосудов

Fig. 7. Influence of vegetable oils and vegetable-mixture oil on indicators of the biological age of blood vessels

Заключение. Инновационная деятельность Центра по продовольствию находит свое выражение во внедрении разработанных новшеств, их научном сопровождении, специалистами центра оказывается помощь по внедрению, отработке технологических параметров производства, с выездом специалистов непосредственно на предприятия, а также оказывается консультативная помощь. Так, по результатам внедрения в 2022 году разработанных учеными Центра по продовольствию инноваций выпущено продукции на сумму около 42,8 млн. долл. США, а коэффициент эффективности использования бюджетных средства составил 42,6.

Список использованных источников

1. Разработать поточную технологию производства новых видов замороженных смесей из растительного сырья для общего и детского питания: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Л.М. Павловская. — Минск, 2022. — 303 с. — № ГР 20212970.
2. Разработать технологию производства и ассортимент низкобелковых картофелепродуктов — снеков-пеллетов специализированного назначения со сниженным содержанием жира в готовом продукте: отчет о НИОТР (закл.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н.Н. Петюшев. — Минск, 2022. — 186 с. — № ГР 20220027.
3. Разработать универсальную технологию для производства сушеных ягод, фруктов: отчет о НИОТР (закл.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Д.А. Зайченко. — Минск, 2022. — 156 с. — № ГР 20213977.
4. Научное обоснование применения электромембранной обработки для повышения эффективности сахарного производства: отчет о НИОТР (промеж.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. О.К. Никулина. — Минск, 2022. — 76 с. — № ГР 20211090.
5. Разработка способов повышения пищевой и биологической ценности печенья на основе применения сырья с высоким содержанием белка: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. К.Н. Гершончик. — Минск, 2022. — 117 с. — № ГР 20211088.
6. Изучение способа получения высокобелковых продуктов (блины, оладьи, драники, клецки) с низким гликемическим индексом: отчет о НИОТР (промежут.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. А.А. Журня. — Минск, 2022. — 117 с. — № ГР 20211203.
7. Разработать и освоить ассортимент оригинальных жележных кондитерских изделий: отчет о НИОТР (закл.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. В.Н. Бабодей. — Минск, 2022. — 153 с. — № ГР 20192831.

8. Исследование интенсификации процесса сушки солода при предварительной обработке электроактивированным воздухом: отчет о НИОТР (закл.) / Науч.-практ. центр Нац.акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. А.А. Литвинчук. — Минск, 2022. — 144 с. — № ГР 20220025.

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

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

E-mail: aleksmel@tut.by

Жакова Кристина Ивановна, кандидат технических наук, ученый секретарь РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: kristina_min@mail.ru

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 Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: Lovkis.zv@mail.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

Zhakova Christina Ivanovna, PhD (Engineering), Scientific Secretary 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: kristina_min@mail.ru

УДК 642.58:658.5.011

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-14-30](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-14-30)

Поступила в редакцию 28.01.2023

Received 28.01.2023

С. Л. Масанский

Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь

МОДЕЛЬ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ФАКТОРОВ КАЧЕСТВА УСЛУГИ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ФУНКЦИЙ ПО ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЮ

Аннотация. Актуальным является совершенствование системы организации и управления качеством услуги школьного питания в республике, что определило цель исследования. Учитывается гетерогенность системы, обусловленная участием в деятельности разных отраслей и секторов экономики. Выдвинута гипотеза о достижении цели посредством повышения степени взаимосогласованности между внутриотраслевыми функциями. Научная задача — моделирование факторов качества устойчивой услуги школьного питания и функций по его обеспечению в условиях межотраслевых связей. Модель направлена на комплексные решения, в т.ч. в части разработки рационов питания, рецептов, технологий блюд и специализированных продуктов в их составе.

Ключевые слова: услуга школьного питания, устойчивое здоровое питание, качество услуги, комплексный подход, межотраслевая модель факторов и функций, диетические рекомендации на основе продуктов.

S. L. Masansky

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

INTERDISCIPLINARY MODEL OF FACTORS FORMING THE QUALITY OF SCHOOL FOOD SERVICE AND FUNCTIONS FOR ITS PROVISION

Abstract. The improvement of the system of organization and quality management of school meals in the country determined the purpose of this study. The heterogeneity of the system, related to the participation in the activities of different industries and sectors of the economy, was taken into account. A hypothesis has been put forward about achieving the goal by increasing the degree of mutual agreement between intra-industry functions. The scientific task is to model the factors of the quality of sustainable school nutrition services in the context of interdisciplinary relations and functions to ensure it. The model aims creating of complex solutions, incl. developing of diets, recipes, dish technologies and specialized products in the composition of the dishes.

Key words: school feeding service, sustainable healthy eating, quality of service, integrated approach, interdisciplinary model of factors and functions, food-based dietary recommendations.

Введение. В условиях активного развития культурных, социальных, экономических процессов в обществе и усложнения их государственного регулирования на одно из первых мест в науке выдвигается исследование проблематики взаимосвязей в любой общественнозначимой деятельности. В частности, взаимосвязей в деятельности по организации школьного питания, имеющей важное социальное и экономическое значение для государства. Известно, что инвестиции в рамках наиболее эффективных программ школьного питания приносят девятикратный совокупный доход, создавая человеческий капитал для обеспечения будущего экономического роста страны, положительно влияя на образование, общественное здравоохранение, социальную защиту и местное сельское хозяйство [1].

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. Вместе с тем, практика настоятельно требует изучения проблем системности для эффективного государственного управления отраслью на основе комплексных решений. Закономерно резюмировано при последнем обращении к проблемам организации школьного питания на уровне правительства, что *«изменения в организации школьного питания должны существенно повысить эффективность управления в этой сфере и предупредить любые попытки нарушений... Меры должны быть такими, чтобы сделать питание в школах, гимназиях, дошкольных учреждениях действительно вкусным, здоровым, разнообразным и учитывающим пожелания детей»* [2].

Актуальное видение современных факторов здорового питания населения сформулированы в ряде информационных материалов, выпущенных под эгидой ФАО и ВОЗ, в частности [3, 4]. Концепция устойчивого здорового питания увязывает проблему устойчивого развития, связанную с деградацией окружающей среды и природных ресурсов, с проблемой питания населения — неполноценности питания во всех его формах (голод, недоедание, избыточное потребление). Устойчивое здоровое питание рассматривается как такой рацион питания, который способствует всем аспектам здоровья и благополучия людей; не оказывает значительного давления на окружающую среду; является доступным, недорогим, безопасным и справедливым; а также приемлемым с культурной точки зрения. Руководящие принципы концепции являются результатом накопленных методами современной доказательной медицины научных данных [4].

Вместе с тем, ВОЗ констатирует, что мировое сообщество в последние годы отдаляется от решения по достижению целей в области устойчивого развития. И призывает решать проблемы перепроизводства и избыточного потребления товаров, производство которых сопровождается большими объемами выбросов, в странах с высоким уровнем дохода и странах с уровнем дохода выше среднего, в соответствии с рекомендациями по питанию. Подразумевается, как расширение предложения питательных продуктов, составляющих здоровый рацион, так и переход потребителей на эти продукты [5]. Особое значение имеет деятельность государств по реализации программ школьного питания. Как часть концепции устойчивого развития [6], эти программы призваны решать проблему недостаточного или избыточного питания, проблему отходов.

ФАО выступает за комплексный подход к просвещению в вопросах продовольствия и питания, который предполагает активное участие всех членов школьного сообщества, включая детей, их семьи, преподавателей, школьную администрацию, местных фермеров, работников общественного питания, продавцов пищевых продуктов и государственных работников. В условиях тесного сотрудничества между различными сферами государственного управления, призывает создавать благоприятные возможности для выбора в пользу здорового питания в школах, детских садах и яслях. Принимать строгие меры для недопущения воздействия на детей любых форм маркетинга пищевых продуктов с высоким содержанием энергии, насыщенных жиров, транс-жиров, сахара или соли [7].

Актуальность этих проблем в нашей республике также осознается: *«К сожалению, наших детей также затронули негативные явления, связанные с ростом потребления хлебобулочных изделий, чипсов, сладостей, сладких газированных напитков, недостаток микро- и макронутриентов, высокое потребление сахара, соли и трансжиров»* [8].

Республика Беларусь поддерживает цели устойчивого развития [9].

Цель исследования — совершенствование управления системой организации школьного питания в республике на принципах устойчивого здорового питания.

Общая научная задача — моделирование факторов и функций обеспечения качества устойчивой услуги школьного питания в условиях межотраслевых связей.

Материалы и методы. Отбор, анализ, систематизация и логическое обобщение тематической информации, представленной в онлайн-ресурсах Elsevier, PubMed, ResearchGate; экспертные опросы; синтез знаний.

Методология исследования базируется на комплексном подходе, который имеют неразрывную взаимосвязь в научных исследованиях с системным. Комплексный подход определен как стратегия исследовательской и практической деятельности по формированию качества услуги школьного питания путем создания функциональной целостности ее структурных элементов, приемов, методов на основе межотраслевой интеграции формирующих качество функций. Исходя из функциональной структуры системы организации школьного питания, абстрагируясь от конкретных субъектов управления, качество услуги школьного питания рассматривается через ключевые пулы формирующих его функций —

педагогического, нутрициологического, пула функций общественного питания как сферы гостеприимства на потребительском рынке. Гипотеза исследования состоит в интеграции специфических отраслевых функций в рамках комплексной деятельности по формированию качества услуги. Комплексная модель не исключает дифференцированности объединенных в комплекс профессиональных областей, они находятся в единстве — в единстве многообразия — как результат целенаправленной деятельности специалистов разного профиля.

Результаты и их обсуждение. Разработана модель межотраслевых факторов качества услуги школьного питания на принципах устойчивого здорового питания и функций по его обеспечению. Услуга школьного питания рассматривается как результат комплексной деятельности в 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 достижения их устойчивого благополучия.

Модель представлена в виде описания системообразующих ее цели, подходов, методов и матрицы «области качества (факторы) — функции обеспечения качества».

**Модель межотраслевых факторов качества услуги школьного питания
и функций обеспечения качества**

Цель, подходы, методы. Комплексная цель организации школьного питания является системообразующим элементом деятельности по обеспечению качества услуги и состоит в достижении личностного благополучия детей и подростков посредством реализации взаимосвязанных функций обучения, питания и устойчивости: **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 по организации школьного питания рассматривается как процесс упорядочения межотраслевых отношений (связей) посредством сочетания отраслевых функций этой деятельности в соответствии с ее комплексной целью. Межотраслевое взаимодействие в области управления деятельностью на государственном уровне осуществляется методами доказательного регулирования. Единство цели, факторов и функции является условием для управления деятельностью на основе сочетания функционального подхода, применяемого в настоящее время, с процессно-ориентированным подходом.

Механизм реализации функционально-процессного подхода базируется на принципе поэтапной ответственности. Он означает, что в процессе деятельности каждый отвечает за исполнение своих профессиональных функций на определенном этапе комплексной деятельности, а критерием этой ответственности является достижение взаимосогласованности на стыке со следующим этапом деятельности в другой профессиональной области. Ситуация неприемлема, когда одна из сторон устанавливает правила, требования, нормы в отсутствие взаимосогласованных методов и средств для их реализации смежной стороной. Если стыка («зацепления») нет, то сама по себе деятельность каждой стороны нерациональна. Через стыки обеспечивается межотраслевое управление деятельностью, что является условием достижения единой для всех профессиональных областей ее цели.

Представление о структурной организации и специфике функций, присущих каждой области, дает не только ее отраслевое строение (статика системы), но и нахождение данных функций в комплексе с функциями других отраслей (динамика системы).

Условное разделение на профессиональные области (педагогика, нутрициология, гостеприимство) осуществлено в методологических целях для изучения и моделирования комплексной деятельности на основе межотраслевых связей. На рис. 1 представлена модель межотраслевого взаимодействия по обеспечения качества услуги школьного питания (КШП) в рамках функционального (А) и функционально-процессного (Б) подходов. Стыки между функциями деятельностью в соответствующих областях педагогики (Пед.), нутрициологии (Нутр.) и гостеприимства (Гост.) условно показаны заштрихованной областью. Межотраслевое взаимодействие в рамках комплексной деятельности на основе функционально-процессного подхода непрерывное (условно показано закольцованной стрелкой) — рациональность процесса достигается тогда, когда в каждой его точке и каждый момент времени взаимодействие приводит к согласованности на стыках.

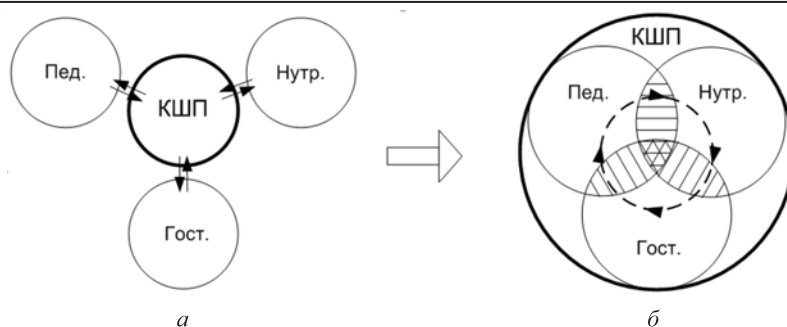


Рис. 1. Логическая модель функционального (А) и функционально-процессного (Б) подхода к обеспечению качества услуги школьного питания

Fig. 1. The logical model of a functional (A) and functional-process process-centric (B) approach to the organization of school meals

Межотраслевое взаимодействие поддерживается системой онлайн-опросов о качестве услуги школьного питания на единой общереспубликанской IT-платформе, функционирующей на основе технологии big data. Данные формируются по каждой школе, городу, району области, республике в целом по результатам анкетирования обучающихся, родителей, учителей, персонала школьных пищеблоков.

Матрица «области качества (факторы) услуги школьного питания — функции обеспечения качества»

Область педагогического качества

Педагогическая составляющая в деятельности по оказанию услуги школьного питания является неотъемлемым ее элементом и должна найти свое отражение в учебных программах. Школьное питание — это больше чем потребление энергии и пищевых веществ. Это часть образования и воспитания в интересах устойчивого развития. Поддержание через школьное питание здорового роста, всестороннего развития культурной и экологической компетентности, способностей к обучению, эмоционального и социального развития, а также навыков правильного пищевого поведения способствует социальному взаимодействию и устойчивому образу жизни в настоящем и будущем.

Администрация школы вносит фундаментальный вклад в создание условий для достижения заданной результативности комплексной деятельности по организации школьного питания. Руководство деятельностью осуществляет директор школы

Факторы	Функции
Содержание образования	Обучение и воспитание экологической культуры, культуры здорового питания, национальным традициям в питании в рамках специальных факультативных дисциплин, школ гастрономического вкуса (развитие вкусовых ощущений, преодоление естественных для детей барьеров «пробовать» новые вкусы, ароматы, текстуры, цвет еды, формирование вкусовой толерантности). Достижение целей устойчивого здорового питания, как части целей устойчивого развития, в рамках программ по естественнонаучным и гуманитарным дисциплинам.
Коллективное взаимодействие	Участие в планировании, реализации, оценке результатов деятельности по организации питания всех членов школьного коллектива. Применение в разных формах педагогических методов когнитивного, эмоционального, поведенческого целедостижения. Организация на систематической основе участия учителя в совместном с учениками приеме пищи (интерактивная, ободряющая и мотивирующая роль учителя как педагога через наблюдение, помощь в выборе; «подталкивание» к правильному выбору, собственный пример; информирование о ценности блюд и продуктов, об экологических последствиях отходов; поощрение правильного пищевого поведения, поведения в столовой и за общим столом; побуждение интереса детей к новым продуктам, вкусам, запахам; поддержание и обсуждение интересных для детей тем за общим столом и др.).

	Организация целенаправленной совместной работы педагогического коллектива, медицинских работников, оказывающих медицинскую помощь детям в школе, психологов и персонала общественного питания по планированию, реализации мероприятий, оценке и контролю питания. Организация совместной работы с учащимися по планированию, реализации и оценке школьного питания, в т.ч. планированию перерывов на обед в течение учебного дня и оценке влияния графика питания на результативность
Пищевое поведение	Формирование экологического мировоззрения для устойчивого развития, преодоление пищевой неophobia к отдельным продуктам (в частности, к рыбе), осознание значения овощей и фруктов в питании для собственного здоровья и экологии окружающей среды. Формирование у обучающихся навыков критического мышления в отношении выбора продуктов, развитие самоконтроля при определении размера порции еды за прием пищи и ее видового состава. Формирование и развитие гастрономического вкуса. Формирование культуры поведения в столовой и за общим столом
Школьное расписание	Организация в соответствии со школьным расписанием не менее 30 минутного перерыва на обед, необходимого для создания в столовой образовательной среды, а также позволяющего минимизировать риски суеты, шума, торопливого поглощения пищи, неполного съедания порции или отказ от нее
Обратная связь с учениками	Организация на систематической основе участия обучающихся в формировании ассортимента (меню). Постоянное анкетирование обучающихся (и их законных представителей) (в перспективе — через общереспубликанскую электронную онлайн-площадку для получения информации как по каждой школе, так и по регионам и республике в целом). Организация на постоянной основе рабочих групп обучающихся по развитию школьного питания. Организация с участием обучающихся постоянного мониторинга потребления и потерь (отходов). Организация помощи старших школьников младшим во время обеда. Инициирование и поддержание проектов обучающихся в социальных сетях для обмена положительным опытом между школами
Имидж школьной столовой	Формирование положительного имиджа школьной столовой. Управление посещаемостью школьной столовой на систематической основе. Воспитание уважение к труду поваров и другого персонала школьной столовой. Профилактика несъеданности (отходов обеденной продукции) на систематической основе через привитие ценностей в отношении ежедневного горячего питания в школе
Информированность об услуге школьного питания	Предоставление открытого доступа к ежедневной информации о характеристиках услуги школьного питания. Информирование о структуре меню через веб-сайт школы, другие электронные каналы связи между домом и школой, что способствует взаимной согласованности домашнего и школьного питания
Участие родителей	Создание на систематической основе условий для вовлечения родителей в организацию питания, ее оценку и разработку мероприятий, а также к обсуждению задач школьного пищевого просвещения. Формирование позитивного отношения родителей к школьному питанию

Программа «Школьный сад»	Реализация в школе программы «Школьный сад», привлечение детей к занятиям садоводством, овощеводством и участию в «создании» пищи, в т.ч. через взаимодействие с местными сельхозпредприятиями, фермерскими хозяйствами, снабжение школьных столовых их продукцией и обеспечение гарантированного доступа и разнообразия фруктов и овощей в рамках программы школьного питания
Безопасность	Обеспечение безопасности образовательной среды
Область нутрициологического качества Деятельность по обеспечению нутрициологического качества направлена на обоснование и адаптацию знаний в области нутрициологии к организации школьного питания в заданных экономических условиях социальной политики государства. Осуществляется в системной связи с педагогической деятельностью и деятельностью общественного питания	
Факторы	Функции
Режим питания	Обоснование режима питания обучающихся в соответствии с комплексной целью организации школьного питания
Сбалансированность питания	Обоснование необходимых и достаточных критериев (индексов качества) для формирования потребительских свойств продуктов, блюд и рационов питания на основе принципов устойчивого здорового питания и современных подходов к диетическим рекомендациям, в частности, рекомендации, основанные на пищевых продуктах. Перманентная гармонизация диетических рекомендаций с педагогическими функциями и функциями гостеприимства. Обоснование структуры ассортимента продуктов для школьного питания, объединенных в группы по экологическому статусу, пищевой ценности, по содержанию отдельных пищевых веществ и рецептурных компонентов с учетом заданных индексов качества. Визуализация структуры ассортимента в составе рациона методом «Модель тарелки». Обоснование кратности (частоты) использования в циклическом меню отдельных групп продуктов. Обоснование структуры ассортимента продуктов промышленного производства в составе рационов питания. Контроль пищевой ценности продуктов с использованием взаимосогласованных методов
Корректирующая способность рациона	Определение порядка использования в питании обогащенных и иных специализированных продуктов
Особые потребности в питании	Методическое обеспечение организации диетического лечебного питания для обучающихся, соблюдающих специальную диету по состоянию здоровья (диетическое лечебное питание)
Вкусовое качество пищи	Обоснование перечня пищевых ингредиентов для формирования вкуса и аромата продуктов и блюд, в т.ч. фирменных, в составе рационов питания
Безопасность	Установление взаимосогласованных требований к обеспечению санитарно-противоэпидемического режима. Надзор за соблюдением санитарно-противоэпидемического режима и профилактика его нарушений
Область качества гостеприимства Функциями деятельности общественного питания, как сферы гостеприимства, являются производство кулинарной продукции и организация обслуживания потребителей. В программе школьного питания эта деятельность направлена на достижение комплексной цели, включающей педагогические и нутрициологические ее аспекты. Как социальное предпринимательство, деятельность предполагает достижение заданных результатов с использованием наименьшего объема средств (экономности) и (или) достижения наилучшего результата с использованием определенного бюджетом объема средств (результативности).	

Факторы	Функции
Номенклатура услуг	Удовлетворение обоснованных потребностей в питании в их многообразии, определяемыми культурными, этническими, религиозными, физическими, психическими, специальными в отношении здоровья особенностями детей и подростков
Качество питания	Планирование и формирование рационального ассортимента продуктов в составе рационов школьного питания, произведенных методами общественного питания и пищевой промышленности. Планирование и реализация деятельности по предоставлению школьного обеда методами общественного питания. Планирование ассортимента в составе школьного обеда в виде циклического сезонного меню. Обеспечение заданного уровня качества блюд и изделий по показателям пищевой ценности, вкуса, аромата, цвета. Создание условий сохранения температуры пищи перед подачей в течение безопасного для этого периода времени и ее подачи заданной температуры. Организация целенаправленной работы по постепенному сокращению потребления сахара и соли. Оценка на еженедельном уровне общей энергетической ценности рациона питания и энергопроцента пищевых веществ. Бракераж пищи по органолептическим показателям на систематической основе. Измерение и оценка уровня отходов (несъедобности) обеденной продукции на систематической основе, планирование и реализация мер по его снижению. Самооценка деятельности по актуальным критериям качества услуги школьного питания
Разнообразие ассортимента	Планирование меню на цикл не менее 4-х недель. Обеспечение разнообразия и реформируемости (сменяемости) блюд в меню с учетом необходимости приобщения детей к новым блюдам, продуктам, формирования их толерантности к разным вкусам пищи. Совершенствование ассортимента блюд, разработка и внедрение новых блюд и изделий
Качество исходного сырья	Закупка сырья с учетом приоритета качественных показателей перед стоимостными в условиях детерминированности бюджета. Закупка сырья преимущественно от местных производителей. Обеспечение сохраняемости и безопасности продуктов в соответствии с правилами приемки и хранения. Контроль на систематической основе за скоропортящимися продуктами в процессе их обращения
Профессиональная квалификация персонала	Обеспечение заданного уровня профессиональной квалификации персонала школьной столовой. Соблюдение персоналом профессиональной, в сфере гостеприимства, этики, выраженной в проявлении заботы, радушия, дружелюбия, создании атмосферы санитарно-гигиенического комфорта. Создание условий для профессионального развития персонала, поощрения и удержания компетентных и преданных своему делу сотрудников. Организация постоянного повышения квалификации. Организация обмена опытом с персоналом других школ. Самоконтроль соблюдения санитарно-гигиенических правил, правил личной гигиены. Профилактика и неприятие мошеннических или вводящих в заблуждение практик
Технологические условия производства	Обеспечение заданной производительности технологического процесса. Обеспечение максимальной сохраняемости пищевой ценности сырья в процессе технологической обработки и хранения. Минимизация производственных отходов. Оптимизация ресурсоемкости технологического процесса

Эргономические и информационные условия обслуживания	Организация эстетической и комфортной внутренней среды в школьной столовой (звук, свет, цвет, мебель, посуда, ощущение свежести, неторопливость, разграничение потоков). Организация обслуживания методом подачи для младших школьников и методом предложения для старших через производительную систему обслуживания, которая поддерживает выбор здорового питания, способствует развитию самоконтроля, навыков самообслуживания у учащихся, вызывает любопытство к блюдам, исключает принуждение, в т.ч. в части самостоятельного определения размера порции. Использование приемов обслуживания, стимулирующих потребление фруктов, овощей и другой растительной пищи. Предоставление информации при обслуживании об основных ингредиентах, веществах-аллергенах, обогащающих добавках в составе блюд. Информирование о пищевой ценности блюд и изделий. Визуализация информации в зоне обслуживания об адекватном для разного возраста детей объеме порции. Обеспечение постоянного доступа к питьевой воде. Обеспечение необходимых и достаточных условий для мытья, дезинфекции рук перед приемом пищи с учетом интенсивности потоков
Стоимость питания	Предоставление равного по потребительским и стоимостным характеристикам питания за родительскую плату и средства бюджета
Безопасность	Соблюдение требований к обеспечению санитарно-противоэпидемического режима, иных требований к безопасности в процессе производства и обслуживания. Разработка, внедрение и поддержание документированной системы самоконтроля для выявления, оценки, устранения или минимизации возможных опасностей для здоровья в процессе производства продуктов питания. Организация обучения персонала надлежащей гигиенической практике с заданной периодичностью.

Принципиально важной характеристикой модели является ее междисциплинарность. Междисциплинарный подход к программе школьного питания базируется на фундаментальном положении о том, что требуется учитывать множество из биологических, культурных, социальных, образовательных, психологических, физических, производственных контекстов [10, 11]. Акцент делается на пропаганду здорового и устойчивого пищевого поведения на основе интеграции проблем здоровья и устойчивости в процессе их решения [12]. Эта деятельность рассматривается как педагогическая — школьное питание с начала 2000-х тысячных годов стало частью национальных учебных программ во многих странах. Решение актуальных проблем организации питания найдено в рамках педагогической модели питания (педагогический, образовательный, обучающий обед) [13, 14].

Помимо удовлетворения потребности в энергии и пищевых веществах, питание используется в качестве педагогического инструмента в рамках миссии школы по предоставлению учащимся знаний об устойчивом образе жизни. Стратегическая цель — овладеть за время обучения в школе навыками повседневного выбора продуктов (блюд) здорового питания, разнообразием альтернативных пищевых продуктов и их значением, стремясь к пищевой компетентности и формированию чувства еды. Чувство еды — это личное и основанное на опыте понимание выбора еды, которое характеризует одну из ключевых адаптационных способностей человека. Принципиальный посыл при этом — не существует единственного способа питания, способствующего устойчивому благополучию [15]. При обучении детей важно понимание, что их питание может значительно отличаться от одного дня к другому и адекватность потребления энергии может быть оценена только в долгосрочной перспективе [16].

Просвещение в области пищевых продуктов и питания подтверждено в качестве важнейшей стратегии устойчивого улучшения способности людей использовать имеющиеся у них ресурсы для более здорового питания. В этом контексте школа является важной платформой для продвижения работы и приверженности достижению улучшения питания. Доказано, что

эффективное школьное просвещение в области пищевых продуктов и питания благоприятно влияет на рацион питания (особенно потребление фруктов и овощей), возможности и перспективы, связанные с пищевыми продуктами, и общий пищевой статус школьников [17, 18, 19, 20, 21].

Достижение педагогических целей в области просвещения возможно не только в рамках специальных курсов, но и в рамках общеобразовательных дисциплин [22, 23, 24]. 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 — потрачены ресурсы на производство, необходимы ресурсы на утилизацию, отходы пищи губительно сказываются на окружающую среду [25].

Образовательная и другая политика, закреплённая в учебной программе, может быть реализована только тогда, когда весь педагогический состав школы знает, понимает и стремится ее соблюдать [26]. В этой связи ключевая роль в организации питания принадлежит директору школы [27]. Вместе с тем в условиях постоянной загруженности и многозадачности является проблемой признания учителями важности этой работы, принятие ее в качестве образовательной цели. Решение проблемы в комплексном и целостном подходе в учебном процессе к программе укрепления здоровья, а не в организации решения только отдельных задач для достижения этой цели, в т.ч. связанных со школьным питанием [28]. Все это требует специальных решений, как на институциональном уровне, так и на уровне непосредственно учебных заведений.

Диетологические меры ориентированы на работу с продуктами питания (натуральными, обработанными, обогащенными или в сочетании) как с основным инструментом улучшения качества рациона и преодоления и профилактики проблемы неполноценного питания. Здоровое питание предполагает потребление в течение определенного промежутка времени сбалансированного, разнообразного и должным образом подобранного ассортимента продуктов. Здоровый рацион является профилактикой неполноценного питания во всех его формах, а также неинфекционных заболеваний, и обеспечивает удовлетворение потребностей в макронутриентах (белках, жирах и углеводах, включая клетчатку) и основных микронутриентах (витаминах, минералах и необходимых в малых количествах микроэлементах) с учетом пола, возраста, уровня физической активности и психологического состояния человека [29].

Современные подходы к диетическим рекомендациям для населения основаны на использовании в питании отдельных групп продуктов, их количества и частоты употребления. Подход получил название «диетические рекомендации, основанные на пищевых продуктах» [30]. Объективно это связано с эволюцией диетических рекомендаций по питанию, в которых понимание сбалансированности питания и применение этих знаний на практике объективно претерпевает трансформацию. Как иллюстрация — 80-е годы прошлого столетия, академик А.М. Уголев: *«Попытка охарактеризовать питание как сбалансированный процесс поступления и расхода пищевых веществ — важный дефект классической теории питания»* [31]. С начала 2000-х годов обоснование диетических рекомендаций, основанных на пищевых продуктах [32] — *«подход, основанный на питательных веществах, может способствовать развиту диет, противоречащих здравому смыслу»* [33]. В рекомендациях ВОЗ 2001 года: *«Нет никаких указаний на то, что именно такое количество энергии должно потребляться каждый день, а также чтобы рекомендованное потребление было постоянным изо дня в день»* [34]. Академик Тутельян В.А. (2010 г): *«Более уместно представление об адекватной пище, которая широко варьирует в зависимости от внешних условий и функционального состояния организма»* [35].

С начала двухтысячных годов этот подход начал применяться в программах школьного питания на смену подходу, основанному на нормировании питания по эталонным значениям физиологической потребности в пищевых веществах и энергии. Принципиальным в данном подходе является понимание того, что по организационным и экономическим причинам в сфере общественного питания невозможно обеспечить питание, энергетическая и пищевая ценность которого строго отвечает индивидуальным возрастным и гендерным потребностям детей и подростков. Соответственно, не оправдано прямое использование научных данных об их физиологической потребности в пищевых веществах и энергии в качестве критериев для практической организации школьного питания. Необходим промежуточный этап адаптации этих данных к практике, когда трансформируются и интегрируются эталонные значения в рекомендации по питанию на основе пищевых продуктов с учетом аспектов экологи-

ческой устойчивости. Применительно к организации школьного питания этот подход в максимальной степени реализован в Стандарте качества питания в школе, разработанном Немецким обществом питания в 2022 году [36].

На этапе адаптации на основе методов анализа, систематизации, обобщения, структурирования, синтеза осуществляется расчет потребности в пищевых продуктах в составе рациона исходя из их пищевой и энергетической ценности и физиологических норм питания детей и подростков разных возрастных категорий, усредненных по гендерным различиям. В результате определяются следующие количественные индексы качества рациона: структура (состав) отдельных групп продуктов в рационе, суммарное количество продуктов каждой группы из расчета на неделю для одного школьника; кратность использования продуктов в цикличном рационе школьного питания при цикле не менее 4-х недель; индексы, нормирующие пищевую ценность отдельных продуктов.

Индексы пищевой ценности продуктов являются следствием концепции устойчивого здорового питания и отражают меры по сокращению в питании соли, сахара, насыщенных жиров, увеличению пищевых волокон, источников растительного белка, овощей, фруктов. Индексы являются также основанием при разработке новых блюд и специализированных продуктов.

Таким образом, в целях госрегулирования организации школьного питания, непосредственно в школьных столовых используются индексы, относящиеся к пищевым продуктам, а не к эталонным значениям физиологической потребности в энергии, белках, жирах, углеводах и других веществах — научные данные адаптируются к практике. Выбор продуктов и частота их употребления обеспечивают основу для планирования питания в соответствии с научными принципами здорового питания детей и подростков. Если индексы последовательно соблюдаются при планировании меню, то предполагается, что пищевая и энергетическая ценность рациона соответствует рекомендуемым эталонным значениям. Исходят при этом из правила, согласно которому рекомендуемые значения не могут и не должны соблюдаться каждый день, не пропорциональны за один прием пищи — достаточно, если цели достигаются в среднем за неделю. «*Следует избегать «чрезмерных» расчетов с эталонными значениями*» [37].

В табл. 1 в качестве примера приведены индексы, применяемые в отношении школьного питания в Германии и Франции. Структура индексов учитывает сложившиеся местные традиции в питании. Принципиально важно, что при таких подходах к индексированию упрощается процесс планирования питания. Для персонала школьных пищеблоков обеспечивается возможность разнообразно и творчески разрабатывать предложение по ассортименту блюд в составе рациона, в т.ч. за счет фирменных блюд, соответствующих спросу. С более высокой степенью эффективности достигаются образовательные цели — диетические рекомендации, основанные на продуктах, более понятны для детей и легче осваиваются ими на собственной практике.

Таблица 1. Индексы качества рационов школьного питания, основанные на пищевых продуктах (на примере школьного обеда для начальной школы в 20-дневном цикличном рационе)

Table 1. Food-Based School Diet Quality Indices (Example of Primary School Lunch in a 20-Day Meal Cycle)

Франция (рекомендации 2011 года)	Германия (стандарт 2022 года)
Индексы	
Хлеб: в свободном доступе; Крахмалистые продукты, бобовые, каши: <i>кратность:</i> 10 раз в виде самостоятельного или в составе основного блюда	Зерно, зерновые продукты, и картофель: <i>количество:</i> около 600 г в неделю (в сумме); <i>кратность:</i> 5 раз в неделю, из них: мин. 1 раз цельнозерновые продукты; макс. 1 раз продукты из картофеля
Овощи, фрукты: <i>количество:</i> рекомендация по увеличению потребления; <i>кратность:</i> не менее 10 раз из сырых овощей или свежих фруктов в виде закуска или гарнира; не менее 8 блюд в виде сырых фруктов на десерт; 10 раз из вареных овощей в виде гарнира или в составе основного блюда	

Продолжение табл. 1

Франция (рекомендации 2011 года)	Германия (стандарт 2022 года)
Индексы	
Молоко и молочные продукты: <i>кратность:</i> не менее 8 раз с использованием в качестве закуски или молочных продуктов сыров, содержащих не менее 150 мг кальция на порцию; не менее 4 раз с использованием в качестве закуски или молочных продуктов сыров с содержанием кальция от 100 до 150 мг на порцию; не менее 6 раз молочные продукты или молочные десерты, содержащие более 100 мг кальция и менее 5 г жира на порцию	Овощи, салат: <i>количество:</i> около 800 г в неделю (в сумме); <i>кратность:</i> 5 раз в неделю, из них: мин. 2 раза сырые овощи; мин. 1 раз бобовые в количестве 80 г
Мясо, рыба, колбаса: <i>количество:</i> пальчики, оладьи, наггетсы из домашней птицы — около 60 г (в сыром виде); мергез, чиполата, сосиски франкфуртские, страсбургские, тулусские, из мяса птицы, другие различные сосиски — около 100 г; котлеты из говядины, баранины, баранины или из смеси фаршей — около 90 г (в сыром виде); котлета из телятины, птицы, кролика, кордон блю, котлета в панировке из птицы — около 70 г; говяжий фарш, говяжий бургер — около 70 г; мясной фарш для болоньезе, говяжий фарш, бургер из телятины, оладьи из телятины — около 70 г; котлеты, рыба в панировке или в оболочке (крокеты, попеты и др.) — около 70 г; <i>кратность:</i> не менее 4 приемов пищи с использованием в качестве основного блюда мясного фарша из говядины, телятины, баранины или мясных субпродуктов; не менее 4 приемов пищи с использованием в качестве основного блюда рыбы или блюда, приготовленного не менее чем на 70 % из рыбы и содержащего как минимум в два раза больше белка, чем жира; не менее 4 приемов пищи с использованием в качестве основного блюда мясных, рыбных или яичных продуктов, содержащих менее 70 % этих продуктов	Фрукты (свежие или замороженные; без сахара или подсластителя); орехи (несоленые), семена масличных культур <i>количество:</i> около 150 г в неделю; <i>кратность:</i> мин. 2 раза, из них 1 раз цельный фрукт Молоко и молочные продукты (без сахара или подсластителя; макс. содержание жира 3,8%, творог: макс. содержание жира 6%; сыр: макс. содержание жира 30%): <i>количество:</i> около 200 г в неделю (в сумме); <i>кратность:</i> 2 раза в неделю
Составные блюда: минимальный вес белковых продуктов в составном блюде (квашеная капуста, паэлья, фарш из Пармантье, фирменные блюда, фаршированные овощи, равиоли, каннеллони, лазанья, другие составные блюда) — около 70 г; вес порции блюда, включающей белковые продукты, начинку и соус (квашеная капуста, паэлья, фарш из Пармантье, фирменные блюда, фаршированные овощи, равиоли, каннеллони, лазанья, другие сложные блюда) — около 250 г; мучные изделия (блины, пицца, крок-месье, деликатесы, пирог с заварным кремом и другие) подаются в качестве основного блюда — около 150 г; кнедлик — около 80 г	Мясо (постное), колбаса, рыба и яйца: <i>количество:</i> около 60 г в неделю мясо/колбаса; <i>кратность:</i> макс. 1 раз в неделю мясо/колбаса, из них: мин. 2 раза постное мясо в течение 20 дней питания; <i>количество:</i> около 45 г в неделю рыба; <i>кратность:</i> 1 раз в неделю рыба, из них мин. 2 раза жирная рыба в течение 20 дней питания; <i>количество:</i> 20–30 г яиц в неделю
Жирные продукты (продукты жирностью более 15%): <i>Кратность:</i> не более 4 закусок из жирных продуктов; не более 3 десертов из жирных продуктов; не более 4 основных блюд или начинок, приготовленных из жареных или предварительно обжаренных жирных продуктов; не более 2 белковых блюд, которые будут содержать столько же или больше жира, чем белка	Масла и жиры (рапсовое, льняное, оливковое, соевое, ореховое), маргарин (на основе этих масел): <i>количество:</i> около 30 г в неделю (рапсовое масло в качестве стандартного)

Окончание табл. 1

Франция (рекомендации 2011 года)	Германия (стандарт 2022 года)
Индексы	
Десерты: <i>кратность:</i> не более 4 десертов, приготовленных из сладких продуктов, содержащих более 20% простых сахаров и менее 15% жира; <i>количество:</i> свежая или замороженная выпечка, приготовленная из заварного теста, порционная или нарезанная — около 20–45 г; свежая, замороженная или обезвоженная выпечка, порционная, нарезанная или подлежащий восстановлению — около 40–60 г; упакованные сухие кондитерские изделия (любые виды печенья и тортов, сохраняющие форму комнатной температуры), подаваемые в качестве основных блюд — около 20–30 г; мороженое (в мл) — около 50–100; мусс (в cl) — около 10–12	Напитки (вода, фруктово-травяной чай — каждый без сахара или подсластителя): <i>Количество, кратность:</i> доступны в любое время
Напитки: Вода в свободном доступе	

Во Франции при планировании обеда в школе энергетическая ценность его не устанавливается. В Германии эталонное значение энергетической ценности школьного обеда для начальной школы 450 ккал (из расчета 25% от суточной потребности). Применяется так называемый «четвертной подход» («quarter approach») к распределению энергетической ценности по приемам пищи — по 25% на завтрак, обед и ужин от рекомендуемой суточной физиологической нормы и по 12,5% на каждый из двух перекусов.

В табл. 2 смоделировано применение «четвертного подхода» к организации школьного питания в нашей республике.

Таблица 2. Энергетическая ценность приемов пищи обучающихся при одно-, двух- или трехразовом питании

Table 2. The energy value of school meals with one, two or three meals a day

Категория	Экспресс-питание 1 (организованной группой; перед занятиями)	Школьный обед (обязательный прием горячего питания — после 11.00)	Экспресс-питание 2 (организованной группой; через 3,5–4 часа после обеда)
	Энергетическая ценность, % от суточной потребности		
За счет бюджета	12,5	25	12,5
За родительскую плату	12,5	25	12,5

Школьный обед — обязательный для всех обучающихся прием пищи по единому меню, как за счет бюджета, так и родительскую плату. Экспресс-питание за родительскую оплату не является обязательным — школа лишь предоставляет такую возможность. Родители могут использовать эту возможность, или обеспечить питанием своих детей другими методами, но ответственность за полноценность ежедневного питания с учетом школьного питания является базовым принципом. Как часть этой ответственности — домашний завтрак.

Бюджетная дотация предусматривается на школьный обед. Государство предоставляет также дотацию на один или два экспресс-приема пищи в зависимости от длительности пребывания в учебном заведении (из расчета 3,5–4 часа между приемами) для отдельных категорий обучающихся (из малообеспеченных семей, многодетных семей, детей-инвалидов и других).

Обед реализуется методами общественного питания — должно предоставляться горячее свежеприготовленное «домашнее» питание из местного сырья. Обслуживание осуществляется методами самообслуживания. Обслуживание старших школьников — с элементами «шведского стола».

При экспресс-питании — обслуживание организованных групп методами самообслуживания через буфет. В основе ассортимента для экспресс-питания — специализированные продукты, произведенные пищевой промышленностью. Использование именно специализированных продуктов (в т.ч. обогащенных) является очевидной ценностью, которую це-

ленаправленно может обеспечить государство в системе организации школьного питания для корректировки пищевого статуса детей и подростков в ответ на неблагоприятные факторы внешней среды [38].

При этом роль пищевой промышленности в системе организации школьного питания, модернизированной в республике на самом высоком технологическом уровне, существенно возрастет. Ожидается гарантированный ежедневный сбыт такой продукции, соответственно, экономическая заинтересованность ее производить (которой сейчас нет). Ожидается сокращение издержек производства продукции общественного питания — производство локализуется для организации обеда. У поваров появится время и возможность уделять больше внимания качеству блюд и обслуживанию — при минимальном их штате это принципиально важно.

Как видно из табл. 3, энергетическая ценность обеда из расчета 25% от суточной физиологической потребности, принятой в республике, не ниже, чем энергетическая ценность обеда в других странах с высоким уровнем доходов населения, исходя из действующих в них физиологических норм питания (в т.ч. северных странах Европы).

**Таблица 3. Энергетическая ценность школьного обеда в некоторых странах
(на примере учащихся начальной школы)**

**Table 3. The energy value of school lunch in some countries
(using the example of primary school students)**

Страна	Энергетическая ценность обеда, в % от суточной потребности	Энергетическая ценность обеда, ккал
Беларусь	25	550*
Германия	25	450
Финляндия	30	550
Швеция	30	500
Англия	30	550

*Расчетное значение — 25% от среднего значения суточной физиологической нормы для младших школьников, для старших школьников следует исходить из верхней границы физиологической нормы

Такой подход позволит разрешить проблему образования отходов, возможных из-за относительно большого объема пищи, одновременно предлагаемой на обед. Например, в условиях действующих норм для учащегося 6 — 10 лет объем составляет порядка 760 г и, как показывает практика, все не съедается. Предлагается планировать меньшее количество пищи на обед, но обеспечить возможность для двух, трехразового питания в школе. В этом случае достижима рациональная его организация с учетом домашнего питания, что подтверждает опыт других стран. Государство гарантирует через систему организации питания в школе восполнение минимум 50% суточной потребности в энергии.

Доказанным фактом является то, что вкусовые качества и эстетика еды являются ключевыми факторами выбора ее учащимися [39, 40, 41]. Что именно вкусовые свойства блюд являются основной причиной отказа от школьного обеда в пользу перекуса в буфете. Низкое вкусовое качество пищи является одной из причин чрезмерного потребления сахара, соли и жира [42], а в целом негативно сказывается на здоровье и социальном благополучии [43]. В частности, для формирования вкуса не запрещено использование в других странах в качестве приправ перец, горчицу, уксус, чеснок и другие вкусовые рецептурные компоненты в допустимых количествах. Это соответствует комплексной цели — довести вкус и минимизировать отходы, сформировать и закрепить на будущее правильное пищевое поведение в отношении таких продуктов.

Таким образом, ключевое значение имеет конвергенция деятельности нутрициологов, персонала школьных столовых и школьных педагогов. От первых необходимы актуальные практико-ориентированные диетические рекомендации на основе современных подходов, передового опыта и принципов устойчивого здорового питания. Вторые должны иметь возможность предлагать разнообразную и вкусную еду, в разных ее видах, чтобы дать полное представление о еде в современной реальности. Педагоги — использовать педагогические методы, вызывающие у детей положительные эмоции в ситуациях, связанных с едой и приемом пищи, поощрять их изучать новые продукты, вкусы, цвета, текстуры, запахи, а также традиции и кухни других культур, формировать правильные пищевые навыки на будущее

[44, 45]. Педагогика питания всегда должна исходить из того, что учиться и открывать для себя новое в питании должно быть интересным для детей [46]. Межотраслевое взаимодействие при подготовке нормативных документов в целях госрегулирования осуществляется методами доказательного регулирования [47].

Персонал школьных пищеблоков приобретает образовательные функции. Поэтому важно создать для персонала таких условий для работы, сформулировать такие диетологические требования, при которых они могли бы подвергать сомнению традиционные практики в организации питания и предлагать новые, более эффективные для данной школы. Вся работа школьного общепита требует скорости, сотрудничества, гибкости, новаторства и приверженности делу [48]. Профессиональное участие в обеспечении вкуса, создании атмосферы гостеприимства во время приема пищи является основным способом для достижения цели. Созданная персоналом совместно с учителями спокойная и приятная обстановка во время приема пищи, достаточно продолжительный перерыв, чтобы обучающиеся могли и хотели с удовольствием поесть — факторы полноценного питания и сокращения отходов [49, 50, 51].

Заключение. В работе сформировано унифицированное представление о структурной организации системы межотраслевых факторов и функций, формирующих и обеспечивающих качество услуги школьного питания. В основе комплексной деятельности — интеграция целенаправленных ее составляющих из областей педагогики, нутрициологии и сферы гостеприимства. Межотраслевое взаимодействие и взаимное влияние в рамках комплекса приводит к известной трансформации функций, что важно учитывать при нормотворчестве в целях госрегулирования этой деятельности и совершенствования управления.

В контексте исследования комплексной деятельности выявлены тенденции ее развития, базирующиеся на педагогической модели школьного питания, на принципах устойчивого здорового питания и диетических рекомендациях, основанных на продуктах питания, которые являются актуальными для модернизации отечественной практики.

Подобная модернизация потребует, в частности, пересмотра структуры и содержания нормативных требований к рационам питания, ассортименту, рецептурам, технологиям продукции общественного питания и специализированных продуктов промышленного производства в составе рационов.

Список использованных источников

1. State of School Feeding Worldwide 2020 [Электронный ресурс] // WFP. — Режим доступа: <https://www.wfp.org/publications/state-school-feeding-worldwide-2020>. — Дата доступа: 12.11.2021.
2. *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.
3. ВОЗ. «Устойчивое здоровое питание — Руководящие принципы» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fao.org/3/ca6640ru/CA6640ru.pdf>. — Дата доступа: 12.11.2021.
4. ВОЗ. 2018 Здоровое питание. Справочное досье ВОЗ №394 (обновлено в августе 2018 года) / Женева, Всемирная организация здравоохранения, 2018 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/healthydiet_factsheet/en/. — Дата доступа: 12.11.2021.
5. ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. 2022 год. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире — 2022. Переориентация политики в области продовольствия и сельского хозяйства в интересах повышения экономической доступности здорового питания [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://doi.org/10.4060/ss0639ru>. — Дата доступа: 12.11.2021.
6. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Электронный ресурс] // United Nations. — Режим доступа: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf. — Дата доступа 12.12.2021.
7. План действий в области пищевых продуктов и питания на 2015–2020 гг. — Режим доступа: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/294475/European-Food-Nutrition-Action-Plan-20152020-ru.pdf. — Дата доступа: 12.12.2021. — Дата доступа: 12.11.2021.

8. Головченко: питание в школах должно быть действительно вкусным, здоровым и учитывающим пожелания детей [Электронный ресурс] // БЕЛТА. — Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/golovchenko-pitanie-v-shkolah-dolzno-byt-vkusnym-i-zdorovym-532649-2022/>. — Дата доступа: 23.11.2022.
9. 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/Kontseptsijana-sajt.pdf>. — Дата доступа: 12.11.2021.
10. Role of government policy in nutrition—barriers to and opportunities for healthier eating [Electronic resource] / D. Mozaffarian [et al.] // *BMJ Clinical Research*. — 2018. — Vol. 361. — Режим доступа: <https://www.bmj.com/content/361/bmj>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: [org/10.1136/bmj.k2179](https://doi.org/10.1136/bmj.k2179).
11. Interdisciplinary Educational Interventions Improve Knowledge of Eating, Nutrition, and Physical Activity of Elementary Students [Electronic resource] / Mayra Lopes de Oliveira [et al.] // *Nutrients*. — 2022, July. — Vol. 14(14). — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9319735>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: [10.3390/nu14142827](https://doi.org/10.3390/nu14142827).
12. Are school meals a viable and sustainable tool to improve the healthiness and sustainability of children's diet and food consumption? A cross-national comparative perspective [Electronic resource] / M. Oostindjer [et al.] // *In press: Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 2016. — Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/translate.goog/27712088/>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: [10.1080/10408398.2016.1197180](https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1197180).
13. *Benn, J.* Learning through school meals? [Electronic resource] / J. Benn, M. Carlsson // *Appetite*. — 2014. — Vol. 78. — Режим доступа: https://www.academia.edu/11956976/Learning_through_school_meals. — Дата доступа: 12.11.2021.
14. Масанский, С. Л. Нормирование школьного питания на основе педагогической модели питания / С. Л. Масанский // *Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий*. — 2021. — № 2(31). — С. 49–61.
15. *Janhonen, K.* Perusopetuksen ruokakasvatus ravintotiedosta ruokatajuun. Luova ja vastuullinen kotitalousopetus / K. Janhonen, J. Млкелд, Р. Palojoiki // *Creative and responsible home economics education*. — 2015. — Vol. 38. — P. 107–120.
16. Eating and learning together — recommendations for school meals [Electronic resource] // *Julkari*. — Режим доступа: https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134867/URN_ISBN_978-952-302-844-9.pdf?sequence=1. — Дата доступа: 09.11.2021.
17. School-based food and nutrition education [Electronic resource] // *A white paper on the current state, principles, challenges and recommendations for low- and middle-income countries*. — Rome: FAO, 2020. — 322 p. — Режим доступа: <https://www.fao.org/documents/card/ru/c/cb2064en/>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: [org/10.4060/cb2064en](https://doi.org/10.4060/cb2064en).
18. *Baker, S.* Promoting children's healthy habits through self-regulation via parenting. *Clin. Child Fam* [Electronic resource] / S. Baker, A. Morawska, A. Mitchell // *Psychol. Rev.* — 2019. — Vol. 22. — P. 52–62. — Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30725307/>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: [10.1007/s10567-019-00280-6](https://doi.org/10.1007/s10567-019-00280-6).
19. *Prado, B. G.* Aзxes de educaзro alimentar e nutricional para escolares: Um relato de experikncia / B. G. Prado [et al.] // *Demetra Aliment. Nutr. Saэde*. — 2016. — № 11. — P. 369–382.
20. *Antwi, J.* Nutrition education impact on nutrition knowledge, attitude and practice of schoolchildren: A pilot study in Ghana // *Current Developments in Nutrition*. — 2020. — Vol. 4, Iss. 2. — P. 1287. DOI: [org/10.1093/cdn/nzaa059_004](https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa059_004).
21. *Graziose, M. M.* Costeffectiveness of a nutrition education curriculum intervention in elementary schools / M. M. Graziose [et al.] // *Journal of Nutrition Education and Behavior*. — 2017. — Vol. 49, Iss. 8. — P. 684–691. DOI: [10.1016/j.jneb.2016.10.006](https://doi.org/10.1016/j.jneb.2016.10.006).
22. *Katarina, B. Putica* Improving high-school students' conceptual understanding and functionalization of knowledge about digestion through the application of the interdisciplinary teaching approach / Katarina, B. Putica, Dragica D. Trivi□ // *Journal of Baltic Science Education*. — 2017. — Vol. 16, № 1. — P. 1123–1139. DOI: [10.33225/jbse/17.16.123](https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.123).
23. Interdisciplinary Educational Interventions Improve Knowledge of Eating Nutrition and Physical Activity of Elementary Students [Electronic resource] // *Nutrients*. — 2022. — Vol 14. — Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/361866246>. — Дата доступа: 14.11.2022. DOI: [10.3390/nu14142827](https://doi.org/10.3390/nu14142827).
24. *Virginia, C.* Stage Exploring the Associations Among Nutrition, Science, and Mathematics Knowledge for an Integrative, Food-Based Curriculum [Electronic resource] / Virginia, C. Stage // *The Official Journal of the American School Health Association*. — 2018. — Vol. 88,

- Iss.1. — P. 15–22. — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5728171/>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI.org/10.1111/josh.12576.
25. 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.
26. Pike, J. «I Don't Have To Listen To You! You're Just A Dinner Lady!»: Power and Resistance at Lunchtimes in Primary Schools. / J. Pike // *Children's Geographies*. — 2019. — Volume 8. — P. 275–289. DOI.org/10.1080/14733285.2010.494867.
27. Lintukangas, S. Kouluruokailuhenkilöstö matkalla kasvattajaksi. [School catering staff to act as educators in comprehensive schools] [Электронный ресурс] / S. Lintukangas; Helsinki : Helsingin yliopisto: Yliopistopaino // HELDA. — 2009. — Vol. 20 — Режим доступа: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20045/kouluruo.pdf?sequence=3>. — Дата доступа: 10.11.2021.
28. Velasco, V. Multiple Health Behavior Programs in School Settings: Strategies to Promote Transfer-of-Learning Through Life Skills Education / V. Velasco, C. Celata, K. Griffin, // *Frontiers in Public Health*. — 2021. — Volume 9. — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8421726/pdf/fpubh-09-716399.pdf>. — Дата доступа: 12.11.2021.
29. Vision and Strategy for FAO's Work in Nutrition (2021). — Режим доступа: <https://www.fao.org/3/ne853en/ne853en.pdf>. — Дата доступа: 12.11.2021.
30. Сбмара, М. Food-Based Dietary Guidelines around the World: A Comparative Analysis to Update AESAN Scientific Committee Dietary Recommendations [Электронный ресурс] / М. Сбмара [et al.] // *Nutrients*. — 2021. — Vol. 13(9). — Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8471688/pdf/nutrients-13-03131.pdf>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: 10.3390/nu13093131.
31. Уголев, А. М. Теория адекватного питания и трофология / А. М. Уголев. — Л.: Наука, 1991. — 272 с.
32. Developing Food-based Dietary Guidelines. A manual from the English-speaking Caribbean [Электронный ресурс] // FAO. — Режим доступа: <https://www.fao.org/3/ai800e/ai800e.pdf>. — Дата доступа: 12.11.2021.
33. Mozaffarian, D. Dietary Guidelines in the 21st Century--a Time for Food [Электронный ресурс] / D. Mozaffarian, D. Ludwig // *JAMA*. — 2010. — Vol. 304. — P. 681–682. — Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20699461/>. — Дата доступа: 12.11.2021. DOI: 10.1001/jama.2010.1116.
34. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Rome [Электронный ресурс] // FAO. — Режим доступа: <http://www.fao.org/3/y5686e/y5686e.pdf>. — Дата доступа: 11.10.2021.
35. Тутельян, В. А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян [и др.]. — М.: Издательский дом «Панорама», 2010. — 816 с.
36. DGE-Qualitätsstandard für die Verpflegung in Schulen / Deutsche Gesellschaft für Ernährung. V. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.schuleplusessen.de/fileadmin/user_upload/medien/DGE-QST/DGE_Qualitätsstandard_Schule.pdf. — Дата доступа: 12.11.2021.
37. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE). — Bonn, 2021. — 2. Auflage; 7. aktualisierte Ausgabe. — 292 s.
38. Масанский, С. Л. Нормирование школьного питания на основе педагогической модели питания / С. Л. Масанский // *Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий*. — 2021. — № 2(31). — С. 49–61.
39. Benn, J. Giver skolemad nring for lkring? lkringsmiljø, trivsel og competence / J. Benn [et al.]; Aarhus Universitet // *Sundhed, samfund, pædagogik og lkring*. — 2010. — Vol. 2. — 45 s.
40. Guerrero, K. What Role Does Taste Play in School Meal Studies? A Narrative Review of the Literature / K. Guerrero, A. Olsen, K. Wistoft // *The Journal of Child Nutrition & Management*. — 2018. — Vol. 42. — 16 pag.
41. Murimi, M. Qualitative Study on Factors that Influence Students' Food Choices / M. Murimi [et al.] // *Journal of Nutrition & Health*. — 2016. — Vol. 2. — 6 pag.
42. Mouritsen, O. Deliciousness of food and a proper balance in fatty acid composition as means to improve human health and regulate food intake / O. Mouritsen // *Flavour*. — 2016. — Vol. 5.
43. Wistoft, K. Rundt om smag / K. Wistoft, L. Qvortrup // *Ugeskrift for Læger*. — 2018. — Vol. 180 (25). — S. 2291–2294.
44. Senge, P. M. Schools that learn (updated and revised): A fifth discipline fieldbook for educators, parents, and everyone who cares about education / P. M. Senge [et al.] // Kindle Edition, 2012. — 608 p.

45. *Sepp, H.* Food as a tool for learning in everyday activities at preschool—an exploratory study from Sweden / H. Sepp, K. Huijer, // Food & nutrition research. — 2016. — Vol. 60(1). DOI:10.3402/fnr.v60.32603.
46. *Sepp, H.* Preschool staffs' attitudes toward foods in relation to the pedagogic meal / H. Sepp, L. Abrahamsson, C. Fjellström // International Journal of Consumer Studies. — 2006. — Vol. 30(2). — P. 224–232.
47. *Волошинская, А. А.*, Доказательная государственная политика: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / А. А. Волошинская, В. М. Комаров // Вестник Института экономики Российской академии наук. — 2015. — №4. — С. 90–102. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dokazatel'naya-gosudarstvennaya-politika-problemy-i-perspektivy>. — Дата доступа: 22.11.2022.
48. *Senge, P. M.* Schools that learn (updated and revised): A fifth discipline fieldbook for educators, parents, and everyone who cares about education / P. M. Senge [et al.] // Kindle Edition. — 2012. — 608 p.
49. *Berggren, L.* Nordic children's conceptualisations of healthy eating in relation to school lunch / L. Berggren [et al.] // Health Education. — 2016. — Vol. 117. — P. 130–147.
50. *Janhonen, K.* Adolescents' school lunch practices as an educational resource / K. Janhonen, J. Mäkelä, P. Palojoki // Health Education. — 2016. — Vol. 116. — P. 292–309. DOI:10.1108/HE-10-2014-0090.
51. *Janhonen, K.* The roles of humour and laughter in youth focus groups on school food / K. Janhonen // Journal of Youth Studies. — 2019. — Volume 20. — P.1127–1142.

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, Mogilev, 212027, Republic of Belarus).
E-mail: masanskii_sl@mogilev.bgut.by

УДК 665.3-027.236: 613.268

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-31-38](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-31-38)

Поступила в редакцию 10.02.2023

Received 10.02.2023

**Е. М. Моргунова¹, Н. И. Белякова², В. Н. Бабодей², А. В. Пчельникова²,
Т. В. Окулова², А. А. Журня², О. В. Мащикова³, Л. В. Мишкевич³, О. В. Красько⁴**

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

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

*³УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

*⁴ГНУ «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

НОВЫЙ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОДУКТ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительных исследований по оценке эффективности рафинированных дезодорированных растительных масел (рапсового, подсолнечного) и масла растительного-смеси, разработанного РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», при участии здоровых добровольцев. В ходе выполнения исследования установлено, что масло растительное-смесь «Салатное» способствует снижению риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы, т.е. обладает антиатерогенным действием, и может быть рекомендовано к широкому использованию. Аналогичное действие масла рапсового отмечено в меньшей степени, чем масла растительного-смеси. Результаты исследований показали, что употребление масла подсолнечного не способствует снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: масло рапсовое, масло подсолнечное, масло растительное-смесь, антиатерогенное действие.

**A.M. Marhunova¹, N.I. Beliakova², V.N. Babodey²,
A.V. Pchelnikova², T.V. Akulava², H.A. Zhurnia²,
V. V. Matsykava³, L.V. Mishkevich³, O.V. Krasko⁴**

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

*²RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences
of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

³Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

*⁴United Institute of Informatics Problems of the National academy of sciences of Belarus, Minsk,
Republic of Belarus*

A NEW OIL PRODUCT FOR REDUCING THE RISK OF CARDIOVASCULAR DISEASES

Abstract. The article presents the results of comparative studies to evaluate the effectiveness of refined deodorized vegetable oils (rapeseed, sunflower) and mixed vegetable oils, developed by the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food, with the participation of healthy volunteers. In the course of the study, it was shown that vegetable oil-mixture “Salatnoye” helps to reduce the risk of developing diseases of the cardiovascular system, i.e. has anti-atherogenic effect, and can be recommended for widespread use. A similar effect of rapeseed oil was noted to a lesser extent than vegetable-mixture oils. The study showed that the use of sunflower oil does not reduce the risk of developing cardiovascular diseases.

Key words: rapeseed oil, sunflower oil, vegetable oil-mixture, anti-atherogenic effect.

Введение. Растительные масла являются важным продуктом питания человека, обеспечивая его энергетические ресурсы и выполняя важные биохимические, структурные и регуляторные функции. При этом жирнокислотный состав растительных масел является важнейшей характеристикой их пищевой ценности. Особое место в профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССЗ) принадлежит омега-3, омега-6 и омега-9 жирным кислотам (ЖК). Наиболее важными для человека являются полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), такие как линолевая (омега-6), α -линоленовая (омега-3), арахидоновая (омега-6), эйкозапентаеновая (омега-3), докозагексаеновая (омега-3), а также мононенасыщенная олеиновая (омега-9) кислота. Две ПНЖК — α -линоленовая и линолевая — являются незаменимыми. Соотношение, в котором поступают в организм с пищей эти ненасыщенные кислоты, существенно влияет и на соотношение синтезируемых далее длинноцепочечных и более ненасыщенных метаболитов жирных кислот групп омега-6 и омега-3, что в отдельных случаях может вызвать нежелательное нарушение обменных процессов. Повышенное содержание омега-6 ЖК и недостаток омега-3 ЖК, которые наблюдаются в современных диетах, способствуют возникновению многих заболеваний, таких как ССЗ, рак, ожирение, диабет, воспалительные и аутоиммунные заболевания [1]. Поэтому целесообразным является снижение содержания омега-6 ЖК в рационе при одновременном увеличении потребления омега-3 ЖК, в том числе за счет замены растительных масел с высоким содержанием омега-6 ЖК (кукурузное, подсолнечное, соевое) на масла с высоким содержанием омега-3 ЖК (льняное, чиа, рапсовое) [1–3].

С целью оптимизации жирнокислотного состава растительных масел специалистами РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» был разработан новый вид растительного масла — рапсово-подсолнечное с добавлением льняного «Салатное», на который в установленном порядке согласована и утверждена рецептура (РЦ РБ 190239501.6.250). Данное масло предназначено для непосредственного употребления в пищу и представляет собой смесь рафинированного дезодорированного рапсового масла с рафинированным дезодорированным подсолнечным и нерафинированным льняным маслом. Соотношение омега-6 : омега-3 ЖК в рецептурном составе масла «Салатное» составляет 5:1; соотношение мононенасыщенные жирные кислоты: полиненасыщенные жирные кислоты — 1:1.

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» совместно со специалистами учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» провел сравнительное исследование по оценке влияния рафинированных дезодорированных растительных масел (рапсового, подсолнечного) и масла растительного — смеси «Салатное» у здоровых добровольцев на липидный состав крови, состав тела. Данное исследование проводилось в рамках выполнения отдельного проекта фундаментальных и прикладных научных исследований Национальной академии наук Беларуси по теме: «Разработка научно обоснованных рекомендаций по питанию различных групп населения на основе масложировых продуктов профилактического действия с использованием рапсового масла».

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось по протоколу проспективного открытого клинического испытания в параллельных группах с участием здоровых добровольцев из числа студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий».

В исследование было включено 45 студентов — по 15 человек в каждой группе. Добровольцы группы 1 получали подсолнечное масло, группы 2 — масло рапсовое, группы 3 — масло растительное-смесь «Салатное».

В группы, принимавшие подсолнечное и рапсовое масла, вошло по 6 добровольцев мужского пола и 9 женского. В группе, принимавшей масло растительное-смесь, было 3 мужчин и 12 женщин.

Масла растительные и масло растительное-смесь добавлялись в салаты, изготовленные по рецептурам сборников технологических карт [4–6], во время обеда в объеме 30 мл/27,5 г на порцию. Участники исследования были проинструктированы о строгом соблюдении рациона питания, запрете на употребление в пищу посторонних продуктов и калорийных напитков. Масса нетто салатов без масла составляла 200 г.

Все добровольцы, включенные в исследование, соответствовали критериям включения и невключения. Критерии включения: подписанное и датированное информированное согласие; возраст 18–25 лет; способность добровольца выполнять предписания врача-исследователя и соблюдать необходимые по протоколу испытания процедуры. Критерии невключения: сахарный диабет 1-го или 2-ого типа; наличие выраженного атеросклероза коронарных и/или церебральных артерий, требующих проведения хирургических реваскуляризационных вмешательств; хронические заболевания печени и почек; применение биологических активных добавок в течение 3 месяцев до включения в исследование; применение статинов и пре-

паратов, содержащих омега-3; аллергические реакции на рапсовое, подсолнечное масло или льняное масло; острые инфекционные заболевания; беременные или кормящие женщины.

В ходе исследования участникам проводили измерение роста, веса, индекс массы тела (ИМТ), объема талии и бедер, артериального давления и частоты сердечных сокращений (ЧСС), композиционного состава тела (жировая масса, % жировой массы тела, основной обмен, удельный основной обмен, соотношение талия/бедра). Биохимический анализ крови включал следующие показатели: общий холестерин, липопротеины высокой плотности (ЛПВП), липопротеины низкой плотности (ЛПНП), липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП), триглицериды, аполипопротеин A1, аполипопротеин B, коэффициент атерогенности, глюкоза.

Статистическая обработка данных. Анализ соответствия вида распределения количественных показателей закону нормального распределения проводили с использованием критерия Шапиро-Уилка [7]. Данные, подчиняющиеся нормальному распределению, представлены средним и среднеквадратичным отклонением в виде $m \pm \text{с.к.о.}$ Данные, отклоняющиеся от нормального распределения, представлены медианой и квартилями в виде Me [Q25; Q75] [8]. На основании предварительного анализа использовались параметрические и непараметрические критерии. Для оценки изменений в группах (до-после) использован t-критерий или критерий Вилкоксона для парных выборок [9]. Результаты анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. На основании анализа изменения антропометрических показателей было показано, что в ходе исследования прием масел подсолнечного и рапсового не вызывал статистически значимых изменений массы тела, в то время как в группе масла растительного-смеси у добровольцев отмечалась прибавка в массе тела на 0,85% (изменение медианы с 63 [58; 67] кг до 63 [59; 68] кг ($p=0,038$)) (табл. 1).

Индекс массы тела испытуемых во всех трех группах находился в пределах 21–24. Статистически значимых различий изменений показателей ИМТ в ходе исследования выявлено не было. Окружность талии и бедер испытуемых во всех трех группах снизились в ходе проведения исследования, однако статистически значимые различия снижения на 1,9% и 1,2% соответственно наблюдались только в группе подсолнечного масла (табл. 1).

Таблица 1. Изменение антропометрических показателей Me [Q25; Q75]
Table 1. Changes in anthropometric indicators Me [Q25; Q75]

Показатель	Прием масел	Масло подсолнечное	Масло рапсовое	Масло растительное-смесь
Масса тела, кг	до приема	71 [62; 76]	61 [52; 77]	63 [58; 67]
	после приема	70 [62; 76]	61 [52; 78]	63 [59; 68]
	p	0,888	0,268	0,038
ИМТ	до приема	24 [22; 27]	21 [20; 23]	22 [21; 24]
	после приема	24 [22; 26]	22 [21; 24]	23 [21; 24]
	p	0,806	0,366	0,128
Окружность талии, см	до приема	75 [73; 80]	69 [64; 84]	70 [68; 74]
	после приема	73 [70; 80]	68 [64; 83]	69 [66; 72]
	p	0,022	0,75	0,445
Окружность бедер, см	до приема	100 [94; 110]	96 [92; 100]	98 [94; 100]
	после приема	100 [92; 100]	97 [91; 100]	96 [95; 98]
	p	0,009	0,972	0,265

Таким образом, установлено, что изменения антропометрических данных не превышали 2% и данные показатели для оценки эффективности масел имеют минимальное клиническое значение.

Систолическое артериальное давление в ходе проведения исследования находилось в пределах возрастной нормы и составляло 110–130 мм рт.ст. Среднее систолическое артериальное давление для групп подсолнечного и рапсового масла на начало исследования составляло 120 ± 11 мм рт.ст. и 120 ± 13 мм рт.ст. соответственно, для масла растительного-смеси — 110 ± 13 мм рт.ст. Статистически значимых изменений систолического артериального давления в ходе проведения исследования выявлено не было.

Среднее диастолическое артериальное давление на момент начала исследования превышало возрастные границы нормы в группе испытуемых, принимавших подсолнечное масло, на 3 мм рт.ст. (в норме диастолическое давление составляет 60–80 мм рт.ст.). В группах масла рапсового и масла растительного-смеси показатели среднего диастолического давления находились в пределах возрастной нормы. В ходе проведения исследования отмечено снижение показателей диастолического артериального давления во всех группах, однако стати-

стически значимых различий в изменении показателей до и после приема масел ни в одной из групп не было выявлено.

Показатели ЧСС в группах рапсового масла и масла растительного-смеси на момент начала исследования находились в пределах нормальных значений (60-80 уд/мин), а в группе подсолнечного масла превышали верхнюю границу нормы на 7 мм рт.ст. В ходе проведения исследования отмечено снижение показателей ЧСС во всех группах, однако статистически значимых различий в изменении показателей до и после приема масел ни в одной из групп не было выявлено.

Таким образом, прием масел подсолнечного, рапсового и масла растительного-смеси в ходе исследования вызывал снижение уровня диастолического артериального давления и ЧСС, однако статистически значимых различий с исходными значениями до приема масел получено не было.

Анализ показателей, характеризующих состав тела, выявил снижение жировой массы у добровольцев при приеме масла подсолнечного и масла растительного-смеси, а улучшение обменных процессов на основании положительного изменения показателя удельного основного обмена отмечено на фоне употребления масел подсолнечного и рапсового. Однако статистически значимых различий для данных показателей получено не было.

Результаты анализа липидограммы свидетельствуют о клинически значимом изменении в отношении показателя коэффициента атерогенности на 9% в группе, принимавшей масло растительное-смесь. Коэффициент атерогенности характеризует риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, оптимальным считается его значение равное 2-3. Снижение данного показателя было характерно для всех трех групп испытуемых (подсолнечное масло — снижение с $2,5 \pm 0,86$ до $2,4 \pm 0,82$ ($p=0,477$), рапсовое масло — с $1,9 \pm 0,65$ до $1,8 \pm 0,48$ ($p=0,114$), масло растительное смесь — с $2 \pm 0,42$ до $1,8 \pm 0,4$ ($p=0,002$)) (рис. 1).

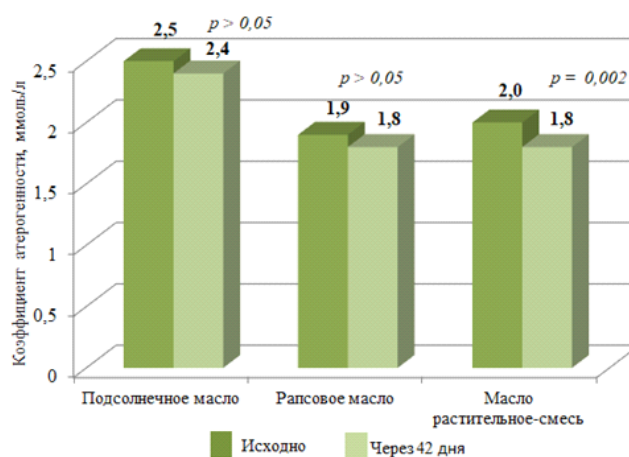


Рис. 1. Влияние растительных масел и масла растительного-смеси на показатели коэффициента атерогенности у здоровых добровольцев
Fig. 1. The effect of vegetable oils and vegetable oil-mixtures on the indicators of atherogenicity coefficient in healthy volunteers

Как видно из данных, представленных на рис. 2, прием масла подсолнечного не приводил к изменению показателя общего холестерина, а прием масел рапсового и масла растительного-смеси положительным образом влиял на данный показатель, хотя различия и не были статистически значимыми (снижение с $3,9 \pm 0,52$ ммоль/л до $3,8 \pm 0,58$ ммоль/л ($p=0,67$) и с $4,5 \pm 0,72$ ммоль/л до $4,2 \pm 0,55$ ммоль/л ($p=0,088$) соответственно).

Положительное влияние на изменение медианы триглицеридов было отмечено для масла растительного-смеси — с $0,74 [0,58; 0,78]$ до $0,60 [0,56; 0,76]$ ($p=0,691$). В отношении масел подсолнечного и рапсового отмечена отрицательная динамика данного показателя (рис. 3).

Прием масел подсолнечного, рапсового и масла растительного-смеси не оказал влияние на изменение показателей липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), но способствовал снижению липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) во всех трех группах (рис. 4). При этом, в группе добровольцев, принимавшей масло растительное — смесь, было достигнуто статистически значимое снижение на 8% среднего ЛПНП (с $2,6 \pm 0,58$ ммоль/л до $2,4 \pm 0,49$ ммоль/л ($p=0,015$)).

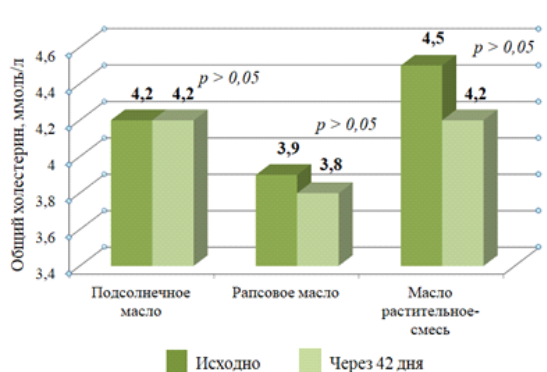


Рис. 2. Влияние растительных масел и масла растительного-смеси на показатели общего холестерина у здоровых добровольцев
 Fig. 2. The effect of vegetable oils and vegetable oil mixtures on total cholesterol in healthy volunteers

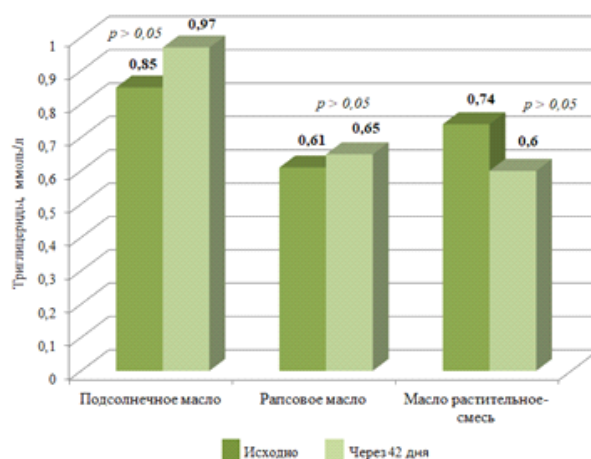


Рис. 3. Влияние растительных масел и масла растительного-смеси на показатели триглицеридов у здоровых добровольцев
 Fig. 3. The effect of vegetable oils and vegetable oil-mixtures on triglyceride indicators in healthy volunteers

Прием масел подсолнечного и рапсового вызывал повышение показателей липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП): в группе подсолнечного масла с 0,39 [0,24; 0,53] ммоль/л до 0,44 [0,27; 0,5] ммоль/л ($p=0,754$), рапсового масла — с 0,28 [0,22; 0,34] ммоль/л до 0,3 [0,23; 0,32] ммоль/л ($p=1,0$). В то же время снижение данного показателя в группе масла растительного-смеси с 0,34 [0,27; 0,36] ммоль/л до 0,27 [0,26; 0,34] ммоль/л ($p=0,691$) свидетельствует о положительной динамике данного показателя (рис. 5).

Анализ результатов измерения уровней липопротеинов АпоА1 и АпоВ по отдельности выявил незначительные изменения этих показателей по всех группах. Однако наблюдалась тенденция снижения уровня АпоВ при употреблении масла растительного-смеси с $0,76 \pm 0,14$ г/л до $0,72 \pm 0,11$ до 0,057 г/л ($p=0,057$). Учитывая тот факт, что прогностически значимым в отношении развития патологии сердечно-сосудистой системы является отношение АпоВ/АпоА1 [0, 0], был проведен анализ данного показателя (рис. 6). Установлено, что прием масел подсолнечного и рапсового не приводил к изменению данного соотношения; прием масла растительного-смеси вызывал статистически значимое снижение соотношения, а соответственно и риска развития патологии сердечно-сосудистой системы.

Заключение. Наличие статистически значимого снижения показателей липидного спектра крови, как коэффициента атерогенности, ЛПНП, соотношения АпоВ/АпоА1, позволяет утверждать, что масло растительное-смесь «Салатное» (соотношение омега-6: омега-3 ЖК — 10:1; МНЖК:ПНЖК — 1:1) обладает выраженным антиатерогенным действием и при длительном его применении здоровыми людьми прогнозируется снижение риска развития патологии сердечно-сосудистой системы.

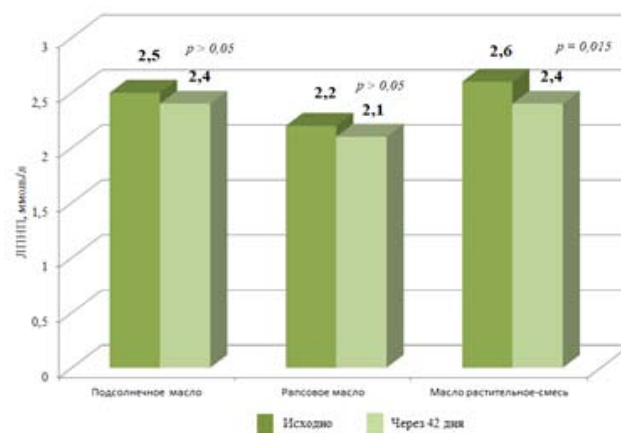


Рис. 4. Динамика ЛПНП на фоне приема растительных масел и масла растительного-смеси у здоровых добровольцев
 Fig. 4. Dynamics of LDL against the background of taking vegetable oils and vegetable oil-mixtures in healthy volunteers

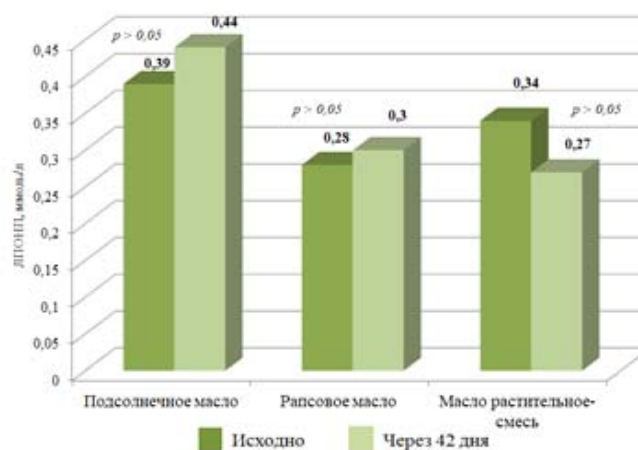


Рис. 5. Динамика ЛПОНП на фоне приема растительных масел и масла растительного-смеси у здоровых добровольцев
 Fig. 5. Dynamics of VLDL against the background of taking vegetable oils and vegetable oil-mixtures in healthy volunteers

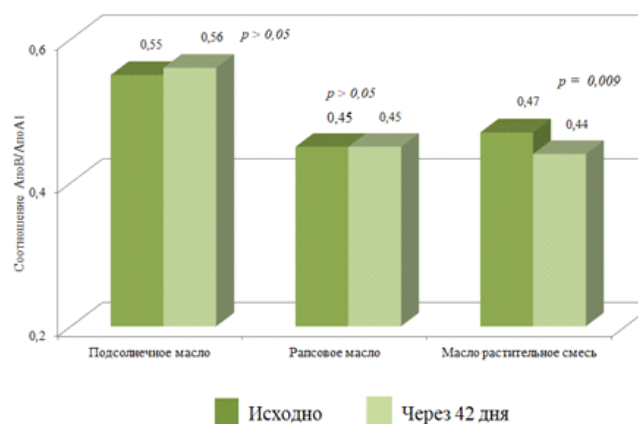


Рис. 6. Динамика соотношения ApoB/ApoA1 у здоровых добровольцев на фоне приема растительных масел и масла растительного-смеси
 Fig. 6. Dynamics of the ApoB/ ApoA1 ratio in healthy volunteers against the background of taking vegetable oils and vegetable oil-mixtures

Выявленные изменения со стороны липидного спектра крови при приеме масла рапсового (снижение общего холестерина, ЛПНП) являются прогностически благоприятными в отношении риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, что может свидетельствовать о наличии у рапсового масла антиатерогенного действия при употреблении здоровыми людьми.

Включение в рацион питания здоровых добровольцев масла подсолнечного показало отсутствие потенциала предотвращения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и служит показанием для снижения его доли в рационе питания населения.

Список использованных источников

1. *Gomez, C. C.* Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health: nutritional recommendations / C. C. Gomez, L. M. Bermejo Lopez, L. Kohem // *Nutricion Hospitalaria*. — 2011. — Vol. 26, №2. — P. 323–329.
2. *Субботина, М. А.* Физиологические аспекты использования жиров в питании / М. А. Субботина // *Техника и технология пищевых производств*. — 2009. — №4. — С. 54–57.
3. *Simopoulos, A. P.* The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids / A. P. Simopoulos // *Biomed Pharmacother*. — 2002. — Vol. 56.— P. 365–379.
4. Растительные масла — функциональные продукты питания / И. В. Долголюк [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. — 2014. — №2. — С. 122–125.
5. Сборник технологических карт на кулинарную продукцию общественного питания: в 2 т. / Министерство торговли Республики Беларусь. — Минск: Редакция журнала «Гермес», 2015. — 660 с.
6. Сборник технологических карт блюд и изделий для питания учащихся учреждений, обеспечивающих получение общего среднего и профессионально-технического образования / Министерство торговли Республики Беларусь, Белорусская ассоциация кулинаров. — Минск: БАК, 2006. — 471с.
7. Сборник технологических карт белорусских блюд / Министерство торговли Республики Беларусь. — 2-е изд. — Минск: Редакция журнала «Гермес», 2013. — 513с.
8. Shapiro, S.S. and Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), pp.591–611.
9. *Ланг, Т. А.* Как описывать статистику в медицине. Руководство для авторов, редакторов и рецензентов / Т.А. Ланг, М. Сесик. — М.: Практическая Медицина, 2011. — 480 с.
10. Wilcoxon, F., 1992. Individual comparisons by ranking methods (pp. 196–202). Springer New York.
11. Клиническое значение аполипротеинов А и В / Г.А. Чумакова, Н.Г. Гриценко [и др.] // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. — 2011. — №10(6). — С. 105–109.
12. Inflammatory markers, lipoprotein components and risk of major cardiovascular events in 65,005 men and women in the Apolipoprotein Mortality Risk study (AMORIS) / Holme I, Aastveit AH, Hammar N. [et. al.] // *Atherosclerosis*. — 2010. — №213. — P. 299– 305.

Информация об авторах

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

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

Белякова Наталья Иосифовна, кандидат медицинских наук, начальник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by

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, Minsk, 220053, Republic of Belarus).

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

Beliakova Natallia Iosifovna, PhD (Medical Sciences), Head of the Nutrition Department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., Minsk, 220037, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by

Бабодей Валентина Николаевна, начальник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037 г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Пчельникова Анна Владимировна, научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037 г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Окулова Татьяна Витальевна, инженер 1 категории отдела питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by

Журня Анна Александровна, научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by

Мацикова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент, проректор по воспитательной работе учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: Matsikova.olga@yandex.ru

Мишкевич Любовь Васильевна, начальник отдела по воспитательной работе с молодежью учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: ovr.mgup@gmail.com

Красько Ольга Владимировна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоинформатики ГНУ «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: krasko@newman/bas-net.by

Babodey Valentina Nikolaevna, Head of the Department of Confectionery and Fat-and-Oil products of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Pchelnikova Anna Vladimirovna, Research Fellow of the Department of Confectionery and Fat-and-Oil Products of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Akulava Tatsiana Vitalievna, Engineer of the 1st category of Nutrition Department 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: otpit@tut.by

Zhurnia Hanna Alexandrovna, Research fellow of the Department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by

Volha Matsykava Vladimirovna, PhD (Engineering), Associate Professor, Vice-Rector for Educational Work, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3 Schmidt Avenue, Mogilev, 212027, Republic of Belarus).

E-mail: Matsikova.olga@yandex.ru

Mishkevich Liubou Vasilevna, Head of the Department for Educational Work with Young People of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3 Schmidt Avenue, Mogilev, 212027, Republic of Belarus).

E-mail: ovr.mgup@gmail.com

Krasko Olga Vladimirovna, PhD (Technical), Head researcher, Bioinformatics laboratory of the United Institute of Informatics Problems of the National academy of sciences of Belarus (6 Sarganov st., Minsk, 220012, Republic of Belarus).

E-mail: krasko@newman/bas-net.by

УДК 664.858+577.16

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-39-52](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-39-52)

Поступила в редакцию 10.02.2023

Received 10.02.2023

С. Е. Томашевич, В. Н. Бабодей*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ТЕХНОЛОГИЯ ЖЕВАТЕЛЬНОГО МАРМЕЛАДА,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НУТРИТИВНОГО
СТАТУСА ДЕТЕЙ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по разработке технологии желейных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности для питания детей дошкольного и школьного возраста с учетом фактического дефицита микронутриентов в рационе детского населения Республики Беларусь.

Ключевые слова: жевательный мармелад, желатин, дети дошкольного и школьного возраста, дефицит, витамины, минеральные вещества, обогащение, детское питание.

S. E. Tamashevich, V. N. Babadey*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***TECHNOLOGY OF CHEWING MARMALADE INTENDED FOR
CORRECTION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF CHILDREN IN
BELARUS**

Annotation. The article presents the results of experimental studies on the development of new types of jelly confectionery products of increased nutritional value for the nutrition of children of preschool and school age, taking into account the actual deficiency of micronutrients in the diet of the child population of the Republic of Belarus.

Key words: chewing marmalade, gelatin, children of preschool and school age, deficiency, vitamins, minerals, enrichment, baby food.

Введение. Результаты проводимых в Республике Беларусь медико-биологических исследований указывают на недостаточность потребления витаминов и минеральных веществ значительной частью населения, в том числе детьми и подростками [1; 2]. Важным способом профилактики и коррекции дефицита микронутриентов являются обогащение массовых продуктов питания, к которым относятся и кондитерские изделия. Потребительская привлекательность кондитерских изделий обуславливают возможность их широкого использования в детском, в том числе школьном, питании. Вызывая положительные эмоциональные реакции у детей всех возрастов, специализированные кондитерские изделия могут служить важным дополнением к основному рациону [3]. Согласно Приложению 10 СанПиН № 206 [4, с. 59], ассортимент школьных буфетов должен определяться с позиций здорового питания и профилактики микронутриентной недостаточности у детей и должен включать овощи, фрукты, блюда из мяса и рыбы, молочные продукты, сдобные булочки и зерновые хлебцы, в том числе обогащенные, и ряд других, а также может содержать определенный ассортимент сладостей — мармелад, зефир, шоколад, вафли, казинаки, батончики-мюсли.

Мармелад является популярным видом кондитерской продукции, в особенности среди детей, благодаря особенностям его структуры и консистенции. В рамках исследований запланирована разработка мармелада с повышенной пищевой ценностью из наиболее привлекательной для детей его группы — жевательного мармелада. Высокая частота встречаемости среди детей полигиповитаминозных состояний обуславливает целесообразность применения в технологиях кондитерского производства комбинированных форм витаминов либо ком-

плексов витаминов с минералами, усиливающими действие друг друга. Все вещества, входящие в состав современных витаминно-минеральных премиксов, которые использовались при разработке обогащенного мармелада, полностью идентичны «природным», присутствующим в пищевых продуктах, и по химической структуре, и по биологической активности. При этом усвоение витаминов из препаратов и витаминизированных продуктов зачастую выше, чем из обычных продуктов, в которых они, как правило, находятся в связанной форме. Коррекция витаминно-минеральной недостаточности в организме детей посредством введения в их рацион обогащенных, повсеместно доступных к приобретению продуктов питания будет положительно сказываться на показателях их физического развития и умственной работоспособности и формировании здорового поколения.

Цель исследования заключалась в разработке технологии производства и ассортимента жевательного мармелада с повышенной пищевой ценностью для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований являлись мармеладные массы на желатине, витаминные и витаминно-минеральные премиксы, жевательный мармелад с повышенной пищевой ценностью. Реологические характеристики мармелада (прочность студня, модуль упругости) определяли на анализаторе текстуры «Brookfield СТЗ». Органолептические, физико-химические показатели качества мармелада и показатели его безопасности, а также содержание витаминов и минеральных веществ в мармеладе определяли методами контроля, изложенными в СТБ 2377 [5].

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе работы изучены общие требования к качеству и составу детских продуктов.

Согласно ТР ТС 021 [6], пищевая продукция для детского питания — специализированная продукция, предназначенная для детей раннего возраста (от 0 до 3 лет), детей дошкольного возраста (от 3 до 6 лет), детей школьного возраста (от 6 лет и старше), отвечающая соответствующим физиологическим потребностям детского организма и не причиняющая вред здоровью ребенка соответствующего возраста [6, с. 9]. Данная продукция отвечает повышенным требованиям к показателям безопасности и отличается от аналогичных продуктов массового потребления пониженным содержанием либо полным отсутствием отдельных сырьевых ингредиентов (жира, сахара, соли, пищевых добавок и т.д.). При изготовлении продуктов питания для детей следует учитывать положения действующей нормативной базы в части перечня разрешенных сырьевых ингредиентов, создавать условия производства, гарантирующие максимальную сохранность пищевой и биологической ценности исходного сырья, осуществлять целесообразный подбор рецептурных компонентов, обеспечивающих сбалансированный состав готовых изделий по основным пищевым веществам и микронутриентам [3]. При создании новых видов кондитерских изделий следует обратить внимание на исключение из рецептур: продовольственного сырья, содержащего ГМО и полученного с применением пестицидов; подсластителей (за исключением специализированной пищевой продукции для диетического лечебного и диетического профилактического питания), этилового спирта (в количестве более 0,2%), кофе натурального, бензойной, сорбиновой кислот и их солей [6, с. 16–19] и других консервантов [7, с. 29]; коллагенсодержащего сырья из мяса птицы, соков концентрированных диффузионных, жгучих специй [6, с. 16–19], усилителей вкуса и аромата [7, с. 29]. С целью придания специфического аромата и вкуса при производстве продукции для детского питания допускается использовать только натуральные пищевые ароматизаторы (вкусоароматические вещества), а также ванилин [6, с. 16–19], с целью повышения пищевой ценности — использовать витамины и минеральные соли в формах, установленных в Приложении 9 к ТР ТС 021 [6, с. 240–241].

Упаковка, контактирующая с пищевой продукцией для детского питания, должна соответствовать санитарно-гигиеническим показателям, установленным ТР ТС 005 [8, с. 7], маркировка — требованиям ТР ТС 022 [9]. При внесении в состав витаминов и минеральных веществ, их количество, в т.ч. в процентах, отражающих уровень от средней суточной потребности в них для конкретной категории потребителей, должно указываться в маркировке. Пищевая продукция для детского питания относится к специализированной и подлежит государственной регистрации [6, с. 37].

На втором этапе работы проведен анализ основных принципов и рекомендаций по обогащению пищевой продукции для детского питания. При разработке таких продуктов должны учитываться данные современной нутрициологии, свидетельствующие о распространении дефицита либо недостаточности потребления витаминов, витаминоподобных веществ, антиоксидантов, макро- и микроэлементов.

Согласно [1], только 9 % детей нашей страны имеют достаточную витаминную обеспеченность. Практически у 90 % детей и подростков обнаружена недостаточность витамина В₆ и ряда других витаминов группы В; почти у половины обследованных детей и подростков обнаруживается дисбаланс в обеспеченности жирорастворимыми витаминами (витамины А, D, E); большинство детей (75–85%) имеет недостаток йода в организме, причем преимущественно средней и тяжелой степени выраженности [10]. Содержание кальция в рационах питания большинства групп населения сниженное, при этом дети школьного возраста (особенно подростки) являются критической группой, в которой значения данного показателя наиболее низкие. Отмечается также недостаточное содержание в рационах магния, железа, селена [2].

Сниженное обеспечение детей витаминами ухудшает выносливость, физическую и умственную работоспособность, снижает устойчивость детей к острым инфекционным заболеваниям, затрудняет лечение болезней и снижает его эффективность, способствует обострению хронических заболеваний верхних дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, усиливает отрицательное воздействие на организм ионизирующей радиации и других экологических неблагоприятных факторов внешней среды.

Основными способами профилактики и коррекции дефицита микронутриентов являются: увеличение потребления продуктов богатых витаминами, микроэлементами; обогащение массовых продуктов питания (хлебобулочные, макаронные, кондитерские изделия, молочные продукты); витаминизация пищи в пунктах питания и организованных детских коллективах (детские сады, школы, лечебно-профилактические учреждения), а также индивидуальный прием витаминно-минеральных комплексов.

В [10] представлены рекомендуемые величины суточных физиологических потребностей детей различных возрастных групп в минеральных веществах и витаминах (критериями для установления данных норм стали отсутствие микросимптомов витаминной недостаточности и избытка витаминов в питании, показатели роста и прибавки массы тела, экскреции витаминов с мочой и насыщения ими организма). Содержание нутриентов, гарантируемое производителем, должно обеспечивать 15–50% от их средней суточной потребности при обычном уровне потребления обогащенного продукта. Также необходимо учитывать возможность химического взаимодействия минеральных солей и витаминов между собой и с компонентами продукта и выбирать такие сочетания, формы премиксов, способы и стадии внесения, которые обеспечивают их максимальную сохранность в процессе производства и хранения [11, с. 198].

Третий этап исследований был посвящен разработке технологии производства новых видов желейного мармелада повышенной пищевой ценности для питания детей дошкольного и школьного возраста

Получена компетентная оценка РУП «Научно-практический центр гигиены» фактического дефицита макро- и микронутриентов в рационе детей дошкольного и школьного возраста Республики Беларусь. Установлено, наиболее выраженный дефицит характерен для витаминов В₁, В₂, РР, А, минеральных веществ кальция и фосфора, пищевых волокон. С учетом данной информации, а также роли каждого из витаминов в обмене веществ, их взаимодействий между собой и влияния на усвояемость друг друга в организме, стабильности к технологической обработке был осуществлен поиск конкретных наименований витаминных и витаминно-минеральных премиксов для обогащения мармелада. Изучен ассортимент препаратов швейцарской компании с мировым именем — DSM Nutritional Products. Для обогащения мармелада приняты:

- ♦ витаминный премикс BVH30148, содержащий в составе витамины E, C, β-каротин (провитамин A);
- ♦ витаминный премикс CustoMix VAR4, включающий витамины E, В₁, В₂, В₆;
- ♦ витаминно-минеральный премикс PL37377, содержащий витамин D₃ и макроэлемент кальций.

Формы витаминов и минеральных солей в данных премиксах соответствуют требованиям ТР ТС 021 [6]. Выбор вышеперечисленных наименований обусловлен следующими причинами.

Премикс BVH30148 содержит антиоксиданты, которые с одной стороны действуют в организме синергетически, а с другой — защищают друг друга от окисления и препятствуют проявлению прооксидантных свойств. Кратко рассмотрим физиологические свойства и технологическую стабильность каждого из витаминов в составе данного премикса.

Витамин E (токоферол) усиливает иммунную систему, улучшает потребление кислорода тканями, обладает антиоксидантным действием, препятствует образованию бляшек

и тромбов в артериях, постепенной закупорке и затвердеванию артерий, которая начинает развиваться в молодости и продолжает развиваться в среднем и пожилом возрасте [12, с. 60–64]. С целью усиления антиоксидантного эффекта токоферол следует принимать с аскорбиновой кислотой [13, с. 72], витамином А и селеном [12, с. 62–63]. Недостаточность токоферола весьма распространена, особенно у людей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, а также подвергающихся воздействию химических токсикантов. Витамин Е при значительных и длительных превышениях его дозировки не токсичен (его избыток выводится из организма с желчью) [13, с. 70–71]. Токоферолы устойчивы к действию минеральных кислот и растворов щелочей, достаточно устойчивы к высокой температуре при термообработке продукта, однако при взаимодействии с кислородом и другими окислителями превращаются в хиноны, а также разлагаются при облучении УФ-светом [12, с. 57].

β -каротин — предшественник и чрезвычайно важный источник витамина А (ретинола), обладающего антиоксидантными, радиопротекторными и антиканцерогенными свойствами. Ретинол участвует в регенеративных процессах кожи и слизистых оболочек, в процессах зрительного восприятия, способствует росту костных тканей и зубов. При недостатке данного витамина нарушается зрение, особенно ночное, возникают поражения кожи и слизистых оболочек, снижается сопротивляемость к респираторным и иным инфекционным заболеваниям. Дефицит данного витамина наблюдается при недостатке потребления β -каротина. Усвояемость организмом β -каротина и витамина А значительно повышается в присутствии α -токоферола (витамина Е) [12, с. 16–33]. Кроме этого, витамины Е и С предохраняют ненасыщенные двойные связи ретинола от окисления, препятствуют образованию из него высокотоксичных перекисных продуктов и проявлению им прооксидантных свойств [13, с. 61–62]. Витамин А и каротиноиды, как и витамин Е, достаточно устойчивы к высокой температуре при термообработке продукта, однако чувствительны к действию света и кислорода [12, с. 23].

Витамин С (аскорбиновая кислота) является антиоксидантом, предохраняющим весь организм и в первую очередь липиды от перекисного окисления [12, с. 117], участвует в реакциях биосинтеза и сборки волокон коллагена, входящего в состав соединительной ткани и стенок сосудов. При недостатке витамина С синтез коллагена нарушается и вследствие повышения хрупкости стенок сосудов возникает кровотечение десен, кожи. Также нарушается рост и развитие костной и хрящевой ткани у детей, вследствие чего развивается так называемый скорбутный рахит. Так как витамин С облегчает всасывание фолиевой кислоты и железа, при его дефиците характерно развитие анемии [12, с. 16]. Важной функцией аскорбата является обезвреживание свободного радикала токоферола (витамина Е), благодаря чему предупреждается окислительная деструкция этого главного антиоксиданта клеточных мембран [13, с. 54–55]. Для начальных стадий С-гиповитаминоза характерны неспецифические симптомы: снижение умственной и физической работоспособности, вялость, слабость, снижение сопротивляемости инфекциям, замедленное выздоровление при различных заболеваниях. Вместе с тем при избытке аскорбиновой кислоты она окисляется, становясь при этом окислителем, пусть и не очень активным, но все же опасным. Научно доказано, что многие антиоксиданты, в том числе и витамин С, при передозировке начинают действовать как прооксиданты — т.е. способствовать образованию свободных радикалов. Для восстановления аскорбиновой кислоты необходимо принимать витамин Е [12, с. 120–126]. Важно подчеркнуть, что выраженный антиоксидантный эффект аскорбата проявляется только при его совместном введении с токоферолом. Таким образом, аскорбиновая кислота стабилизирует витамин Е, а витамин Е усиливает антиоксидантное действие витамина С. Помимо токоферола, синергистом действия аскорбата является витамин А [13, с. 54–56]. Витамин С — самый нестойкий и чувствительный к действию факторов внешней среды и технологической обработки витамин [12, с. 22–23]: он устойчив только в сухом виде в темноте, а в водных растворах, даже при комнатной температуре, особенно в щелочной среде, быстро окисляется: обратимо — до дегидроаскорбиновой кислоты, а далее — необратимо — до шавелевых кислот [12, с. 116; 44, с. 54]. Действие света, длительная тепловая обработка продукта, варка в открытой посуде, увеличение рН среды снижают содержание витамина С в продукте [12, с. 121; 13, с. 54]. Для повышения сохранности витамина С продукты с его содержанием необходимо хранить при пониженных температурах либо в замороженном состоянии, вне действия прямого солнечного света [12, с. 22–23].

Таким образом, анализ вышеуказанной информации позволяет сделать вывод, что при обогащении мармелада витаминами Е, С и β -каротином важно максимально возможное уменьшение температурного воздействия мармеладной массы на премикс, а готовый продукт

следует хранить в светонепроницаемой упаковке во избежание разрушения очень нестойкой аскорбиновой кислоты.

Принятый к исследованию витаминный премикс CustoMix VAR4 содержит витамин Е и витамины группы В (B_1 , B_2 , B_6), которые оказывают комплексное влияние на обмен веществ в организме и усиливают действие друг друга. Рассмотрим свойства водорастворимых витаминов данного премикса.

Витамин B_1 (тиамин) представляет собой азотистое соединение, содержащее серу [12, с. 80]. Он регулирует углеводный, белковый и жировой обмен, способствует биосинтезу актина и миозина, участвующих в процессах сокращения миокарда и скелетной мускулатуры, имеет большое значение в нормальной структуре и функции слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта [14, с. 80–81]. Ранние проявления гиповитаминоза тиамин сопровождается снижением аппетита и тошнотой, отмечаются неврологические расстройства («ползание мурашек», невралгии), характерна забывчивость (особенно на недавние события), слабость сердечной мышцы проявляется тахикардией даже при незначительных нагрузках [13, с. 17]. Витамин B_1 занимает центральное место в энергетическом метаболизме организма, поэтому его дефицит сопровождается энергетическим голоданием клеток всего организма, наиболее чувствительные из которых — клетки нервной системы и сердца [12, с. 16]. Потребность человека в тиамине зависит от рациона: если в пищу потребляется много углеводов и белков — потребность в тиамине возрастает, если жиров — снижается [14, с. 83]. Тиамин хорошо сохраняется в кислой среде (стойк к действию света, кислорода и высокой температуры), в щелочной среде быстро разрушается. Для сохранения тиамин следует избегать длительного действия высоких температур [12, с. 82; 13, с. 13].

Витамин B_2 (рибофлавин) используется для построения ферментов, принимающих участие в белковом и углеводном обмене, защищает сетчатку от избыточного воздействия УФ-лучей и вместе с витамином А обеспечивает нормальное зрение — остроту восприятия цвета и света, а также темновую адаптацию, положительно влияет на состояние нервной системы, кожи и слизистых оболочек, функцию печени, стимулирует кроветворение. Рибофлавин важен для нормального развития плода в период беременности и для роста детей. Витамин B_2 активизирует действие витамина B_6 [12, с. 89]. Дефицит витамина B_2 сопровождается поражением слизистой рта и кожи губ [12, с. 16], помутнением зрения, расстройством нервной системы, нарушением деятельности пищеварительных органов (хронический колит и гастрит) и в целом снижает сопротивляемость организма болезням. Дефицит витамина B_2 наблюдается при стрессах, тяжелой физической нагрузке, особенно в холодном и жарком климате, беременности, при дефиците в рационе полноценных белков. Токсичность тиамин не обнаружена [12, с. 90–92]. Витамин B_2 устойчив в кислой среде, но легко разрушается в нейтральной и щелочной, а также под действием видимого и УФ-облучения [13, с. 21]. При тепловой обработке содержание витамина B_2 снижается на 5–40% [12, с. 91].

Витамин B_6 (пиридоксин) регулирует процессы, связанные с обменом аминокислот, белков, жиров и особенно углеводов, способствуя выделению в кровь углеводов, накопленных в мышцах и печени, что очень важно для равномерного снабжения нервных клеток глюкозой. Дефицит глюкозы в крови влечет постоянную усталость, нервозность, подавленность, бессонницу, неспособность справляться с повседневными задачами. Также пиридоксин участвует в регуляции баланса натрия и калия в жидкостях тела (пересаливание пищи и недостаток витамина B_6 приводит к отекам на лице, в ногах или руках). Дефицит витамина B_6 вызывает различные поражения кожи и слизистых оболочек, конъюнктивиты, раздражительность или заторможенность и сонливость, потерю аппетита. Для грудных детей характерны судороги, задержка роста, повышенная возбудимость, желудочно-кишечные расстройства [12, с. 16, 101–102]. Какого-либо выраженного побочного действия при длительном приеме высоких доз витамина отмечено не было [13, с. 36–37]. Витамин B_6 устойчив к действию кислорода, а также при нагревании в кислотах и щелочах. Легко разрушается под воздействием света в нейтральных и щелочных средах [12, с. 98; 13, с. 31]. При тепловой обработке потери витамина B_6 составляют 20–35% [12, с. 102].

Таким образом, анализ технологических свойств витаминов группы В позволяет прогнозировать их хорошую сохранность в мармеладных изделиях, характеризующихся низкими рН среды, однако следует минимизировать продолжительность теплового воздействия на данные витамины и хранить готовый продукт без доступа света.

Третий препарат, принятый для обогащения детского мармелада — витаминно-минеральный премикс PL37377, — содержит классическую комбинацию витамина D_3 и кальция (в форме лактата).

Витамин D₃ (холекальциферол) участвует в процессах всасывания кальция из кишечника и отложения этого макроэлемента в костях (минерализация костей) [12, с. 18]. D-авитаминоз у детей проявляется в виде рахита, у взрослых — в виде остеопороза и остеомалации (размягчения костей). Кроме этого, с недостатком витамина D повышается вероятность ухудшения внимания и расстройства памяти. Витамин D₃ чувствителен к свету и кислороду воздуха, особенно при нагревании, но в то же время при технологической обработке он не разрушается. Нормальное усвоение и действие на организм этого витамина зависит от характера питания в целом. Недостаток в рационе белков, незаменимых жирных кислот, кальция и фосфора, витаминов А, С и группы В отрицательно влияет на обмен витамина D [12, с. 48-54].

Кальций — щелочноземельный металл, общее количество которого в организме составляет 1,4% (при этом 99% его содержится в костной ткани, дентине и эмали зубов и лишь 1% — в других тканях). Играет важную роль в формировании костей, особенно у детей. Кроме этого, кальций влияет на сократимость мышц, в т.ч. сердца, участвует в процессе свертывания крови, уменьшает проницаемость стенок сосудов, воздействует на функции эндокринных желез, способствует выведению из организма солей тяжелых металлов и радионуклидов, обладает антиаллергическим действием. Кальций относится к трудноусвояемым элементам. Поступающий с пищей кальций всасывается в двенадцатиперстной кишке, причем максимальное его усвоение составляет 30%. Всасываемость и усвоение кальция зависит от вида соли. Карбонат кальция и хлористый кальций всасываются плохо, особенно при пониженной кислотности желудочного сока. При нормальной кислотности лучше всасываются глюконат, лактат, глицерофосфат и особенно цитрат. Всасывание кальция в кишечнике улучшают витамин D, а также лактоза молока, аминокислоты и лимонная кислота. Недостаток кальция проявляется следующими симптомами: деминерализация костей (у детей при этом нарушается формирование костной ткани, недоразвитие скелета, крошащиеся зубы, рахит), повышенная нервная возбудимость, раздражительность, нервный тик, бессонница, хрупкость ногтей, высокое артериальное давление, онемение, покалывание и судороги в ногах и руках, учащенное сердцебиение, болезненность десен, замедление роста, ожирение. Повышенная потребность в кальции отмечается у детей [15, с. 120-130].

Таким образом, исходя из литературных данных можно прогнозировать хорошую усвояемость кальция из мармелада, изготавливаемого с добавлением лимонной кислоты, а также достаточную термостабильность витамина D при изготовлении продукта, однако готовое изделие следует хранить в защищенных от света условиях.

Комплексный анализ функциональных свойств кальция и всех вышеописанных витаминов показывает целесообразность их введения в мармелад на желатине. Данный продукт не содержит жиров, которые мешают усвоению некоторых микронутриентов; изготавливается из углеводов и белкового вещества желатина, на усвояемость которых и влияют изученные витамины.

На следующем этапе осуществляли разработку рецептур и технологических режимов изготовления обогащенного мармелада.

Дозировки витаминных и витаминно-минеральных премиксов в мармелад рассчитывались таким образом, чтобы обеспечить гарантированное содержание витаминов и минеральных веществ на уровне 15-50% рекомендуемой нормы их потребления в 100 г готового продукта на протяжении всего срока его годности. При этом во внимание принимались: рекомендуемые нормы потребления отдельных микронутриентов для детей различных возрастных групп (согласно [16]), потери сухих веществ сырья по ходу технологического процесса при производстве мармелада (1,95 %), ожидаемые потери витаминов в процессе производства и хранения продукта (принято 20%).

В лабораторных условиях отработаны рецептурные составы и режимы введения витаминных и витаминно-минеральных премиксов в мармеладную массу. Технология производства мармелада на желатине включает стадии:

- ♦ приготовление раствора желатина;
- ♦ приготовление сахаро-паточного сиропа;
- ♦ приготовление мармеладной массы (введение натуральных ароматизаторов и красителей, пищевой кислоты);
- ♦ формование в крахмал, студнеобразование, выстойка мармелада с целью высушивания до требуемого содержания влаги, освобождение его от крахмала и отделка поверхности (глянцевание, обсыпка кокосовой стружкой и т.д.).

Для обоснованного выбора вкусоароматических добавок в разрабатываемый мармелад провели маркетинговые исследования совместно с учреждением образования «Белорусский государственный экономический университет» в рамках выполнения работы [17]. Результаты исследования предпочтений потребителей детской категории при выборе мармелада приведены в [18].

В анкетировании приняли участие дети школьного возраста преимущественно 7-9 лет. По результатам данного исследования установлено, что мармелад любят 90 % опрошенных детей; интерес представляло изучение их конкретных вкусовых предпочтений к данному продукту.

Установлено, что 45 % детей отдают предпочтение жевательному мармеладу по сравнению с другими его видами. На вопрос о наиболее предпочтительной консистенции такого мармелада большинство респондентов (58 %) отметили, что предпочитают мягкую, легко жующуюся, 16 % — очень жесткую, 26 % — умеренно жесткую. Что касается вкусоароматических характеристик, то 28 % опрошенных детей отдают предпочтение цитрусовому вкусу, 20 % — вкусу лесных ягод. Молочный вкус и вкус напитков (кола, кофе и т.д.) предпочитает по 12 % опрошенных. Освежающему вкусу (мятному и аналогичному) предпочтение отдали 14 % респондентов, мармеладу со вкусом садовых ягод — 10 %, со вкусом фруктов — 4 %. Мармеладу со вкусом овощей предпочтение не отдал ни один респондент. По виду отделки поверхности наиболее популярным среди детей является мармелад в кислой посыпке (32 %). 28 % респондентов отдали предпочтение глянцевавшему мармеладу, 24 % — мармеладу в сахаре. Мармелад, обсыпанный кокосовой стружкой, привлекателен 16 % респондентов; глазированный мармелад предпочтение не отдал ни один из опрошенных. Для 82 % респондентов актуально употребление мармелада, обогащенного витаминами, 76 % хотели бы попробовать мармелад с жидкой начинкой внутри, 46 % опрошенных детей стремятся употреблять мармелад с натуральным соком.

Таким образом, проведенное анкетирование показало достаточно высокую популярность мармелада среди детей и позволило определить основные критерии его выбора — наиболее предпочтительны фруктовые вкусы, глянцевавшая поверхность, желатин в качестве желирующего вещества, мягкая, легко жующаяся консистенция, добавление натуральных соков. Данная информация была использована при разработке новых видов мармелада с повышенной пищевой ценностью.

В процессе отработки технологии в лабораторных условиях определены следующие оптимальные параметры производства обогащенного мармелада. Введение премиксов CustoMix VAR4 и BVH30148 (соответственно с антиоксидантами и витаминами группы В) целесообразно осуществлять в растворенном виде (50% растворы получают путем растворения препаратов в холодной кипяченой воде) в уваренную мармеладную массу с температурой не выше 70 °С на стадии введения вкусоароматического вещества, красителя и пищевой кислоты, что позволяет минимизировать воздействие высоких температур на витамины и обеспечить их равномерное распределение в полуфабрикате.

Введение витаминно-минерального премикса PL37377 (кальций с витамином D₃) целесообразно осуществлять в уваренный сахаро-паточный сироп, содержащий фруктовый сок, перед его соединением с раствором желатина. Это обусловлено большой рецептурной дозировкой премикса (28 кг/т), что вызывает его комкование в вязкой мармеладной массе и затрудняет равномерное распределение. Поскольку витамин D₃ и лактат кальция достаточно термостойки и трудно разлагаются, технологический процесс можно вести данным образом.

В лабораторных условиях исследованы процессы структурообразования и показатели качества мармелада с добавлением витаминных и витаминно-минеральных премиксов. Для оценки влияния добавок на скорость желирования мармелада и его реологические характеристики мармеладную массу отливали в формы, помещали в холодильную установку (при температуре 5 °С) и с интервалом 30 сек определяли температуру, с интервалом 30 мин. — прочность студня и модуль упругости мармелада. Полученные результаты представлены рис. 1–3.

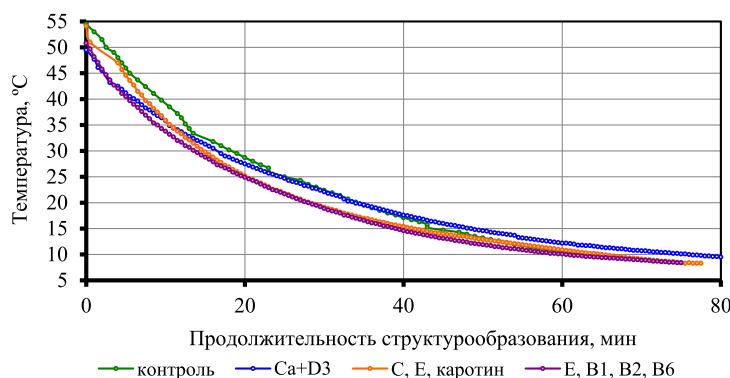


Рис. 1. График структурообразования обогащенного мармелада на желатине
Fig. 1. Graph of structure formation of enriched marmalade on gelatin

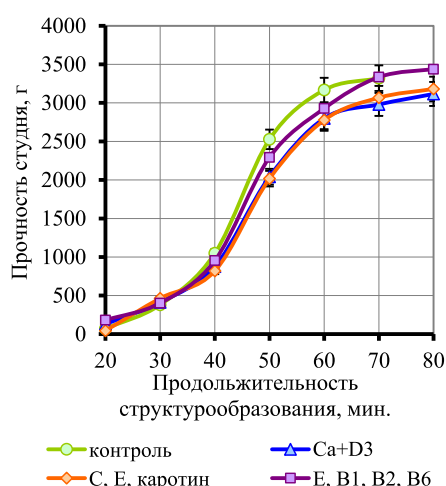


Рис. 2. Влияние обогащающих добавок на прочность студня мармелада

Fig. 2. Influence of enriching additives on the strength of marmalade jelly

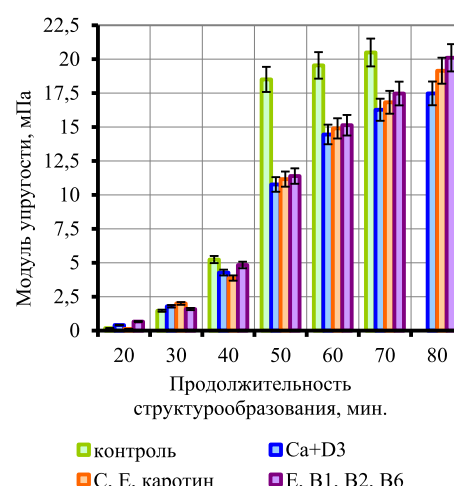


Рис. 3. Влияние обогащающих добавок на модуль упругости мармелада

Fig. 3. Influence of enriching additives on the elastic modulus of marmalade

Установлено, что структурообразование обогащенного мармелада протекает слегка замедленно и более постепенно по сравнению с контролем. При температуре охлаждающей камеры 5°C продолжительность полного желирования опытных образцов составляет около 80 мин. и в 1,3 раза превышает длительность структурообразования контроля (около 60 мин.), что, однако, не является проблемой, так как выстойка мармелада в крахмале с целью удаления лишней влаги может длиться до 1-2 суток. Помимо этого, обогащенный мармелад характеризуется незначительно меньшими величинами прочности студня и модуля упругости (на 2-17%), однако по органолептическим показателям качества обогащенный мармелад не уступает традиционному. Готовые изделия обладают выраженной жевательной консистенцией, насыщенным вкусом и цветом, которые свойственны используемым фруктовым сокам и вкусоароматическим добавкам.

Разработанная технология изготовления обогащенного мармелада для детского питания успешно апробирована на ОАО «Красный пищевик». Образцы из опытных партий были заложены на хранение с целью изучения динамики показателей качества и безопасности. Поскольку витамины характеризуются чувствительностью к факторам внешней среды, провели исследование величины их фактических потерь с целью установления рекомендуемого срока годности обогащенного мармелада, гарантирующего соблюдение регламентируемых уровней содержания введенных микронутриентов. Исследования планировалось проводить в течение 7 месяцев (в соответствии со сроком годности традиционного мармелада на желатине, изготавливаемого на фабрике) в РУП «Научно-практический центр гигиены» и Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (РКИК).

Полученные результаты для образца с премиксом BVN30148 представлены на рисунках 4-6. Для каждого значения представлены отклонения с учетом погрешности прибора и методики (согласно протоколам испытаний: по витамину Е погрешность $\pm 10\%$, по витамину С — $\pm 10\%$, по β -каротину — $\pm 16\%$). На этих и последующих рисунках штриховой линией отмечена фактическая закладка витамина в 100 г мармелада, штрихпунктирной линией — расчетное содержание витамина с учетом потерь, заложенных на изготовление (1,95 %) и хранение (20 %) мармелада.

Установлено, что токоферол характеризуется достаточно высокой стабильностью при хранении: его потери за 4 месяца составили 2,9-9,7 %. Для витамина С потери за 2 месяца составили 22,9-25,2 %, для β -каротина — 22,0-30,7 %. Содержание витамина С и β -каротина в данный момент времени с учетом погрешности испытаний соответствовало нижнему уровню, заложенному в проект рецептуры. Все вышеописанные витамины обладают одинаковой физиологической направленностью — антиоксидантным действием, могут взаимодействовать между собой и обладать взаимодополняющим действием (витамин С обеспечивает действие витамина Е [19, с. 200], достаточное содержание которого, как стабилизатора-антиоксидан-

та, в свою очередь обеспечивает высокую усвояемость в организме β -каротина [12, с. 30]). Однако в течение последующих 2 месяцев хранения витамины продолжили разрушаться. Наибольшие потери установлены для витамина С — 67,2 %. В связи с этим срок годности мармелада, обогащенного премиксом BVH30148 в дозировке 0,49 кг/т продукта, ограничен 2 месяцами.

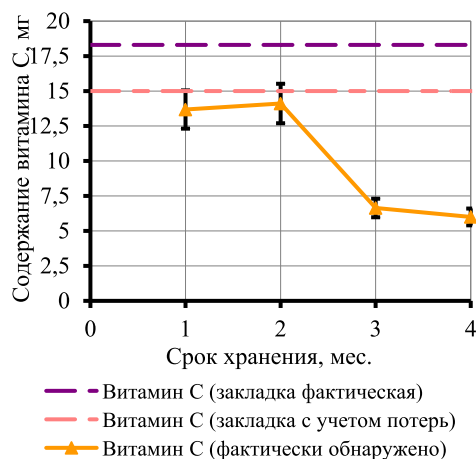


Рис. 4. Динамика содержания витамина С в мармеладе с премиксом BVH30148
Fig. 4. Dynamics of vitamin C content in marmalade with premix BVH30148

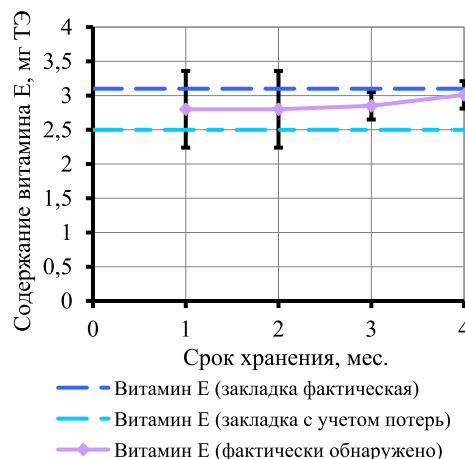


Рис. 5. Динамика содержания витамина Е в мармеладе с премиксом BVH30148
Fig. 5. Dynamics of vitamin E content in marmalade with premix BVH30148

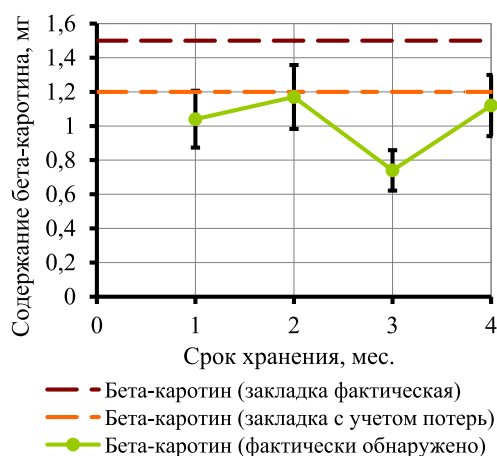


Рис. 6. Динамика содержания β -каротина в мармеладе с премиксом BVH30148
Fig. 6. Dynamics of β -carotene content in marmalade with premix BVH30148

Содержание витаминов в образце мармелада с премиксом CustoMix VAR4 представлено на рис. 7–10. Погрешности приборов и методик составляют: по витамину Е — $\pm 10\%$, по витамину B_1 — $\pm 18,4\%$, по витамину B_2 — $\pm (5-21)\%$, по витамину B_6 — $\pm 15,8\%$.

По итогам 6 месяцев хранения можно сделать вывод, что в целом витамины группы В, введенные в мармелад в составе витаминного премикса CustoMix VAR4, отличаются достаточно высокой стабильностью. Так, за 5 месяцев хранения фактические потери витамина B_1 (от его исходной рецептурной закладки) составили 4,7–7,0 %, витамина B_2 — 20,0–31,1 %. За аналогичный период содержание витамина B_6 (0,58–0,60 мг при уровне погрешности $\pm 15,8\%$) было близко к фактически внесенному (0,56 мг). Установленный факт объясняется технологическими особенностями данных витаминов (витамины B_1 и B_6 являются достаточно устойчивыми к действию света в кислых средах, в то время как витамин B_2 очень чувствителен к действию света, воздействие которого на мармелад происходит в течение его достаточно длительной выстойки в крахмальных формах, а также при хранении готового продукта в обычной полимерной упаковке, не отличающейся полной светонепроницаемостью).

Аналогично выше описанному образцу мармелада (с витаминным премиксом BVH30148), в изделии с премиксом CustoMix VAR4 также высокой стабильностью отличается витамин Е — в течение 6 месяцев хранения его потери составили 0,7-4,3 %.

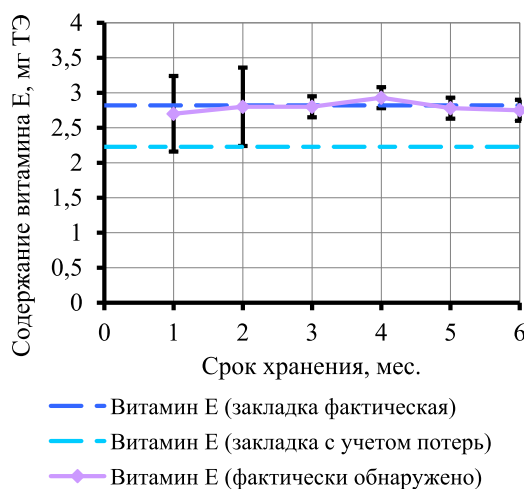


Рис. 7. Динамика содержания витамина Е в мармеладе с премиксом CustoMix VAR4
Fig. 7. Dynamics of vitamin E content in marmalade with premix CustoMix VAR4

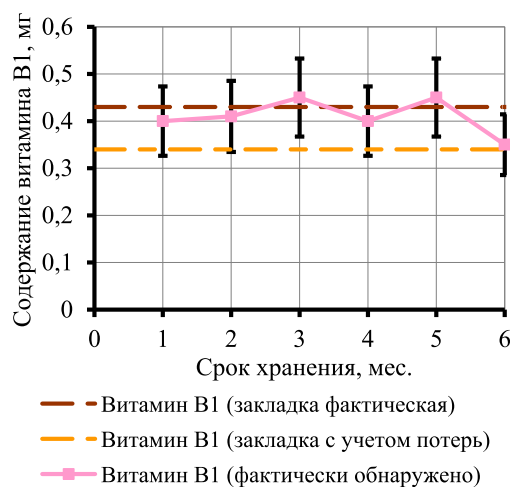


Рис. 8. Динамика содержания витамина В₁ в мармеладе с премиксом CustoMix VAR4
Fig. 8. Dynamics of vitamin В₁ content in marmalade with premix CustoMix VAR4

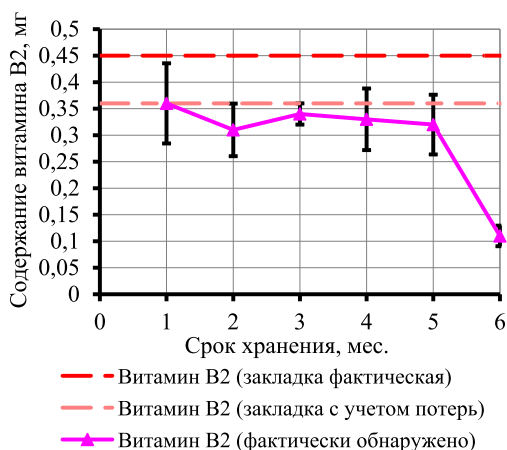


Рис. 9. Динамика содержания витамина В₂ в мармеладе с премиксом CustoMix VAR4
Fig. 9. Dynamics of vitamin В₂ content in marmalade with premix CustoMix VAR4

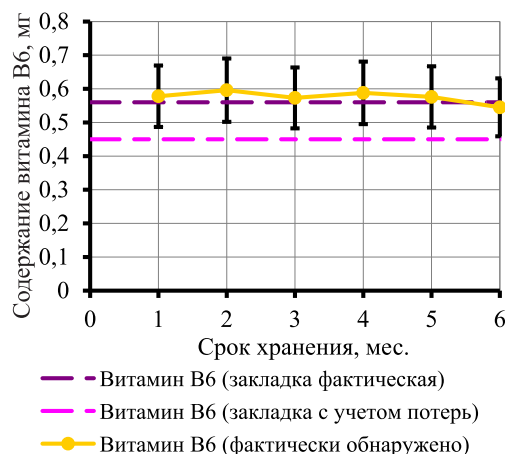


Рис. 10. Динамика содержания витамина В₆ в мармеладе с премиксом CustoMix VAR4
Fig. 10. Dynamics of vitamin В₆ content in marmalade with premix CustoMix VAR4

Фактором, лимитирующим возможный срок годности мармелада, обогащенного витаминным премиксом CustoMix VAR4, является содержание витамина В₂. Количество рибофлавина в исследуемом образце мармелада за шестой месяц хранения снизилось в 2,9 раза по сравнению с количеством, обнаруженным на пятый месяц. Таким образом, срок годности мармелада с премиксом CustoMix VAR4 (при его дозировке 0,171 кг/т) рекомендуется устанавливать не более 5 месяцев.

Содержание витамина D₃ и кальция в образце мармелада с витаминно-минеральным премиксом PL37377 представлено на рис. 11–12. Погрешность методик по обнаружению кальция составляет $\pm 14,9\%$, витамина D₃ — $\pm 22\%$.

По результатам испытаний установлена высокая сохранность витамина D₃ в мармеладе (обнаруженное его содержание близко к рецептурной закладке), что подтверждает литературные данные о его стабильности в технологическом процессе. Фактически обнаруженное содержание кальция было ниже рецептурной закладки на 16,0-25,0%, однако с учетом погрешности определения (до $\pm 14,9\%$) его количество соответствует необходимым уровням.

Следовательно, срок годности мармелада, обогащенного витаминно-минеральным премиксом PL37377 в дозировке 28,1 кг/т продукта, может составлять не менее 7 месяцев.

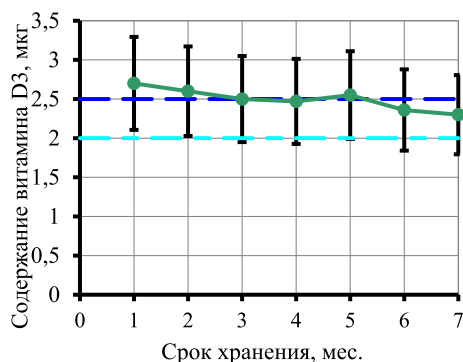


Рис. 11. Динамика содержания витамина D₃ в мармеладе с премиксом PL37377
Fig. 11. Dynamics of vitamin D₃ content in marmalade with premix PL37377

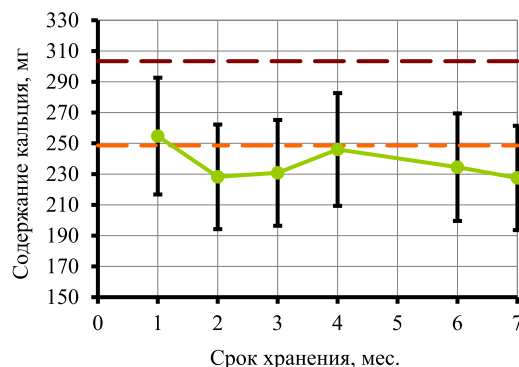


Рис. 12. Динамика содержания кальция в мармеладе с премиксом PL37377
Fig. 12. Dynamics of calcium content in marmalade with premix PL37377

На протяжении срока исследований мармелад по всем органолептическим показателям (состояние поверхности, цвет, форма, запах, вкус, консистенция), физико-химическим характеристикам (массовая доля влаги, редуцирующих веществ, общая кислотность) и показателям безопасности, в том числе микробиологическим, соответствовал требованиям [5; 6]. Необходимо отметить более высокие показатели зольности мармелада, обогащенного витаминно-минеральным премиксом, по причине введения достаточно большого количества кальция.

Таким образом, проведенный анализ позволил аргументировать сроки годности обогащенного мармелада на уровне от 2 до 7 месяцев (в зависимости от вида используемого премикса), в течение которых обеспечивается достаточно хорошая стабильность введенных нутриентов и требуемые показатели качества кондитерского изделия. Уровень обеспечения рекомендуемых для детей норм потребления витаминов и минеральных веществ при употреблении 100 г обогащенного мармелада на конец срока его годности представлен в табл. 1.

Таблица 1. Степень удовлетворения суточной потребности детей в микронутриентах при употреблении 100 г обогащенного мармелада
Table 1. Level of satisfaction of the daily requirement of children in micronutrients when using 100 g of enriched marmalade

Наименование витамина	Содержание в 100 г мармелада	% рекомендуемой нормы потребления для детей (по требованиям [16]):					
		4-6 лет	7-10 лет	11-13 лет (мальчики)	11-13 лет (девочки)	14-17 лет (юноши)	14-17 лет (девушки)
Мармелад с премиксом BVH30148 (2 месяца хранения)							
β-каротин, мг*	0,9	30	21	15	19	15	24
Е, мг ТЭ	2,3	33	23	19	19	15	19
С, мг	12,0	24	20	17	20	13	17
Мармелад с премиксом CustoMix VAR4 (5 месяцев хранения)							
Е, мг ТЭ	2,22	32	22	19	19	15	15
В ₁ , мг	0,33	37	30	25	25	22	25
В ₂ , мг	0,25	25	21	17	17	14	17
В ₆ , мг	0,44	37	29	26	28	22	28
Мармелад с премиксом PL37377 (7 месяцев хранения)							
Д ₃ , мкг	2,0	20	20	20	20	20	20
Са, мг	200,0	22	18	17	17	17	17

* Содержание β-каротина в мармеладе — 0,9 мг, что в пересчете на ретиноловый эквивалент (РЭ) составляет 0,15 мг (15-30 % нормы физиологической потребности)

Проведены работы по согласованию со специальной комиссией при Министерстве здравоохранения Республики Беларусь сведений об отличительных свойствах обогащающих нутриентов в составе разработанного мармелада. За основу были приняты данные из списка разрешенных заявлений о влиянии на здоровье отдельных компонентов пищи (источники [20; 21]) и о физиологическом действии на организм каждого из введенных веществ (научные издания [12; 14; 19] и др.). Получено разрешение о вынесении в маркировку мармелада информации «Для питания детей дошкольного и школьного возраста» и дополнительных надписей:

- ♦ в рецептуре мармелада с кальцием и витамином D₃: «Кальций необходим для поддержания нормального состояния костей», «Витамин D₃ необходим для поддержания нормального состояния костей, способствует усвоению кальция и фосфора»;
- ♦ в рецептуре мармелада с витаминами С, Е и β-каротином: «Бета-каротин превращается в организме в витамин А», «Витамин А способствует поддержанию нормального зрения, нормального состояния кожи и слизистых оболочек», «Витамин С способствует нормальному функционированию иммунной системы и усвояемости железа».
- ♦ в рецептуре мармелада с витаминами Е, В₁, В₂, В₆: «Витамины В₁, В₂ и В₆ способствуют нормальному энергетическому обмену и нормальному функционированию нервной системы», «Витамин В₂ способствует нормальному состоянию кожи и слизистых оболочек».

Результатом проведенной работы стало создание научно обоснованной технологии и рецептур желеино-мармелада на желатине, обогащенного витаминами и минеральными веществами, наиболее дефицитными для детей и подростков Республики Беларусь, путем введения в его состав премиксов, характеризующейся сбалансированной, грамотно составленной композицией. В частности, разработан мармелад с витаминами С, Е и β-каротином с добавлением концентрированного апельсинового сока и натуральных цитрусовых ароматизаторов; мармелад с витаминами Е, В₁, В₂, В₆ с добавлением концентрированного мультифруктового сока, натуральных ягодных и фруктовых ароматизаторов, мармелад с кальцием и витамином D₃ с добавлением концентрированного мультифруктового сока и натуральных ароматизаторов — фрукты, кола. Готовые изделия отличаются от других отечественных видов мармелада не только повышенной пищевой ценностью (в 100 г мармелада содержание витаминов и минеральных веществ — не менее 14-37% рекомендуемой нормы их потребления для детей от 4 до 17 лет), но и более высоким содержанием белка (7 г на 100 г продукта за счет использования желатина), сниженной сахароемкостью (на 14%).

Заключение. В результате мониторинга данных о дефиците витаминов и минеральных веществ в рационе детей и подростков Республики Беларусь установлена недостаточность потребления витамина В₆ и ряда других витаминов группы В, дисбаланс в обеспеченности жирорастворимыми витаминами (витамины А, D, Е), сниженное содержание в рационах питания кальция, магния, железа, селена, йода. Получены рекомендации РУП «Научно-практический центр гигиены» по обогащению жевательного мармелада нутриентами, для которых характерен наиболее выраженный дефицит в рационе детей дошкольного и школьного возраста: витаминами В₁, В₂, РР, А, кальцием и фосфором, пищевыми волокнами.

Подобраны наименования витаминных и витаминно-минеральных премиксов, в которых формы витаминов и минеральных солей соответствуют требованиям ТНПА и могут быть использованы в детском питании, а состав учитывает возможности взаимодействия обогащающих добавок между собой, их взаимное влияние на усвояемость в организме и стабильность в продукте (препараты DSM Nutritional Products (Швейцария): витаминный премикс BVH30148 — витамины Е, С, β-каротин (провитамин А); витаминный премикс CustoMix VAR4 — витамины Е, В₁, В₂, В₆; витаминно-минеральный премикс PL37377 — витамин D₃ и макроэлемент кальций).

Совместно с учреждением образования «Белорусский государственный экономический университет» проведены маркетинговые исследования и установлены наиболее предпочтительные для детей школьного возраста сенсорные характеристики мармелада и основные критерии его выбора (предпочтительны фруктовые вкусы, гляncованная поверхность, желатин в качестве гелирующего вещества, мягкая, легко жуемая консистенция, добавление натуральных соков и витаминов).

Разработаны научно обоснованные рецептурные составы и технологические параметры производства жевательного мармелада с витаминами и минеральными веществами. Введение премиксов с антиоксидантами и витаминами группы В целесообразно осуществлять в растворенном виде в уваренную мармеладную массу с температурой не выше 70°C на стадии введения вкусоароматических добавок, введение премикса с кальцием и витамином D₃ — в уваренный сахаро-паточный сироп.

Изучение процессов структурообразования обогащенного мармелада показало отсутствие значимого влияния премиксов на реологические свойства мармеладной массы и готового продукта, в связи с чем корректировка технологических режимов их изготовления не требуется.

Параметры изготовления обогащенного жевательного мармелада отработаны в производственных условиях ОАО «Красный пищевик». Новые виды обогащенного жевательного мармелада для детского питания соответствуют требованиям нормативной документации к продукции для детского питания по показателям качества и безопасности в течение до 7 месяцев хранения. Мармелад, обогащенный витаминно-минеральным премиксом, имеет более высокое значение зольности по причине введения в него достаточно большого количества кальция.

Совместно со специалистами РКИК и РУП «Научно-практический центр гигиены» изучена динамика фактического содержания витаминов и минеральных веществ в образцах мармелада в процессе хранения. Установлено, что наибольшие потери характерны для витамина С и β -каротина, в связи с этим срок годности мармелада ограничен 2 месяцами. Фактором, лимитировавшим срок годности мармелада, обогащенного премиксом из витаминов группы В, в 5 месяцев является содержание витамина В₂. Витамин D₃ и кальций, введенные в состав мармелада, отличаются достаточно высокой стабильностью, в связи с чем срок годности продукта может составлять не менее 7 месяцев.

Получено разрешение Министерства здравоохранения Беларуси на вынесение в маркировку разработанного мармелада сведений об отличительных свойствах обогащающих нутриентов в части их физиологического действия на организм.

Разработан комплект технологической документации (3 рецептуры и 1 технологическая инструкция) на изготовление жевательного мармелада с повышенной пищевой ценностью для питания детей дошкольного и школьного возраста. Состав обогащенного мармелада научно обоснован и соответствует требованиям технических регламентов Таможенного союза, санитарных норм и правил, предъявляемым к продукции для детского питания; по вкусоароматическим характеристикам продукции акцент сделан на вкус колы, фруктовые вкусы и ароматы за счет применения фруктовых соков, натуральных ароматизаторов. Потребление 100 г мармелада обеспечит не менее 14–37% рекомендуемой нормы потребления введенных витаминов и минеральных веществ для детей от 4 до 17 лет.

Мармелад, обогащенный витаминами Е, В₁, В₂, В₆, внедрен в производство на ОАО «Красный пищевик».

Список использованных источников

1. Гресь, Н. А. Синдром экологической дезадаптации у детей Беларуси и пути его коррекции: Методические рекомендации / Н.А. Гресь, А.Н. Аринчин; утв. Первым заместителем министра здравоохранения В.М. Ореховским 12.06.2000, рег. №65-0005. — Мн.: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2000. — 42 с.
2. Кедрова, И. И. Содержание витаминов и минеральных веществ в рационах питания населения Республики Беларусь / И. И. Кедрова, А. В. Славянский, Н. В. Гусаревич // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. — 2006. — №2. — С. 43–46.
3. Солдатова, Е. А. Особенности современной законодательной базы производства мучных кондитерских изделий для детского питания / Е. А. Солдатова, С. Ю. Мистенева, Т. В. Савенкова // Кондитерское производство. — 2014. — №1. — С. 6–8.
4. Требования для учреждений общего среднего образования: санитарные нормы и правила / утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27.12.2012 г. №206 (с изменениями и дополнениями от 29.07.2014 г. №63). — 62 с.
5. Мармелад. Общие технические условия: СТБ 2377-2014. — Введ. 01.05.2015. — Минск: БелГИСС, 2014. — 17 с.
6. О безопасности пищевой продукции: Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 021/2011. — Введ. 01.07.2013. — Минск: БелГИСС, 2012. — 196 с.
7. Требования для организаций, осуществляющих производство пищевой продукции для детского питания: санитарные нормы и правила / утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 03.06.2013 г. №42 (с изменениями и дополнениями от 07.09.2015 г. №96). — 40 с.
8. О безопасности упаковки: Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 005/2011. — Введ. 01.07.2012. — Минск: БелГИСС, 2012. — 48 с.

9. Пищевая продукция в части ее маркировки: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011. — Введ. 01.07.2013. — Минск: БелГИСС, 2012. — 18 с.
10. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп детского населения Республики Беларусь: инструкция по применению / утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2002 г. №126-1102. — 13 с.
11. *Спиричев, В. Б.* Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В.Б.Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский; под.общ. ред. В.Б. Спиричева. — Новосибирск: Сиб. унив. из-во, 2004. — 548 с.
12. *Тырсин, Ю. А.* Витамины и витаминоподобные вещества / Ю. А. Тырсин, А. А. Кролевец, А. С. Чижик. — М.: ДеЛи плюс, 2012. — 203 с.
13. *Морозкина, Т. С.* Витамины: Краткое рук. для врачей и студентов мед., фармацевт. и биол. специальностей / Т.С. Морозкина, А.Г. Мойсеенок. — Мн.: ООО «Асар», 2002. — 112 с.
14. *Горбачев, В. В.* Витамины, микро- и макроэлементы / В. В. Горбачев, В. Н. Горбачева. — Мн.: Книжный дом; Интерпрессервис, 2002. — 544 с.
15. *Тырсин, Ю. А.* Микро- и макроэлементы в питании / Ю.А. Тырсин, А.А. Кролевец, А.С. Чижик. — М.: ДеЛи плюс, 2012. — 224 с.
16. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: Санитарные нормы и правила, утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 №180. — 20 с.
17. *Рабынина, А. А.* Характеристика ассортимента, оценка качества и конкурентоспособность мармелада на желатине, реализуемого в розничной торговле: дипломная работа: 1-25 01 09 / А.А. Рабынина. — Мн.: БГЭУ, 2017. — 114 с.
18. *Рабынина, А. А.* Исследование предпочтений потребителей детской категории при выборе мармелада/ А.А. Рабынина, С.Е. Томашевич // Инновационный потенциал молодежи в современном мире: материалы XXXVII Международной научно-практической конференции для студентов и учащихся, 3-5 мая 2017 г., г. Гомель / УО БГТЭУ; редкол.: А.П. Бобович [и др.]. — Гомель, УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2017. — С.215-216.
19. Руководство по детскому питанию / Под ред. В.А. Тутельяна, И.Я. Коня. — М.: Медицинское информационное агентство, 2004. — 662 с.
20. Commission regulation (EU) №432/2012 of 16 May 2012, establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health // Official Journal of the European Union. — 2012. — 40 p.
21. Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности: ГОСТ Р 55577-2013. — Введ. 01.01.2015. — М.: Стандартиформ, 2014. — 16 с.

Информация об авторах

Томашевич Светлана Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: npc-candy@tut.by

Бабодей Валентина Николаевна, начальник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Information about authors

Tamashevich Svetlana Evgenievna, PhD (Technical), Associate Professor, senior researcher of the department of technology confectionery and fat-and-oil products of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: npc-candy@tut.by

Babodey Valentina Nikolaevna, Head of the Department of Confectionery and Fat-and-Oil products of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

УДК 663.63

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-53-61](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-53-61)

Поступила в редакцию 24.08.2022

Received 24.08.2022

З. В. Ловкис¹, О. В. Павлова², Е. А. Белова², М. М. Трусова²*¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**²Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИТОЗАНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Адсорбция часто используется для очистки воды и приобрела популярность, потому что производит регенерацию и очищение стоков с наименьшими эксплуатационными расходами. Это эффективный, действенный и экономичный метод не только для очистки воды, но и для аналитических методов разделения. Цель работы — изучить возможность использования хитозана для очистки сточных и природных вод от химических компонентов в статических и динамических условиях. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что данный природный сорбент обладает достаточными сорбционными способностями, следовательно, его целесообразно применять в качестве фильтрующего материала для очистки природных и сточных вод от загрязнений различного происхождения. С экономической точки зрения применение хитозана как фильтрующего материала является выгодным решением на предприятиях, нуждающихся в очистке сточных вод, так как он способен к регенерации, а его сорбционная способность не уступает активированному углю, который является известным сорбентом.

Ключевые слова: адсорбция, хитозан, природные и сточные воды, статика, динамика.

Z. V. Lovkis¹, O. V. Pavlova², E. A. Belova², M. M. Trusova²*¹ RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus**²Institution Education “Grodno State University named after Yanka Kupala”, Grodno, Republic of Belarus*

USE OF CHITOSAN FOR NATURAL AND WASTE WATER TREATMENT

Abstract. Adsorption is often used for water purification and has gained popularity because it produces high-quality treated wastewater with the lowest operating costs. It is an effective, efficient and economical method not only for water purification, but also for analytical separation methods. The purpose of the work is to evaluate the possibility of using chitosan for wastewater and natural water purification from chemical components in static and dynamic conditions. The results of the conducted studies indicate that the studied natural sorbent has sufficient sorption abilities, therefore, it is advisable to use it as a filter material for cleaning natural and wastewater from pollution of various origins. From an economic point of view, the use of chitosan as a filter material is an advantageous solution for enterprises in need of wastewater treatment, since it is capable of regeneration, and its sorption capacity is not inferior to activated carbon, which is a well-known sorbent.

Key words: adsorption, chitosan, natural and waste water, static, dynamics.

Введение. Хитозан представляет собой биополимер, состоящий из N-ацетил-D-глюкозаминовых и D-глюкозаминовых звеньев, получаемый различными способами: кислотнo-щелочным, ферментативным, комбинированным гидролизом, а также естественным путем, обнаруживаемым в некоторых грибах как часть их структуры [1].

Основным источником для получения хитозана в настоящее время являются членистоногие, а именно ракообразные. Наиболее доступными промышленными сырьевыми объектами для получения хитозана являются отходы переработки морских гидробионтов: крабов, кре-

веток, лобстеров и др. [2]. В качестве сырья для производства хитина и хитозана используют панцири головогруды и конечностей камчатского, синего, равношипного крабов. Другим наиболее массовым и легко добываемым объектом является рачок-бокоплав. Малая толщина панциря (100 — 500 мкм) и относительно высокое содержание хитина (25 — 30 %) и облегчают процесс его переработки для получения хитина и хитозана [3]. Еще одним перспективным источником является антарктический криль, обитающий в Атлантическом, Тихоокеанском и Индоокеанском секторах Антарктики [4]. Процесс получения хитозана из морских ракообразных является трудоемким и дорогостоящим, поэтому вопрос получения хитозана из других источников характеризуется все большей актуальностью. Перспективным сырьевым источником производства хитозана как с экономической, так и с экологической точки зрения является побочный продукт биотехнологических производств, в частности производства лимонной кислоты — мицелиальные грибы рода *Aspergillus* [5].

Свойства хитозана (средняя степень полимеризации, степень N-деацетилирования, положительный заряд и природа химических модификаций его молекулы) непосредственно влияют на его биологическую активность. Аминовая группа в составе хитозана способствует динамике его коагулирующих, диспергирующих и хелатных свойств. Хитозан, в соответствии с молекулярной массой и степенью деацетилирования, подразделяется на несколько типов, а молекулярная масса и степень деацетилирования в свою очередь влияют на растворимость хитозана, как одно из важнейших свойств, определяющих во многих случаях возможность его целевого применения [6].

Хитозан, в отличие от практически нерастворимого хитина, хорошо растворяется в разбавленных двухосновных органических кислотах [7], а в растворенном виде хитозан обладает намного большим сорбционным потенциалом, чем в нерастворенном. Данное свойство открывает широкие возможности для его применения в различных отраслях промышленности. Благодаря гидрофобным взаимодействиям, хитозан может связывать предельные углеводороды, жиры и жирорастворимые соединения. Наличие в молекуле хитозана большого количества гидроксильных, аминных групп обуславливает его гигроскопичность, способность к набуханию и прочному удерживанию в своей структуре растворителя, а также растворенных и диспергированных в нем веществ [8].

В экологических целях хитозан и хитин могут использоваться для очистки сточных вод от тяжелых металлов, органических соединений, радионуклидов, белков, углеводов, пестицидов, красителей [9–11]. Очистка воды может быть успешно решена путем применения материалов на основе хитозана, имеющего высокие сорбционные и коагуляционные свойства.

Хитозан в основном используется в качестве эффективного биосорбента в инженерии окружающей среды. Основным преимуществом хитозана, по сравнению с обычным активированным углем и другими биосорбентами, является его низкая цена, высокое сродство к ряду загрязняющих веществ (благодаря наличию amino- и гидроксильных групп), химическая стабильность, высокая реакционная способность и селективность в отношении загрязнений [12]. Хитозан и его модификации успешно используются для удаления ионов металлов, красителей, фенолов, анионов, пестицидов, фунгицидов и гуминовых веществ путем адсорбции [13].

Адсорбция часто используется для очистки воды и в последние годы приобрела популярность среди экологов, потому что позволяет качественно очистить сточные воды с наименьшими эксплуатационными расходами. Это эффективный, действенный и экономичный метод не только для очистки воды, но и для аналитических методов разделения как в малых, так и в больших масштабах [14].

Объект исследования — природные и сточные воды.

Цель работы — изучить возможность использования хитозана для очистки сточных и природных вод.

Материалы и методы исследований. Хитозан выделяется из биомассы *Aspergillus niger* в результате последовательного четырехступенчатого кислотного-щелочного гидролиза [15].

В качестве модельной воды была использована вода из реки Городничанка (г. Гродно). Сорбцию химических компонентов природных вод проводили в статических (100 мг сорбента на 100 мл природной воды) и динамических условиях (рис.1).

При статической сорбции сорбент выдерживали в растворе исследуемой соли в течение 30 минут, затем фильтровали.

Динамическую сорбцию проводили следующим образом: была сооружена фильтрующая колонка, на которой закрепили воронку, в ней равномерным слоем расположили сорбент на тонком слое пенокерамического фильтра для удержания сорбента при пропускании воды. В пробах воды, до и после сорбции стандартными фотометрическими, титриметрическими

и весовыми методами определяли pH, сухой остаток, нитриты, нитраты, ионы аммония, хлориды, сульфаты, фосфаты, содержание железа общего, общую жесткость, перманганатную окисляемость ($\text{ХПК}_{\text{перм.}}$), биохимическое потребление кислорода (БПК), цветность воды [16].

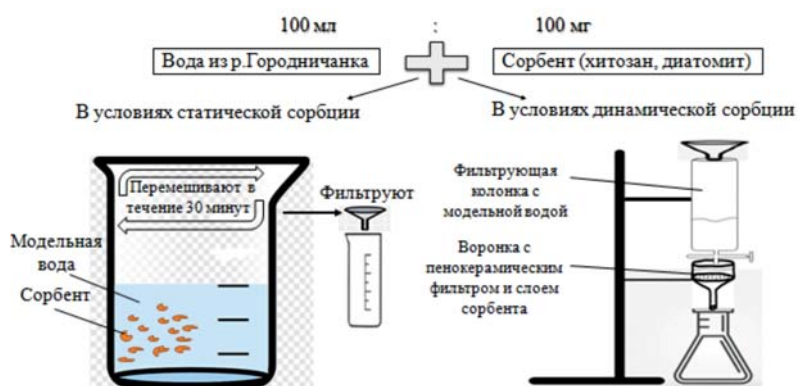


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

Fig. 1. Scheme of the experiment

Степень извлечения химических компонентов (α , %) определяли по формуле (1):

$$\alpha(\%) = \frac{(C_{\text{исх.}} - C_{\text{к.}})}{C_{\text{исх.}}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

Количество сорбированного химического компонента природных вод (сорбционную емкость, a , мг/г) рассчитывали по формуле (2):

$$a = \frac{(C_{\text{исх.}} - C_{\text{к.}})}{m \cdot 1000} \cdot V, \quad (2)$$

где V — объем пробы, мл; m — масса навески, г; $C_{\text{исх.}}$ — исходная концентрация, мг/л; $C_{\text{к.}}$ — конечная концентрация, мг/л.

Сорбционную активность хитозана к ионам железа изучали в модельных условиях. Содержание растворенного железа (III) в виде роданида $\text{Fe}(\text{NSC})_4^-$ устанавливали фотометрическим методом, который основан на определении оптической плотности растворов комплексного соединения кроваво-красного цвета, образующегося при взаимодействии Fe^{3+} с роданидионом в кислой среде.

В процессе исследований была изучена сорбционная способность хитозана в зависимости от длительности его контакта (20, 40, 60 минут) с раствором-сорбатом на сорбционную активность по отношению к железу (III). Эксперименты проводили в статических условиях: температура 20°C , соотношение масс сорбента и металлсодержащих растворов — 1:50. Сорбент отделяли от раствора фильтрованием. Концентрацию ионов металлов в исходных растворах и после сорбции, определяли спектрофотометрическим методом (спектрофотометр PV 2201 (ЗАО «Solar», Беларусь)).

На следующем этапе испытания сорбционной способности образцов хитозана осуществляли на модельных растворах железа (III) при варьировании температуры взаимодействия системы сорбции (20°C , 23°C , 26°C). Эксперименты проводили в статических условиях: экспозиция 1 час, соотношение масс сорбента и металлсодержащих растворов — 1:50. Сорбент отделяли от раствора фильтрованием. Концентрацию ионов металлов в исходных растворах и после сорбции, определяли спектрофотометрическим методом (спектрофотометр PV 2201 (ЗАО «Solar», Беларусь)).

Кроме того, исследована сорбционная способность хитозана в зависимости от концентрации раствора железа (III). Эксперименты проводили в статических условиях: температура 20°C при соотношении масс сорбента и металлсодержащих растворов — 1:50. Сорбент отделяли от раствора фильтрованием. Концентрацию ионов металлов в исходных растворах и после сорбции, определяли спектрофотометрическим методом (спектрофотометр PV 2201 (ЗАО «Solar», Беларусь)).

Результаты исследований и их обсуждение. Для исследования возможности использования хитозана для очистки природных и сточных вод в качестве модельной среды послужила вода из реки Городничанка. Результаты первичных исследований сорбции основных ионов из природных вод приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сорбционная способность хитозана по отношению к основным ионам природных вод
Table 1. Sorption capacity of chitosan in relation to the main ions of natural waters

Показатель	В условиях статической сорбции					
	Ионы аммония	Нитрат-ионы	Нитрит-ионы	Сульфат-ионы	Хлорид-ионы	Фосфат-ионы
Концентрация до сорбции*	3,60	12,50	0,22	4,10	45,72	0,093
Концентрация после сорбции*	3,20	12,50	0,10	2,50	39,19	0,093
Степень извлечения, (α , %)	11,10	-	54,55	39,00	14,28	-
Сорбционная емкость (a , мг/г)	0,40	-	0,12	3,20	6,53	-
Концентрация до сорбции, (мг/л)	4,20	14,30	0,22	4,6	44,58	0,041
Концентрация после сорбции, (мг/л)	3,60	14,20	0,086	2,7	43,78	0,039
Степень извлечения для, (α , %)	14,29	0,70	39,00	32,60	1,79	4,88
Сорбционная емкость (a , мг/г)	0,60	0,10	1,60	1,50	0,80	0,002

*Концентрация нитрит-ионов определялась по концентрации азота нитритов (мгN/л), концентрация всех остальных ионов определялась в мг/л.

В условиях статической сорбции наибольшую эффективность хитозан проявил по отношению к нитрат-ионам и сульфат-ионам (степень извлечения 54,55 % и 39 % соответственно). В условиях динамической сорбции наблюдалась та же закономерность, хотя степень сорбции снизилась (для нитрат-ионов она составила 39 %, а для сульфат-ионов 32,6 %). В статических условиях не выявлена способность хитозана извлекать из природных вод нитрат-ионы и фосфат-ионы, а в динамических условиях степень сорбции этих ионов была минимальная.

Таблица 2. Сорбционная способность хитозана по отношению к обобщенным показателям качества вод
Table 2. Sorption capacity of chitosan in relation to generalized indicators of water quality

Показатель	В условиях статической сорбции						
	Общая жесткость, мг.экв./л	pH, ед.	Цветность, градус цветности	ХПК _{перм.} , мгО/л	БПК, мгО/л	Железо общее, мг/л	Общая минерализация, г/л
Значение показателя до сорбции	8,77	6,96	45,00	3,30	31,70	0,48	0,55
Значение показателя после сорбции	2,72	8,22	80,00	8,70	8,90	0,07	0,56
Степень извлечения, (α , %)	68,99	-	-	-	71,80	85,00	-
Сорбционная емкость (a , мг/г)	6,05	-	-	-	22,80	0,40	-
Значение показателя до сорбции	5,94	6,94	40	4,72	6,46	0,610	0,592
Значение показателя после сорбции	3,51	7,69	62	7,21	8,09	0,014	0,596
Степень извлечения, (α , %)	40,9	-	-	-	-	97,70	-
Сорбционная емкость (a , мг/г)	2,43	-	-	-	-	0,60	-

*Значение показателя pH в единицах pH, общей минерализации в г/л, общей жесткости в мг.экв./л, железа общего в мг/л, БПК и ХПК в мгО/л, цветности в градусах цветности.

Хитозан подщелачивает воду, данный эффект также может быть связан с его структурой и сложными взаимодействиями в воде. Хитозан снижает показатели жесткости воды, сорбируя ионы кальция и магния, причем характерна большая эффективность сорбции — до 69 % в условиях статической сорбции. Однако в динамических условиях степень очистки снизилась и составила 40,9 %, что можно связать со спецификой условий проведения эксперимента. По результатам многих исследований, выявлена способность хитозана связывать и прочно удерживать ионы различных металлов, в том числе ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , где степень очистки достигает 60 % [17].

Хитозан увеличил градус цветности воды, что можно объяснить наличием в воде мелко-дисперсных нерастворимых частиц, оставшихся после фильтрации исследуемой воды.

В статических условиях отмечена высокая степень извлечения легкоокисляемых органических веществ из природных вод, характеризующаяся по показателю БПК, составившая 71 %. В динамических условиях повторить результат не удалось, вероятно, из-за недостаточности времени для контакта сорбента с извлекаемыми веществами.

Влияния сорбента на показатель ХПК природных вод не было выявлено, вероятно, из-за особенностей методики определения данного показателя.

Хитозан эффективно связывает ионы железа в воде (степень извлечения равна 85 % в условиях статической сорбции и 97,7 % в условиях динамической сорбции). Хитозан увеличил общую минерализацию воды, что можно объяснить наличием в воде мелкодисперсных нерастворимых частиц, оставшихся после фильтрации исследуемой воды. Так как была выявлена высокая сорбционная способность хитозана к ионам железа, эксперимент был продолжен.

Для последующего изучения степени аккумуляции железа (III) хитозаном были приготовлены растворы сравнения с разными концентрациями (табл. 3).

Таблица 3. Приготовление растворов сравнения Fe (III)
Table 3. Preparation of reference solutions Fe (III)

Раствор Fe (III), мл	Дистиллированная вода, мл	Массовая концентрация, мкг/л	Оптическая плотность
0,2	43,8	0,4	0,092
0,4	43,6	0,8	0,116
0,8	43,2	1,6	0,158
1,2	42,8	2,4	0,211
1,6	42,4	3,2	0,259
1,8	42,2	3,6	0,289

Анализ сорбции железа трехвалентного хитозаном проводили после взаимодействия исследуемой пробы с сорбентом в течение 1 часа при температуре 20°C. Хитозан для исследования брали массой равной 0,1 г на 50 мл раствора, содержащего определенную концентрацию Fe (III). Содержание железа в отфильтрованных пробах после сорбции определяли фотометрическим методом. Исследуемые пробы анализировали в трех повторностях (табл. 4).

Таблица 4. Результаты определения содержания Fe (III) до и после сорбции
Table 4. The results of determining the content of Fe (III) before and after sorption

№ пробы	Оптическая плотность	Среднее значение оптической плотности	Концентрация Fe (III), мкг/л
Показатели до сорбции			
1	0,060	0,060	1
	0,060		
	0,059		
2	0,086	0,081	1,35
	0,074		
	0,084		
3	0,059	0,060	1
	0,058		
	0,063		
Показатели после сорбции			
1	0,032	0,031	0,52
	0,031		
	0,029		
2	0,046	0,047	0,78
	0,048		
	0,047		
3	0,032	0,032	0, 53
	0,031		
	0,032		

Установлено, что общее содержание ионов железа существенно уменьшилось во всех исследуемых пробах. Выявлено, что средняя сорбционная емкость сорбента к трехвалентному железу составила 54,3 %.

Для применения хитозана в качестве эффективного сорбента необходима его предварительная обработка дистиллированной водой до состояния насыщения раствора солеобразующими компонентами хитозана [18].

Также был проведен анализ сорбционной способности хитозана в зависимости от концентрации Fe (III) в растворе (табл. 5).

Таблица 5. Результаты определения содержания Fe (III) до и после сорбции
Table 5. The results of determining the content of Fe (III) before and after sorption

До сорбции		После сорбции	
Концентрация Fe (III), мкг/л	Оптическая плотность	Концентрация Fe (III), мкг/л	Оптическая плотность
0,4	0,022	0,22	0,013
0,8	0,046	0,45	0,027
1,6	0,088	0,82	0,049
2,4	0,141	1,03	0,062
3,2	0,189	1,53	0,092
3,6	0,219	1,75	0,105

Изучение зависимости доли поглощенного Fe (III) от его концентрации показало, что сорбционная активность максимальна при концентрации Fe³⁺ 2,4 мкг/л и минимальна при 0,8 мкг/л (рис. 2).

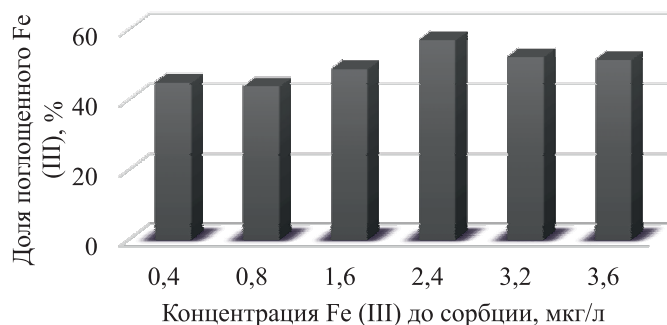


Рис. 2. Зависимость доли поглощенного Fe (III) от его концентрации
Fig. 2. Dependence of the share of absorbed Fe (III) on its concentration

В число важнейших характеристик сорбентов входит скорость достижения динамического равновесия между сорбентом и сорбатом. Проведено исследование влияния длительности контакта хитозана с раствором-сорбатом на сорбционную активность по отношению к железу (III). Показано, что сорбционная активность возрастает в системе сорбент — сорбат с увеличением длительности контакта сорбента с раствором (рис. 3).

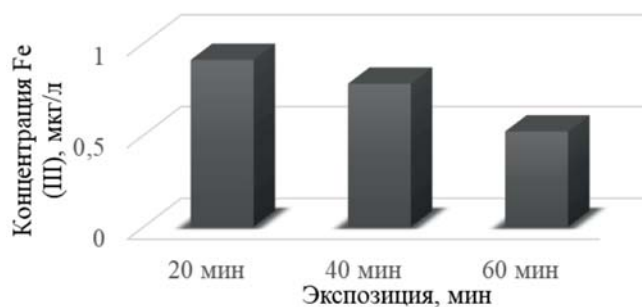


Рис. 3. Зависимость содержания Fe (III) от времени сорбции
Fig. 3. Dependence of Fe (III) content on sorption time

Проведено исследование влияния температуры системы сорбции на сорбционную активность хитозана по отношению к железу (III). Изучение зависимости сорбционной способности сорбента от температуры в диапазоне 20–26 °С показало, что сорбционная активность увеличивается с повышением температуры раствора (рис. 4). При этом в некоторых источниках в качестве оптимальной температуры для сорбции ионов металлов приводится 45 °С [19].

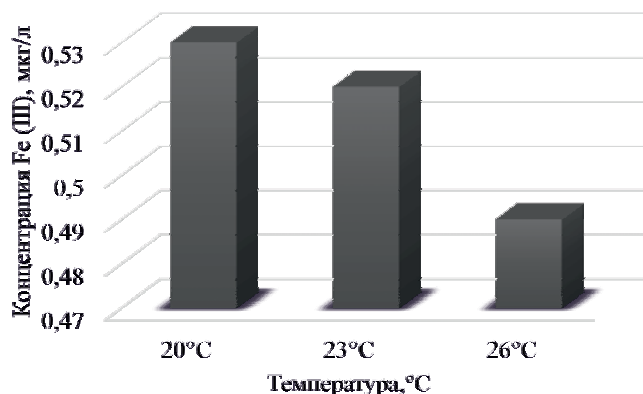


Рис. 4. Зависимость содержания Fe (III) от температуры сорбируемого раствора
Fig. 4. Dependence of the content of Fe (III) on the temperature of the sorbed solution

Проведено исследование оценки кратности использования хитозана для сорбции железа (III). Многократность использования позволяет снизить материальные затраты на получение хитозана. Показано, что сорбционная активность хитозана является достаточной при трехкратном его использовании (таблица 6).

Таблица 6. Результаты повторного использования хитозана для сорбции Fe (III)
Table 6. Results of repeated use of chitosan for Fe (III) sorption

Повторность, №	Оптическая плотность	Среднее значение оптической плотности	Концентрация Fe (III), мкг/л
1	0,032	0,031	0,52
	0,031		
	0,029		
2	0,039	0,037	0,62
	0,035		
	0,036		
3	0,041	0,040	0,67
	0,039		
	0,039		

Экспериментально установлено, что остаточная сорбционная активность при повторном использовании хитозана достаточно высока и составляет 33%, что говорит о возможности разработки системы очистки с многократным использованием хитозана. Исследуемый сорбент обладает высокой стабильностью в последовательных экспериментах, а гомогенизация делает данную систему более эффективной.

Заключение. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что хитозан обладает достаточными сорбционными способностями и его целесообразно применять в качестве фильтрующего материала для очистки природных и сточных вод от загрязнений различного происхождения. С экономической точки зрения применение хитозана как фильтрующего материала является выгодным решением на предприятиях, нуждающихся в очистке сточных вод, так как он способен к регенерации, а его сорбционная способность не уступает активированному углю, который является известным сорбентом.

Список использованных источников

1. Domard, A. The International Conference on Chitin and Chitosan [Electronic resource] / A. Domard, E. Guibal // International Journal of Biological Macromolecules. — 2008. — Vol. 43, iss. 1. — P. 1.

2. Красавцев, В. Е. Техничко-экономические перспективы производства хитина и хитозана из антарктического криля / Красавцев В. Е. // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы VII Международной конференции, Москва: ВНИРО, 2003. — С. 7–9.
3. Мезенова, О. Я. Гаммарус балтийский — потенциальный источник получения хитина и хитозана / О. Я. Мезенова, А. С. Лысова, Е. В. Григорьева // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы VII Международной конференции. — М.: ВНИРО, 2003. — С. 32–33.
4. Антарктический криль: Справочник / под ред. В.М. Быковой. — М: ВНИРО, 2001. — 207 с.
5. Хитин-глюкановые комплексы (Физико-химические комплексы и молекулярные характеристики): учебное пособие / И. И. Осовская, Д. Л. Будилина, Е. Б. Тарабукина, Л. А. Нудьга. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский госуд. ун-т, 2010. — 52 с.
6. Shen-Kun, Liao. A Kinetic Study of Thermal Degradations of Chitosan/Polycaprolactam Blends / Chi-Chih Hung, Shen-Kun Liao, Ming-Fung Lin // Macromolecular Research. — 2004. — Vol. 12, No. 5. — P. 466–473.
7. Domard, A. Some physicochemical and structural basis for applicability of chitin and chitosan. / A. Domard // Proc. 2nd. Asia Pacific Symposium “Chitin and chitosan” / Ed.F. Stevens, M.S. Rao, S. Chandkrchang. Bangkok, Thailand. — 1996. — P. 1–12.
8. Chatelet, C. Influence of the degree of acetylation on some biological properties of chitosan films / C. Chatelet., O. Damour, A. Domard // Biomaterials. — 2001. — Vol.22, N.3. — P. 261–268.
9. Allegre, C. Coagulation-flocculation-decantation of dye house effluents: concentrated effluents / C. Allegre, M. Maisseu, F. Charbit, P. Moulin // Hazard Mater 116. — 2004. — P. 57–64.
10. Павлова, О. В. Сорбционная активность хитинсодержащего комплекса *Aspergillus niger* к ионам металлов / О. В. Павлова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2015. — №2 (28). — С. 86–92.
11. Гладкая, О. К. Сорбционная способность хитозана к органическим соединениям / О. К. Гладкая, О. В. Павлова // Природопользование и экологические риски: материалы науч.- практ. конф., Минск, 5 июня 2019 г. — Минск: БГТУ, 2019. — С. — 337–338.
12. Bhathangar, A. Applications of chitin and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater/ A. Bhathangar, M. Sillanpää // A short review. Advances in Colloid and Interface Science. — 2009. — Vol. 152. — P. 26–38.
13. Chen, Y. Progress of microbial flocculant study and its application / Y. Chen, B. Lian // Bull. Mineral Petrol Geochim. — 2004. — Vol.23 — P. 83–89.
14. Ciesielski, W. Interactions of starch with salts of metals from the transition groups / W. Ciesielski, C.-y. Lii, M.-T. Yen, P. Tomasik // Carbohydr. Polym. — 2003. — 51 (1). — P. 47–56.
15. Pavlova, O. V. Optimization of demineralization regimes of chitin-containing raw materials in the technology of chitosan production from mycelial fungi of the genus *Aspergillus* / Vesnik of YankaKupala State University of Grodno. Series 6. Engineering Science. — 2017. — T.7. — №. 1. — P. 75–82.
16. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова — М: ВЛАДОС, 2003. — 288 с.
17. Humelnicu, Doina. Comparative Study on Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{3+} , and Cr^{3+} Metal Ions Removal from Industrial Wastewaters by Chitosan-Based Composite Cryogels / Humelnicu, Doina; Dragan, Ecaterina S.; Ignat, Maria; Dinu, Maria V A // Molecules. -2020. 25, no. 11: 2664.
18. Ахметова, И. Г. Исследование некоторых условий, обеспечивающих высокую сорбционную активность хитозана в процессах очистки сточных вод. / И. Г. Ахметова, Л. М. Миндубаева // Проблемы энергетики. — 2005. — №7-8. — С. 76-79.
19. Jideowno, A. Sorption of Some Heavy Metal Ions by Chitosan and Chemically Modified Chitosan. / A. Jideowno, J.M. Okuo, P.O. Okolo // Trends in Applied Sciences Research. — 2007. — №2 (3). — P. 211–217.

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

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 Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: Lovkis.zv@mail.ru

Павлова Оксана Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии, физиологии и гигиены питания учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы» (ул. Доватора, д. 3/1, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: pavlova@grsu.by

Белова Екатерина Александровна, старший преподаватель кафедры экологии УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы» (ул. Доватора, д. 3/1, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: belova_ea@grsu.by

Трусова Мария Михайловна, старший преподаватель кафедры технологии, физиологии и гигиены питания учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы» (ул. Доватора, д. 3/1, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь).

E-mail: brui.92@mail.ru

Pavlova Oksana Valerievna, PhD (Technical), Associate Professor, Head of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene of the educational institution «Grodno State University named after Ya. Kupala» (3/1 Dovator St., 230029, Grodno, Republic of Belarus).

E-mail: pavlova@grsu.by

Belova Ekaterina Alexandrovna, Senior Lecturer of the Department of Ecology of the educational institution «Grodno State University named after Ya. Kupala» (3/1 Dovator St., 230029, Grodno, Republic of Belarus).

E-mail: belova_ea@grsu.by

Trusova Maria Mikhailovna, Senior Lecturer of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene of the educational institution «Grodno State University named after Ya. Kupala» (3/1 Dovator St., 230029, Grodno, Republic of Belarus).

E-mail: brui.92@mail.ru

УДК 664.83

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-62-68](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-62-68)

Поступила в редакцию 11.02.2023

Received 11.02.2023

А. М. Мазур¹, Н. Н. Петюшев², Д. И. Гоман²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АГЛОМЕРАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХОГО КАРТОФЕЛЬНОГО ПЮРЕ

Аннотация. Агломерация является технологическим процессом, в ходе которого возможно задать и улучшить гранулометрический состав исходного продукта (откалиброванные размеры и структура частиц). В статье приведены результаты по исследованию технологических особенностей ведения процесса агломерирования сухого картофельного пюре.

Ключевые слова: агломерация, сушка, пюре, картофель, овощи.

A. M. Mazur¹, N. N. Petyushev², D. I. Goman²

¹EI “Belarusian State Agrarian Technical University”, Minsk, Republic of Belarus

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

RESEARCH OF THE AGGLOMERATION PROCESS IN THE PRODUCTION OF DRY POTATO PUREE

Abstract. Agglomeration is a technological process during which it is possible to set and improve the granulometric composition of the initial product (calibrated particle size and structure). The article presents the results of the study of the technological features of the process of agglomeration of dry mashed potatoes.

Keywords: agglomeration, drying, mashed potatoes, vegetables.

Введение. Агломерация — это метод увеличения размеров частиц, сравнительно однородных по форме и величине с относительно высокой прочностью. На агломерации основаны порошковая металлургия, производство керамических изделий, медпрепаратов.

В пищевой промышленности агломерация — это процесс слипания мелких частиц друг с другом, в результате которого образуются более крупные соединения частиц, агломераты, что облегчает растворение порошка в воде [1].

Агломераты имеют целый ряд преимуществ перед теми же материалами в негранулированном виде. Преимущества агломерированных продуктов заключаются в их хорошей восстанавливаемости, сыпучести, способности к дозировке, содержании незначительного количества пыли. Они имеют лучший внешний вид и обладают лучшими свойствами в отношении дисперсности, растворимости, смачиваемости. Применение агломерации материалов значительно улучшает условия труда, уменьшает потери их с пылью при фасовке, упаковке, устраняет склонность к слеживаемости при хранении и комкованию при восстановлении, обеспечивает возможность получения комбинированных и сложных продуктов, состоящих из нескольких компонентов, сохраняющих свои свойства в течение длительного времени, позволяет автоматизировать процесс дозирования и фасовки [2].

Известно несколько способов ведения процесса агломерации.

Один из них заключается в воздействии теплоносителя на порошкообразный продукт, увлажненный различными способами — водой, паром или их смесью, либо самим теплоносителем — горячим влажным воздухом.

Процесс агломерации осуществляют в плотном или подвижном слое на специальных агломерационных установках непрерывного действия, совмещающих процессы агломерирования, сушки и охлаждения продуктов.

Одна из таких агломерационных установок германской фирмы «Anhydro» с псевдооживленным слоем представляет универсальный агрегат, позволяющий применять 2 способа агломерации: капельное агломерирование, при котором жидкость распыляют в слой порошка; агломерирование конденсацией, при котором используют смесь пара и горячего воздуха.

Фирма «Anhydro» применяет установку с вихревым слоем для сушки и гранулирования одного или нескольких жидких материалов, смеси порошковых и жидких материалов, гранулирования порошкового материала с помощью жидкого связующего вещества.

Установка с вихревым слоем служит для одновременного смешивания и гранулирования порошковых и жидких материалов в агломераты.

Схема установки представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема распылительной сушилки фирмы «Anhydro»

Fig. 1. Schematic diagram of an Anhydro spray dryer

Жидкость распыляют на порошкообразный продукт, получаемые агломераты высушивают в псевдооживленном слое, перемешивают и просеивают. Крупную фракцию агломератов измельчают на дробилке, смешивают с мелкой фракцией и вновь вводят в камеру. Средняя фракция агломератов является готовым продуктом. Теплоноситель входит в камеру с псевдооживленным слоем и проходит через всю установку в виде спирального воздушного потока. Спиральный воздушный поток служит для предотвращения наслоения продукта на внутренних стенках камеры и эффективной сушки.

Известны такие способы, предусматривающие образование агломератов путем распыления друг на друга растворов различной вязкости. Распыление осуществляют с помощью нескольких форсунок или дисков

Результаты и их обсуждение. Исследования по агломерированию сухого картофельного пюре проводили на установке «Strea-1» швейцарской фирмы «Aeromatic». Конструкция установки позволяет осуществлять операции глазирование посредством орошения материала различными растворами, смешивания компонентов, агломерирования — увлажнением, сушку. Установка «Strea-1» лабораторного типа, работающая по принципу кипящего слоя; режим работы — периодический. В комплект установки входит емкость для загрузки и обработки исследуемого материала массой 0,2–2 кг, насосное устройство для подачи увлажняющей жидкости с плавной регулировкой в диапазоне 0,08–0,8 мл/с, вентиляторы для воздуха, подаваемого для создания кипящего слоя производительностью до 0,033 м³/с, нагревательное устройство для подогрева воздуха с регулировкой от 20 до 110 °С, автоматическое фильтрационное устройство для очистки воздуха от остатков продукта и пыли на выходе из установки, компрессор для подачи сжатого воздуха давлением 0,04–0,05 МПа на

распыление увлажняющей жидкости, часовой механизм — для регулировки периода работы установки.

Принципиальная схема установки «Strea-1» представлена на рис. 2.

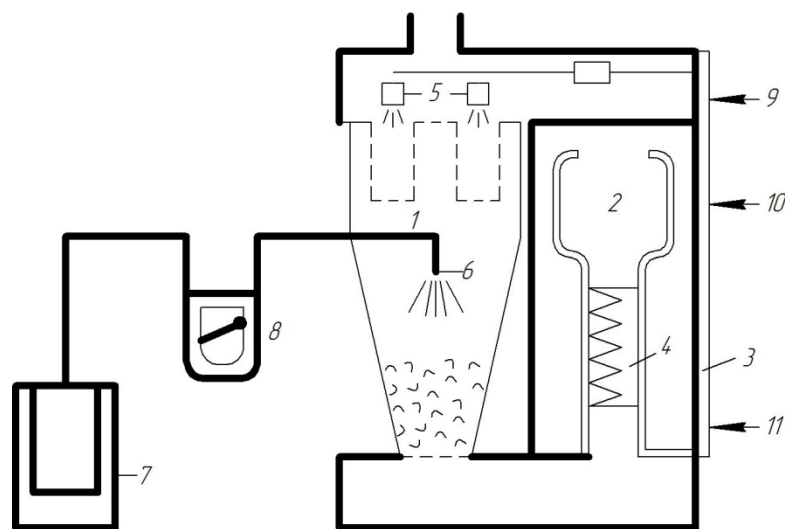


Схема лабораторной установки «Стреа-1»

1 — продуктовая емкость; 2 — электроventильатор; 3,5 — фильтры; 4 — воздухоподогреватель; 6 — форсунка; 7 — емкость для орошаемой жидкости; 8 — вариатор расхода жидкости; 9 — вариатор расхода воздуха; 10 — регулятор температуры; 11 — регулятор времени

Рис. 2. Принципиальная схема установки «Strea-1»

Fig. 2. Schematic diagram of the installation «Strea-1»

В качестве объекта исследований использовали сухое картофельное пюре с размером частиц менее 0,8 мм, полученное по совмещенной технологии, и добавки: казеинат натрия, сыворотку молочную сухую, соевый белок, подсолнечный белок, сухой гидролизат из мойвы, яичный порошок, каротин, соль. В качестве увлажняющей жидкости использовали воду, а также раствор цельного или обезжиренного молока в воде.

Процесс агломерации на установке осуществляли следующим образом. Полуфабрикат загружали в продуктовую емкость 1. Регулятором 2 устанавливали время ведения процесса. Вариатором 9 устанавливали расход воздуха, необходимого для создания кипящего слоя смеси. Регулятором 10 устанавливали температуру процесса агломерирования. Включали установку. Полуфабрикат в течение некоторого времени перемешивался воздухом, подаваемым под перфорированную решетку продуктовой емкости 1. Затем включали подачу орошаемой жидкости, а расход ее устанавливали вариатором 8.

Воздух, используемый для создания кипящего слоя продукта, засасывался из помещения посредством вентилятора 2, очищался на фильтре 3 и подогревался воздухоподогревателем 4. Отработанный воздух на выходе из установки очищался на фильтре 5, оснащенном автоматическим продувочным приспособлением, которое периодически стряхивает пыль, оседающую на ткани фильтров, в зону кипения. Как только расходовалось необходимое количество орошаемой жидкости, отключали подачу ее, а полученный агломерат досушивали в кипящем слое, не выгружая из продуктовой емкости. Затем отключали подачу воздуха, выгружали полученный агломерат из установки и охлаждали в течение 20–30 мин в холодильной камере при температуре 8–12 °С.

Добавки и соль смешивали с сухим картофельным пюре. Сухое молоко цельное и обезжиренное растворяли в воде при температуре 40–45 °С. Массовая доля сухих веществ в растворе составляла 40 %, температура 20 °С, масса продукта, загружаемого в камеру во всех опытах, составляла 0,2 кг.

Сравнительные результаты исследований показали возможность применения в качестве увлажняющей жидкости как чистой воды, так и раствора молока в воде. Агломерированные частицы, полученные при увлажнении водой, непрочные и рассыпаются при малейшем

механическом воздействии, поэтому обязательным условием должно быть наличие молока в составе продукта, являющегося связующим компонентом.

Изучали влияние количества раствора обезжиренного молока на степень увлажнения продукта при комнатной температуре ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Опыты проводили при расходе воздуха $0,013\text{--}0,015\text{ м}^3/\text{с}$, расходе раствора молока $0,16\text{--}0,25\text{ мл/с}$, массовой доле сухих веществ молока в растворе — 40%.

Данные исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние увлажнения продукта на процесс агломерирования

Table 1. Effect of product moisture on the agglomeration process

Продолжительность процесса, с	Влажность продукта, %	Количество напыляемого раствора на продукт, мл	Характеристика процесса
Расход увлажняющего раствора 0,25 мл/с			
0	10	–	–
$0,6 \cdot 10^2$	13,5	15	появляется агломерат
$1,2 \cdot 10^2$	16,4	30	агломерат образовался
$1,8 \cdot 10^2$	19,2	45	агломерат образуется
$2,4 \cdot 10^2$	21,6	60	появился влажный комок
$3,0 \cdot 10^2$	23,7	75	комки увеличиваются
$3,6 \cdot 10^2$	25,5	90	комки увеличиваются
$4,2 \cdot 10^2$	27,3	105	сплошной влажный ком
Расход увлажняющего раствора 0,16 мл/с			
0	10	–	–
$0,6 \cdot 10^2$	12,6	10	появился агломерат
$1,2 \cdot 10^2$	14,5	20	агломерат образуется
$1,8 \cdot 10^2$	16,5	30	агломерат образуется
$2,4 \cdot 10^2$	18,3	40	агломерат образуется
$3,0 \cdot 10^2$	20,0	50	агломерат образуется
$3,6 \cdot 10^2$	21,5	60	появился влажный комок
$4,2 \cdot 10^2$	22,9	70	50% агломерата скомковано

Анализируя полученные данные, видно, что при увлажнении продукта раствором молока при расходе молока $0,25\text{ мл/с}$, происходит равномерное увлажнение продукта и образование агломерированных частиц в течение $1,8 \cdot 10^2$ — $2,4 \cdot 10^2$ с подачи раствора, а затем переувлажненный материал начинает скомковываться, образуя сплошной влажный ком.

Исследовали процесс увлажнения смеси при температуре воздуха, подаваемого в зону кипения, в диапазоне $30\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ с интервалом $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом определяли количество агломерированных частиц размером более 1 мм . Одновременно исследовали процесс сушки полученного агломерата. Опыты проводили при расходе раствора молока $0,25\text{ мл/с}$, массовой доле сухих веществ — 40 %.

Результаты исследований представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Зависимость количества агломерированных частиц от продолжительности процесса агломерации и сушки при температуре $30\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Table 2. Dependence of the number of agglomerated particles on the duration of the agglomeration and drying process at a temperature of $30\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Продолжительность, с		Количество агломерированных частиц размером более 1 мм , %							
увлажнения	сушки	Температура обработки, $^{\circ}\text{C}$							
		30	40	50	60	70	80	90	100
0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$0,6 \cdot 10^2$	–	41	39	38	34	30	32	21	18
$1,2 \cdot 10^2$	–	68	70	76	75	64	60	50	46
$1,8 \cdot 10^2$	–	100	98	99	100	96	95	76	72
$2,4 \cdot 10^2$	–	100	100	100	100	100	97	92	90
–	$3,0 \cdot 10^2$	100	100	100	100	100	94	90	86
–	$3,6 \cdot 10^2$	96	97	98	98	98	90	88	80
–	$4,2 \cdot 10^2$	94	95	96	96	95	88	76	74

Анализ кривых, представленных на графиках (рис. 3, 4) показывает, что процесс агломерации сухого картофельного пюре начинается при увеличении влажности исходного продукта на 2-3%. При 20% влажности продукт полностью агломерирован. Применение температуры ниже 50 °С нежелательно, т.к. при этом возрастает продолжительность сушки до $6,0 \cdot 10^2$ — $7,2 \cdot 10^2$ с. Температура 90-100 °С способствует более быстрой сушке, но при этом часть агломерированных частиц разрушается. Наиболее эффективно происходит процесс агломерации и сушки при температуре воздуха 50-80 °С в течение $4,2 \cdot 10^2$ с.

Таблица 3. Изменение влажности продукта в процессе увлажнения и сушки при температуре 50-100 °С

Table 3. Change in product moisture in the process of moistening and drying at a temperature of 50-100 °С

Продолжительность процесса, с		Влажность продукта, %					
увлажнения	сушки	Температура обработки, °С					
		50	60	70	80	90	100
0	-	10	10	10	10	10	10
$0,6 \cdot 10^2$	-	13,2	13,0	12,4	12,2	12,2	12,0
$1,2 \cdot 10^2$	-	15,6	15,2	13,7	13,6	13,3	14,0
$1,8 \cdot 10^2$	-	18,4	17,4	15,5	15,2	14,8	15,4
$2,4 \cdot 10^2$	-	19,7	19,0	16,8	16,7	16,2	16,2
-	$3,0 \cdot 10^2$	17,5	16,6	15,0	15,0	14,8	14,8
-	$3,6 \cdot 10^2$	14,6	14,0	13,2	13,0	12,5	12,0
-	$4,2 \cdot 10^2$	11,8	11,2	10,6	10,9	10,6	10,2

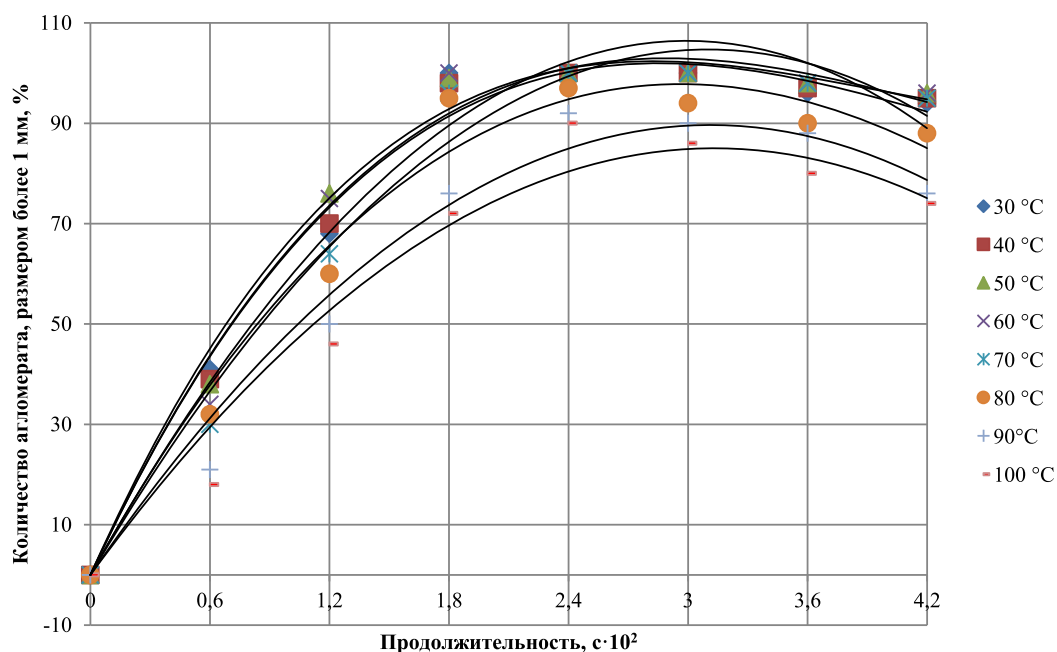


Рис. 3. Зависимость количества агломерированных частиц от продолжительности процесса агломерации и сушки при температуре 30-100 °С

Fig. 3. Dependence of the number of agglomerated particles on the duration of the agglomeration and drying process at a temperature of 30-100 °С

Охлаждение полученного агломерата осуществляли в холодильной камере при температуре 8-12 °С до температуры не более 20 °С.

В результате проведенных исследований установлены режимы ведения технологического процесса получения агломерированного сухого картофельного пюре на установке «Strea-1» (табл. 4).

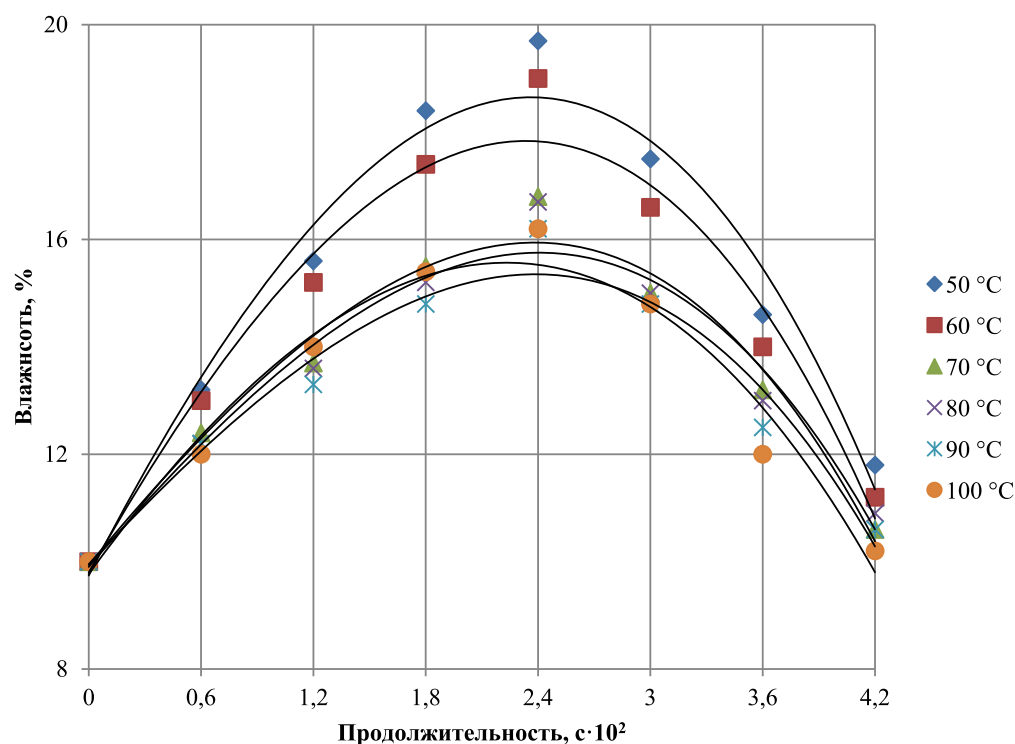


Рис. 4. Изменение влажности продукта в процессе увлажнения и сушки при температуре 50-100 °C

Fig. 4. Change in product moisture in the process of moistening and drying at a temperature of 50-100 °C

Таблица 4. Режимы ведения процесса получения агломерированного сухого картофельного пюре

Table 4. Modes of conducting the process of obtaining agglomerated dry mashed potatoes

Температура воздуха, °C	на входе 50-80 на выходе 20-40
Расход воздуха (для создания кипящего слоя), м³/с	0,0013-0,015
Давление сжатого воздуха на распыление, Мпа	0,04-0,06
Расход раствора для увлажнения 1 кг продукта, мл/с	0,8-1,25
Продолжительность процесса агломерирования и сушки, с	3·10²-4,2·10²
Охлаждение температура воздуха, °C температура продукта, °C	8-12 не более 20

Заключение. В результате проведенных исследований установлена возможность получения агломерированного сухого картофельного пюре.

В качестве связующего компонента частиц картофельного пюре целесообразно использовать раствор молока. Сравнительные результаты исследований показали возможность применения как чистой воды, так и раствора молока в воде. Агломерированные частицы, полученные при увлажнении водой, непрочные и рассыпаются при малейшем механическом воздействии.

Процесс агломерации сухого картофельного пюре наблюдается при достижении влажности смеси 13%, при достижении влажности обрабатываемого продукта в 21% наблюдается начало процесса комкообразования.

Установлены рациональные технологические режимы получения агломерированного сухого картофельного пюре: расход раствора для увлажнения 1 кг продукта — 0,8-1,25; температура сушки — 50-80 °C; Продолжительность процесса агломерирования и сушки — 300-420 секунд.

Список использованной литературы

1. Пищевая промышленность России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sfera.fm/>. — Дата доступа: 18.01.2023.
2. Агломерированный пищевой порошок [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.7d71ea32-63f352bb-20af7300-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Agglomerated_food_powder. Дата доступа: 18.03.2023.

References

1. Pishchevaya promyshlennost Rossii (Food industry in Russia). Available at: <https://sfera.fm/> (accessed 18 January 2023).
2. Aglomerirovannyy pishchevoy poroshok (Agglomerated Food Powder). Available at: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.7d71ea32-63f352bb-20af7300-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Agglomerated_food_powder/ (accessed 18 January 2023)

Информация об авторах

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: 6557206@mail.ru.

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

E-mail: petushev@belproduct.com

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

E-mail: npc.goman@gmail.com

Information about authors

Mazur Anatoly Makarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair of technologies and technical support of agricultural products processing of the educational establishment "Belarusian State Agrarian Technical University" (Nesavisimosti Avenue, 99, 220023, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Petyushev Nikolai Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technologies for Products from Root and Tuber Crops of the RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food" (29, Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: petushev@belproduct.com

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

E-mail: npc.goman@gmail.com

УДК 663.433:621.384.52

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-69-75](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-69-75)

Поступила в редакцию 11.11.2022

Received 11.11.2022

Д. А. Зайченко¹, А. А. Литвинчук¹, А. В. Куликов¹, К. И. Жакова¹,
А. М. Миронов²

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

²ООО «Эвозон», г. Минск, Республика Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОГО ВОЗДУХА НА ПРОЦЕСС СУШКИ ЯЧМЕННОГО СОЛОДА

Аннотация. Сушка является одним из самых энергоемких процессов пищевой промышленности. Перспективным способом интенсификации данного процесса является использование электроактивированного воздуха. В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния обработки электроактивированным воздухом ячменного солода на интенсификацию процесса его сушки. Установлено, что при сушке в озоновоздушной среде наблюдается сжатие клеточных мембран под действием озона, что создает градиент давления и «выталкивает» влагу без ее испарения и повышения температуры. Изучено влияние предварительной обработки солода электроактивированным воздухом на показатель активности воды. Разработаны рациональные режимы интенсификации процесса сушки за счет использования биостимулирующих свойств электроактивированного воздуха.

Ключевые слова: ячменный солод, электроактивированным воздух, процесс сушки, активность воды.

D. A. Zaichenko¹, A. A. Litvinchuk¹, A. V. Kulikov¹, K. I. Zhakova¹,
A. M. Mironov²

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

²Evozon LLC Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROACTIVATED AIR ON THE DRYING PROCESS OF BARLEY MALT

Abstract. Drying is one of the most energy intensive processes in the food industry. A promising way to intensify this process is the use of electroactivated air. The article presents the results of experimental studies of the effect of electroactivated air treatment of barley malt on the intensification of its drying process. It has been established that during drying in an ozone-air environment, cell membranes are compressed under the action of ozone, which creates a pressure gradient and “pushes out” moisture without its evaporation and temperature increase. The effect of pre-treatment of malt with electroactivated air on the water activity index was studied. Rational modes of intensification of the drying process have been developed through the use of biostimulating properties of electroactivated air.

Key words: barley malt, electroactivated air, drying process, water activity.

Введение. Одним из наиболее энергоемких процессов в пищевой промышленности является сушка. В настоящее время проводятся разработки разнообразных технологий и технических решений для интенсификации данного процесса. Основные работы направлены на повышение эффективности сушки за счет снижения энергоемкости процесса путем оптимизации технологических параметров [1–4]. При этом для рационального использования энергетических ресурсов необходимо учитывать индивидуальные особенности высушиваемого сырья.

Большой расход энергии на сушку при производстве солода является одной из предпосылок для более глубокого изучения данного процесса. Комплексный анализ этой проблемы показал, что интенсивность процесса сушки возможно повысить, если отойти от классического представления о данной технологии и внедрить в нее составляющие элементы, которые будут оказывать на объект обработки не только физическое, но и химико-биологическое воздействие.

Поисковые исследования в данном направлении показали, что перспективным решением обозначенной выше проблемы является применение для интенсификации процесса сушки электроактивированного воздуха. При прохождении воздуха через электроразрядные установки образуется значительное количество оксидов азота и озона, обеспечивающие наличие комплекса физических и химико-биологических воздействий на обрабатываемое сырье.

Сушка свежепросоженного солода заключается в снижении влажности с 42–46 % (в зависимости от принятой технологии и типа получаемого солода) до 3,5–4 % для светлых и 1,5–2,0 % для темных солодов. В процессе обезвоживания различают 2 стадии: *подсушивание* (сушка при низких температурах до влажности 10 %, при которой удаляется свободная влага) и *нагревание сухого солода* (влага удаляется трудно, т.к. этому препятствуют сначала капиллярные, а затем и коллоидные взаимодействия, которые удерживают влагу в зерне).

Вода — составная часть всех пищевых продуктов. Технологические свойства, интегральный показатель качества и сроки хранения пищевых продуктов во многом зависят от свойств, количества и состояния (форма и энергия связи, активность) содержащейся в них воды [5].

Классификация форм связи воды в материалах, учитывающая природу образования связи и энергию взаимодействия, предложена П. А. Ребиндером. Все формы связи воды он разделил на три группы: химическая, физико-химическая, физико-механическая. В соответствии с этой классификацией различают следующие виды связанной воды: химически связанная, адсорбционно связанная, вода макро- и микрокапилляров; осмотически связанная и вода, свободно удерживаемая каркасом тела (иммобилизационная). Данная классификация была существенно дополнена и расширена Е. Д. Козаковым с учетом роли воды в биологических и биохимических процессах.

Таким образом, вода в материале или продукте может находиться в свободном и связанном состоянии. Свободная вода по своим свойствам приближается к обычной воде. Она легко удаляется из материала или продукта при высушивании, отжимании, прессовании, замерзает при температуре около 0 °С.

Химически связанная вода имеет очень прочную связь и не удаляется при высушивании, она входит в состав молекул. Ее можно удалить только в результате реакций, сопровождающихся выделением воды (меланоидинообразование, карамелизация и др.).

Физико-химически связанная вода подразделяется на воду, связанную моно- и полимолекулярной адсорбцией.

Влажность на уровне мономолекулярной адсорбции (3–6 %) имеют продукты сублимационной сушки — быстрорастворимый кофе и др. Считается, что вода, связанная мономолекулярной адсорбцией, не является растворителем и не участвует в химических реакциях, не замерзает при температурах, близких к абсолютному нулю.

Влажность на уровне полимолекулярной адсорбции (6–14 %) характерна для многих сухих продуктов (пищевые концентраты, мука, крупы и т. п.). В продуктах с влажностью на уровне полимолекулярной адсорбции невозможен микробиологический рост, но могут происходить ферментативные процессы и реакции меланоидинообразования (потемнение, изменение запаха и др.).

Осмотическая связь воды обусловлена тем, что давление пара над раствором ниже, чем над растворителем (свободной водой). Осмотически удерживаемая вода диффундирует в виде жидкости через полупроницаемые мембраны живых клеток вследствие разности концентраций внутри и вне клетки. К осмотически связанной воде относят и воду набухания, и структурную воду, удерживаемую при формировании гелей.

К физико-механически связанной воде относят воду микро- и макрокапилляров. Капиллярно связанная вода удерживается за счет возникновения адсорбционной связи мономолекулярного слоя у стенок капилляра и снижения давления пара над вогнутым мениском в капилляре по сравнению с давлением пара над плоской поверхностью свободной воды.

Некоторые пищевые продукты и материалы хорошо поглощают из окружающей среды или выделяют пары воды и летучие вещества. Этот процесс называется сорбцией. Частные случаи: адсорбция — поглощение веществ из растворов или газов поверхностью твердого тела; аб-

сорбция — поглощение веществ из смеси газов жидкостью во всем объеме; десорбция — обратный процесс перехода веществ из поверхностного слоя в окружающую среду.

Для оценки степени участия воды в различных химических, биохимических и микробиологических реакциях широко применяют показатель активность воды a_w , определяемый как отношение парциального давления паров воды над продуктом к парциальному давлению пара над чистой водой. Показатель «активность воды» был предложен У. Скоттом в 1953 г. и в настоящее время широко применяется на практике.

Показатель «активность воды» определяет характер и направление массовлагообмена, интенсивность биологических, физико-химических и химических процессов, происходящих в пищевых продуктах.

Перемещение воды в коллоидных капиллярно-пористых материалах обусловлено наличием градиента потенциала переноса, которым служит разность значений активности воды и продукта. Величина потенциала непосредственно связана с энергией связи воды в продукте. Так, адсорбционно связанная вода перемещается в продукте в виде пара и потенциалом переноса является парциальное давление пара. Вода микро- и макрокапилляров перемещается в виде жидкости (молекулярный перенос) или пара. В первом случае потенциалом переноса служит капиллярный потенциал, во втором — парциальное давление паров воды. Осмотически связанная вода перемещается в виде жидкости (диффузионный перенос), и потенциалом является осмотическое давление, которое связано с активностью воды раствора.

Для определения активности воды пищевых продуктов используют различные методы: манометрические (непосредственное измерение давления паров воды в вакууме), гигрометрические, тензометрические и т. д.

Поскольку градиент значений активности воды продукта и относительной влажности окружающей среды служит движущей силой массовлагообмена при различных термических и гидротермических процессах данные об активности воды обрабатываемых продуктов необходимы для обоснования рациональных режимов этих процессов.

Получение данных по влиянию электроактивированного воздуха на активность воды обрабатываемого солода позволит более глубоко изучить процесс сушки солода и влияние на него обработки электроактивированным воздухом, значительно снизить поиск рациональных режимов обработки.

В технологиях сушки растительных материалов озон был впервые использован в 1980 году в ГСХИ (в настоящее время УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия») Троцкой Т.П. [6] в опытах на зерне. При этом ставилась задача обеззараживания зерна параллельно с конвективной сушкой. Был достигнут положительный эффект не только в плане обеззараживания, но и в плане интенсификации сушки.

Воздействие озона на первом этапе сушки на растительные материалы инициирует устичное движение, регулирующее интенсивность транспирации (процесса движения воды через растение и ее испарение через наружные органы растения). Индуцируемое озоном усиление транспирации приводит к резкому снижению оводненности растительной ткани и потере тургорного давления, что обуславливает нарушение регуляторных функций устьиц.

Результаты исследований в данной области [8] показали, что при сушке в озоновоздушной среде сжатие клеточных мембран под действием озона будет создавать градиент давления и «выталкивать» влагу без ее испарения и повышения температуры.

В комплексе рассмотренные аспекты взаимодействия озона с высушиваемым растительным материалом в процессе сушки в озоно-воздушной среде снижают энергетический уровень связей влаги с материалом и вносят определенный вклад в интенсификацию тепло-массообмена. В результате исследований процесса сушки растительных материалов озонированным сушильным агентом однозначно установлено, что ускорение массообменных процессов происходит за счет увеличения влагоотдачи самого высушиваемого материала на основе физико-химических, биохимических процессов [9–11].

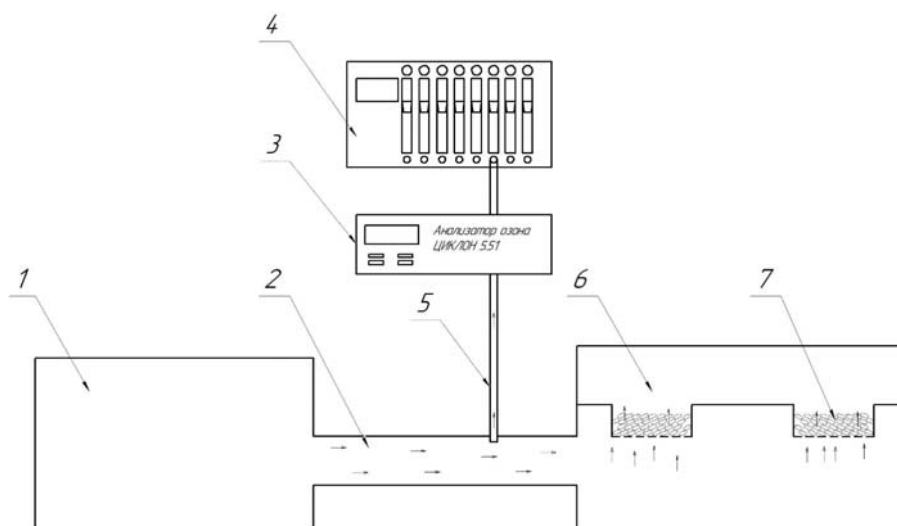
Цель работы — изучить влияние предварительной обработки солода электроактивированным в разрядной камере воздухом на процесс сушки солода.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ♦ определить влияние предварительной обработки солода электроактивированным воздухом на показатель активности воды;
- ♦ разработать рациональные режимы интенсификации процесса сушки за счет использования биостимулирующих свойств электроактивированного воздуха.

Приборы и методика проведения испытаний. Для выполнения научно-исследовательской работы использованы следующие приборы и оборудование.

Электроактивацию воздуха проводили при помощи пластинчатого генератора озона производства ООО «ЭВОЗОН». Обработку солода проводили на лабораторной установке, принципиальная схема которой и общий вид представлены на рис. 1–2. Поток воздуха, проходя через озонатор, преобразуется в озоно-воздушную смесь, которая по воздуховоду подается в нижнюю часть короба и проходя через слой свежемолотого солода оказывает влияние на растущее зерно. С помощью газоанализатора определена концентрация озона в озоно-воздушной смеси. Для измерения концентрации озона применялся оптический газоанализатор «ЦИКЛОН — 5.51» производства ЗАО «ОПТЕК», а также автоматический восьмиканальный пробоотборник воздуха ОП 824ТЦ.



1 — генератор озона; 2 — воздуховод; 3 — газоанализатор озона «ЦИКЛОН 5.51»; 4 — автоматический пробоотборник воздуха; 5 — трубка для забора газа в анализатор; 6 — короб с сетчатым дном для обработки образцов; 7 — обрабатываемый солод.

Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки

Fig. 1. Schematic diagram of the laboratory installation



Рис. 2. Обработка свежемолотого солода электроактивированным воздухом

Fig. 2. Processing of freshly brewed malt with electroactivated air

Обработку солода, отобранного перед стадией сушки с грядок ОАО «Белсолод», проводили в лабораторных условиях с концентрациями озона в озоно-воздушной смеси (ОВС) 5, 15 и 45 мг/м³, и продолжительностью озонирования 2, 4, 8, 20 минут. Диапазон изменения концентраций озона определялся исходя из ранее полученного опыта при проведении сушки растительного сырья с использованием озона, в частности лекарственных трав, корня валерьяны, а также зерна. Данные концентрации не оказывают негативного влияния на физико-химические показатели высушиваемого материала и довольно легко достижимы в про-

изводственных условиях. Разная продолжительность обработки исследовалась для определения дальнейших технологических приемов обработки пророщенного солода в производственных условиях.

Контрольная сушка образцов проводилась в сушильном шкафу при температуре воздуха 50–55 °C (рис. 3).



Рис. 3. Контрольная сушка обработанных образцов

Fig. 3. Control drying of treated samples

Влажность определяли при помощи высушивания до постоянной массы на автоматическом анализаторе влажности Эвлас-2М.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведен ряд экспериментов по определению показателя активности воды в обработанном солоде и контрольная сушка обработанных образцов. Анализируя данные (рис. 4) по влиянию обработки электроактивированным воздухом на показатель активности воды, установили следующую закономерность: при обработке электроактивированным воздухом пророщенного на грядке солода, непосредственно после обработки, происходит снижение активности воды на 5–7 % по сравнению с контрольным образцом необработанного солода, затем происходит рост данного показателя на 6–8 % выше уровня необработанного солода, что свидетельствует о пропорциональном изменении энергии связи воды с материалом.

Градиент значений активности воды продукта служит движущей силой массообмена при различных термических и гидротермических процессах, а полученные данные об активности воды обрабатываемого солода свидетельствуют о том, что процесс сушки солода целесообразно начинать в той фазе, когда активность воды обработанного солода больше, чем необработанного. По результатам исследований установлено, что наиболее целесообразно переходить к сушке не менее чем через 60 минут после обработки в течение 4 и 8 минут в барьерном разряде, и не менее чем через 120 минут при обработке в течение 2 минут стримерным разрядом.

Несмотря на то, что при обработке стримерным разрядом, судя по активности воды, наблюдалось более длительное угнетение влагоотдачи, дальнейшее увеличение показателя активности воды превысило данный показатель у образцов, обработанных в барьерном разряде. Таким образом для проведения дальнейших исследований и поиска рациональных режимов обработки вызывает интерес исследование обоих режимов работы озонаторного оборудования.

Проведена контрольная сушка обработанных образцов. В ходе сушки каждые 30 минут проводился отбор проб для определения влажности высушиваемых образцов. Результаты исследования влияния обработки электроактивированным воздухом растущего солода на продолжительность его сушки представлены на графике (рис 5).

Анализируя данные по влиянию обработки электроактивированным воздухом на процесс сушки свежепророщенного солода, можно сделать заключение о положительном влиянии данной обработки на процесс сушки. В среднем наблюдается ускорение процесса на 10–12 %, а в некоторых опытах оно достигало 15%.

Заключение. С целью интенсификации процесса сушки пророщенного солода изучено влияние предварительной обработки солода электроактивированным воздухом на показатель активности воды. Определено, что градиент значений активности воды продукта служит

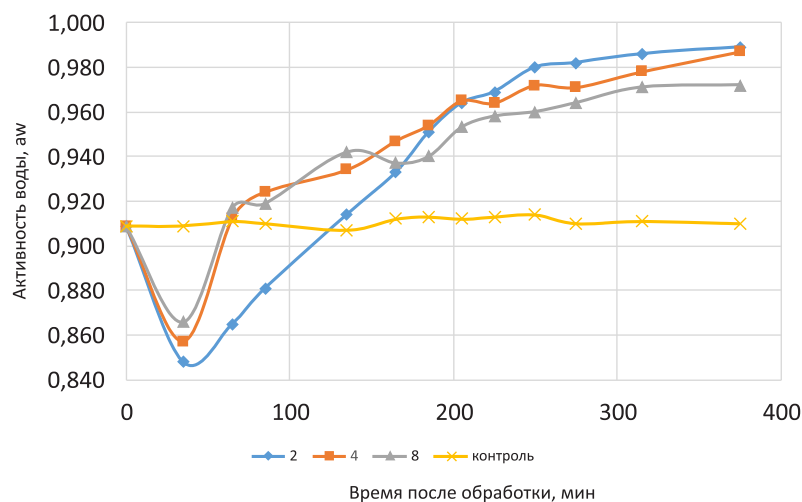


Рис. 4. Зависимость активности воды в обрабатываемых пробах от времени после обработки
Fig. 4. Dependence of water activity in the processed samples on the time after processing

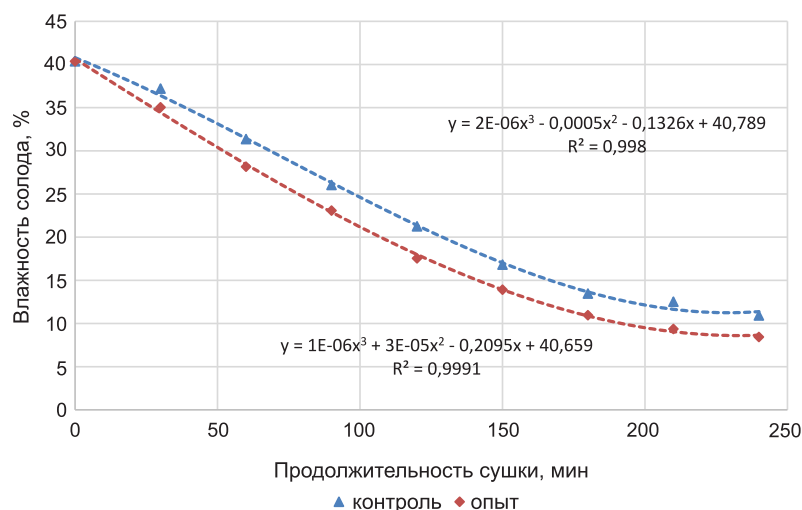


Рис. 5. Зависимость влажности обработанного в течении 20 минут электроактивированным воздухом с концентрацией озона 5 мг/м³ (нижняя кривая) и необработанного контрольного образца (верхняя кривая) от времени сушки
Fig. 5. Dependence of the humidity of the electroactivated air with an ozone concentration of 5 mg/m³ treated for 20 minutes (lower curve) and the untreated control sample (upper curve) on the drying time

движущей силой массообмена при различных термических и гидротермических процессах. Анализ полученных результатов об активности воды обрабатываемого солода, позволил разработать рациональные режимы сушки солода. Установлено, что для интенсификации процесса сушки солода целесообразно начинать не менее чем через 60 минут после предварительной обработки его электроактивированным воздухом в течении 4 и 8 минут в барьерном разряде, и не менее чем через 120 минут при обработке в течение 2 минут стримерным разрядом. В результате проведенных исследований установлено, что предварительная обработка свежемолотого солода электроактивированным воздухом способствует повышению эффективности и ускорению процесса на 10–12 % по сравнению с традиционной схемой сушки солода.

Список использованных источников

1. Атаназевич, В. И. Сушка пищевых продуктов: справочное пособие / В.И. Атаназевич. — М.: ДеЛи, 2000. — 296с.
2. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов/А.С. Гинзбург. — М.: Пищевая промышленность, 1973.— 528 с.

3. *Аминов, М. С.* Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов / М.С. Аминов, М.С. Мурадов, Э.М. Аминова. — М.: Колос, 1996. — 432 с.
4. *Бурич, О.* Сушка плодов и овощей / О. Бурич, Ф. Берки. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 280 с.
5. Активность воды как фактор стабильности качества продукции общественного питания — Режим доступа: https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/299306/mod_resource/content/1/Лекция.%20Активность%20воды.pdf. — Дата доступа: 17.03.2022.
6. Авторское свидетельство №1095899 (СССР). Способ сушки семян зерновых культур. — 1981, бюл. №3.
7. *Родичев, В. А.* Энергосберегающие технологии производства сельскохозяйственных культур / В.А. Родичев, Т.В. Царькова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1987. — №2. — С. 62–64.
8. *Троцкая, Т. П.* Энергосберегающая технология сушки сельскохозяйственных материалов в озоноразрушающей среде / Т. П. Троцкая. — Минск, 1997. — 75 с. — (Препринт / БелНИИМСХ).
9. *Bloome, P. D.* Simulation of low temperature drying of shelled corn bading to optimization. Unpublished Ph.D. Thesis. Univ. of Illings / P. D. Bloome. — Urbana, 1998. — 168 p.
10. *Stove, G.C.* Simultaneous multilayer grain drying / G.C. Stove. — Trans. ASAE, 14, 2002. — P.134–137.
11. *Баскаков, И. В.* Совершенствование технологии послеуборочной обработки и хранения зернового материала: диссертация доктора сельскохозяйственных наук : 05.20.01 / И.В. Баскаков. — Воронеж, 2019. — 339 с.

Информация об авторах

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

E-mail: info@belproduct.com

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

E-mail: newteh@belproduct.com

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

E-mail: newteh@belproduct.com

Жакова Кристина Ивановна, кандидат технических наук, ученый секретарь РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Миронов Алексей Михайлович, кандидат технических наук, директор ООО «Эвон» (ул. Ольшевского, д. 20, 220041, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 6357316@mail.ru

Information about authors

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD (Engineering), Deputy General Director for Scientific and Innovative Work of RUE "Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Litvinchuk Alexander Arkadievich, PhD (Engineering), Senior Researcher of the Department of New Technologies and Engineering 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: newteh@belproduct.com

Kulikov Alexey Valentinovich, PhD (Engineering), Senior Researcher of the Department of New Technologies and Engineering of RUE "Scientific and Practical Centre for Food-stuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: newteh@belproduct.com

Zhakova Cristina Ivanovna, PhD (Engineering), scientific secretary of RUE "Scientific and Practical Centre for Food-stuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Mironov Alexey Mikhailovich, PhD (Engineering), Director of Evozon LLC (Minsk, 20 Olshevsky Str., 220041, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 6357316@mail.ru

УДК 664.692.5

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-76-84](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-76-84)

Поступила в редакцию 31.08.2022

Received 31.08.2022

В. Я. Груданов¹, А. Б. Торган,¹ П. В. Станкевич²¹*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*²*Открытое акционерное общество «Борисовдрев», Минская область, г. Борисов, Республика Беларусь*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВНЫХ МАТРИЦ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В статье приводятся преимущества применения в процессе формирования короткорезанных макаронных изделий составной матрицы с формующими отверстиями, концентрично расположенными равномерно по всей плоскости по сравнению с серийной (заводской) матрицей. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению зависимостей технологических параметров составных матриц. Получены графические соотношения зависимости производительности пресса от величины частоты вращения шнека пресса, создаваемого давления прессования в тубусе матрицы от частоты вращения шнека, изменения температуры теста в тубусе в зависимости от давления, мощности пресса от частоты вращения шнека пресса и производительности пресса от величины давления прессования на сплошных (серийных) матриц и матриц составных. Разработана методика инженерного расчета конструктивных параметров матрицы для определения рациональных параметров процесса прессования макаронных изделий. Произведен расчетный экономический эффект от внедрения составной матрицы. Новые технические решения на составные матрицы защищены патентами Республики Беларусь на изобретения № 17855, 18195, 19138 и 21246.

Ключевые слова: серийная матрица, частота вращения шнека, производительность пресса, давление прессования, температура теста, СТБ 1963–2009, мощность пресса, методика инженерного расчета, экономический эффект, составная матрица, площадь живого сечения матрицы.

V. Y. Grudanov¹, A. B. Torgan,¹ P. V. Stankevich²¹*Educational Institution “Belarusian State Agrarian Technical University”, Minsk, Belarus*²*Open Joint Stock Company “Borisovdrev”, Minsk region, Borisov, Republic of Belarus*

DETERMINATION OF DEPENDENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF COMPOSITE MATRIXES AND RATIONAL PARAMETERS OF THE PROCESS OF PRESSING PASTA

Abstract. The article presents the advantages of using a composite matrix with forming holes concentrically spaced evenly over the entire plane in the process of forming short-cut pasta products compared to a serial (factory) matrix. The results of experimental studies to determine the dependences of the technological parameters of composite matrices are presented. Graphical relationships are obtained depending on the productivity of the press on the rotational speed of the press screw, the pressing pressure created in the matrix tube on the rotational speed of the screw, the change in the temperature of the dough in the tube depending on the pressure, the power of the press on the rotational speed of the screw of the press and the productivity of the press on the value pressing pressure on solid (serial) matrices and composite matrices. A technique for engineering calculation

of the design parameters of the matrix has been developed to determine the rational parameters of the pasta pressing process. The calculated economic effect from the introduction of a composite matrix was made. New technical solutions for composite matrices are protected by patents of the Republic of Belarus for inventions No. 17855, 18195, 19138 and 21246.

Key words: serial matrix, screw speed, press performance, pressing pressure, dough temperature, STB 1963–2009, press power, engineering calculation method, economic effect, composite matrix, square living section matrix.

Введение. Широкое применение высокопроизводительного оборудования и создание на его основе комплексных автоматизированных линий по изготовлению короткорезанных макаронных изделий обуславливают необходимость создания сменных матриц и решения проблемы импортозамещения. Определяющее значение на технико-экономические показатели работы пресса оказывает и конструкция матрицы. Именно матрица представляет наибольшее гидравлическое сопротивление, на преодоление которого затрачивается основная энергия пресса. Снижение гидравлического сопротивления матрицы позволит добиться соотношения, чтобы производительность матричного узла была бы равна производительности шнека. В этом случае проходное (живое) сечение матрицы будет значительно больше, сопротивление меньше, что в конечном итоге увеличит производительность пресса, снизит энергозатраты и повысит экономическую эффективность машины в целом.

Результаты исследований и их обсуждение. Наибольший экономический эффект можно получить при использовании матриц с формующими отверстиями, концентрично расположенными равномерно по всей плоскости и изготовленной составной из двух частей. Для концентричного расположения отверстий необходимо применить математическую модель перфорированной перегородки, которая изготовлена основываясь на законах «золотой пропорции» и свойств ряда чисел Фибоначчи.

На рис. 1 показана разработанная и изготовленная составная матрица, состоящая из двух частей: периферийной (1), выполненной в виде кольца, и центральной (3), имеющей вид диска. На рис. 2 показаны матрицы серийные и новые составные.

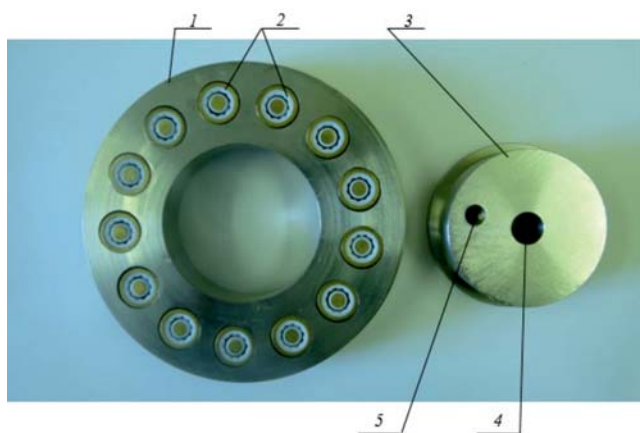


Рис. 1. Матрица в разобранном состоянии: 1 — периферийная часть матрицы; 2 — формующие вставки; 3 — центральная часть матрицы; 4 — отверстие для ножа; 5 — отверстие для датчика

Fig. 1. Matrix in disassembled state: 1 — peripheral part of the matrix; 2 — forming inserts; 3 — central part of the matrix; 4 — knife hole; 5 — hole for the sensor

Таким образом, лабораторные испытания необходимо провести в двух вариантах:

- ♦ на заводских (серийных) матрицах;
- ♦ на опытных образцах составных матриц.

В целях проведения экспериментального исследования технологических параметров испытываемых матриц был сконструирован, изготовлен, скомплектован и запущен лабораторный стенд на базе комплектного пресс-автомата по изготовлению короткорезанных макаронных изделий МИТ-2 и сопутствующей подобранной контрольно-измерительной аппаратуре и автоматике для фиксации выбранных значений параметров процесса формирования короткорезанных макаронных изделий, все между собой объединенных в автоматическую систему компьютерного контроля основных значений параметров процесса (рис. 3).

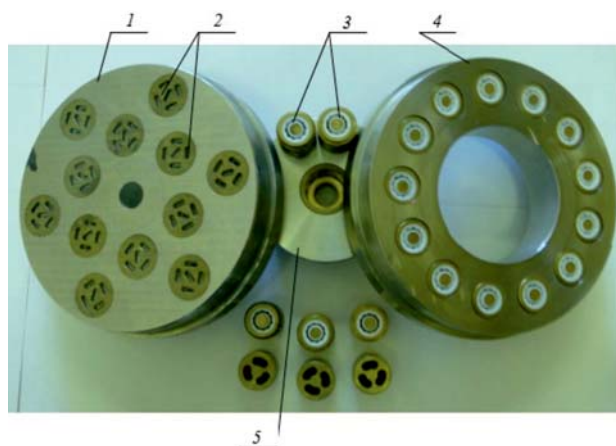
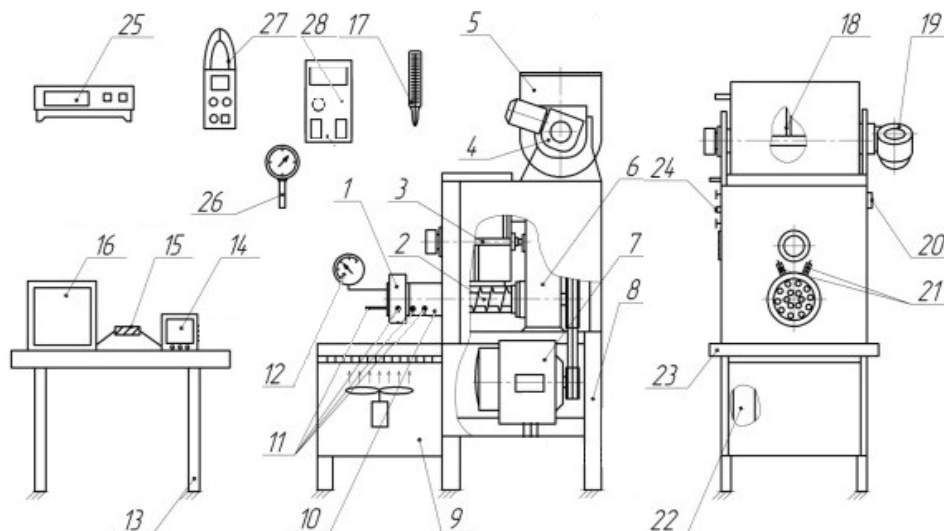


Рис. 2. Матрицы для производства макаронных изделий: 1 — матрица серийная; 2, 3 — формующие механизмы; 4 — матрица составная (кольцевая часть); 5 — матрица составная (центральная часть)
 Fig. 2. Matrices for the production of pasta: 1 — serial matrix; 2, 3 — forming mechanisms; 4 — composite matrix annular part; 5 — composite matrix (central part)



1 — составная матрица; 2 — шнек пресса; 3 — вал смесителя с лопатками; 4 — редуктор приводной; 5 — бункер для предварительного хранения сырья; 6 — редуктор шнека пресса; 7 — привод шнека пресса; 8 — рама основная; 9 — узел вентиляции для обдува сырых макаронных изделий; 10 — корпус основания; 11 — термодатчики; 12 — 8-ми диапазонный датчик давления; 13 — лабораторный стол; 14 — 8-ми канальный ПИД-регулятор с RS-485 измеритель-регулятор; 15 — AC4-M преобразователь интерфейсов RS-485; 16 — компьютер переносной; 17 — лабораторный термометр; 18 — вал смесителя; 19 — привод смесительного устройства; 20 — выключатель концевой; 21 — штуцера рубашки охлаждения тубуса; 22 — шкаф электрический; 23 — лоток направляющий; 24 — шкаф для управления МИТ-2; 25 — весоизмерительное устройство; 26 — бесконтактный автоматический тахометр; 27 — клещи-ваттметр; 28 — малогабаритный векторный частотный привод

Рис. 3. Схема стенда по проведению экспериментальных исследований по определению зависимости технологических параметров матриц
 Fig. 3. Scheme of the stand for conducting experimental studies to determine the dependence of technological parameters of matrices

В процессе исследований зависимости технологических параметров испытываемых матриц определены входные регулируемые параметры процесса формования: влажность теста (W_T , %); температура макаронной матрицы (t , °C); частота вращения шнека пресса (n , мин⁻¹); геометрические и конструктивные параметры макаронной матрицы (мм).

Выходными параметрами процесса формирования определены: мощность пресса (N , кВт), производительность процесса (Q , кг/ч), повышение температуры теста при прессовании (Δt , °C), создаваемое давление прессования в тубусе матрицы (P , МПа).

Для проведения эксперимента выбрана мука хлебопекарная высшего сорта М-54-28 (СТБ 1666–2006 «Мука пшеничная»). При проведении опыта определялась влажность муки для расчета необходимого объема воды для получения теста влажностью 29–31 %.

После обработки полученных данных эксперимента, созданы следующие графические соотношения: зависимость производительности пресса от величины частоты вращения шнека пресса; зависимость создаваемого давления прессования в тубусе матрицы от частоты вращения шнека пресса; изменение температуры теста при прессовании в тубусе от создаваемого давления прессования в тубусе матрицы; зависимость электрической мощности от частоты вращения шнека пресса. Проведен анализ построенных графических зависимостей макаронных обычных матриц и составных матриц и обоснованы рациональные технологические параметры.

Графическое соотношение зависимости производительности пресса от величины частоты вращения шнека пресса сплошных (серийных) матриц и матриц составных представлена на рисунке 4а.

В результате проведения анализа данных графиков можно отметить, что графические зависимости производительности пресса от величины частоты вращения шнека пресса на сплошных и составных матрицах выглядят в виде экспоненты. Но при значении частоты около 120 мин⁻¹ при выходе на полную производительность графическая зависимость приобретает сугубо линейный характер, более того, оба графика изменяются по одному и тому же закону.

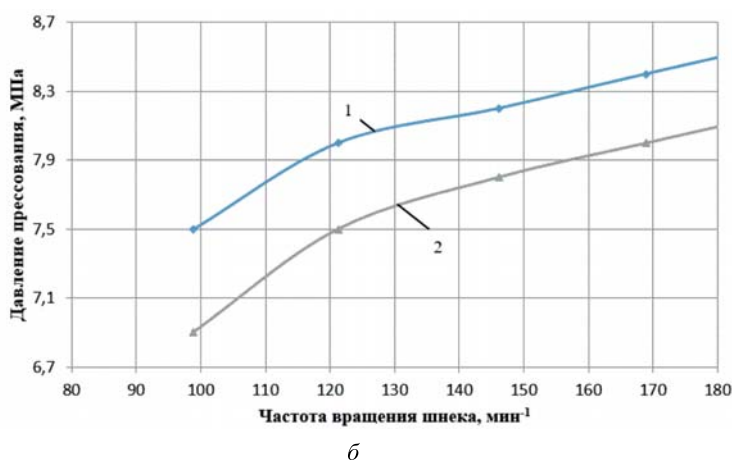
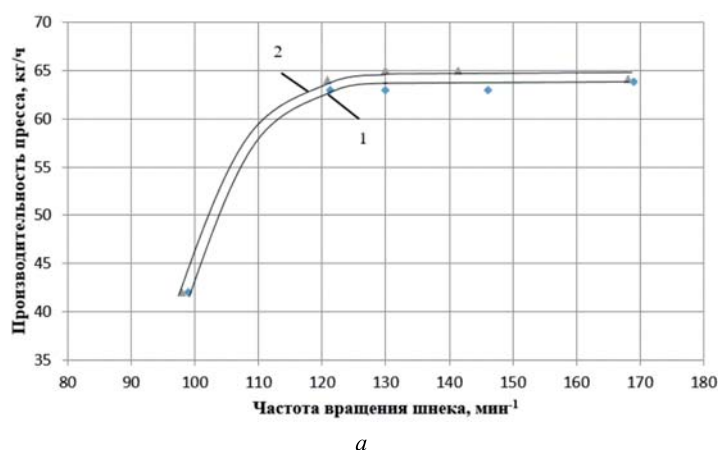


Рис. 4. Графики зависимости а) производительности пресса от величины частоты вращения шнека; б) давления прессования от частоты вращения шнека: 1 — серийная матрица; 2 — матрица составная

Fig. 4. Graph of the a) dependence of the press productivity on the value of the screw speed; b) pressing pressure on the speed of the screw: 1 — serial matrix; 2 — composite matrix

Также очевидно, что частота вращения $120 \pm 5 \text{ мин}^{-1}$ является рациональной для производительности процесса, а составная матрица имеет большую пропускную способность и меньшее гидравлическое сопротивление.

Графическое соотношение зависимости создаваемого давления прессования в тубусе матрицы от частоты вращения шнека пресса для серийных матриц и матриц составных представлена на рис. 4б. При проведении анализа построенных графиков можно определить такую тенденцию, что давление прессования в тубусе матрицы по абсолютной величине больше на обычных матрицах в отличие от составных матриц, а изменения давления в обеих матрицах происходит равномерно. С увеличением частоты вращения шнека пресса повышение давления на составных матрицах замедляется.

График зависимости давления от величины частоты вращения шнека представлены в виде полиномиальных кривых. По графикам возможно сделать заключение, что при частотах вращения шнека пресса $120\text{--}180 \text{ мин}^{-1}$ — рабочее давление составляет $7,2\text{--}8,4 \text{ МПа}$, значит рациональное давление прессования в пределах $7,4\text{--}8,0 \text{ МПа}$.

На рис. 5а представлена кривая зависимости изменения температуры теста в тубусе в зависимости от давления на сплошных (серийных) матрицах и составных матрицах. При анализе кривых можно отметить, что при росте давления происходит увеличение температуры теста, а минимальная разница между значениями давления на сплошной и составной матрицах фиксируется при значении температуры теста около 36°C .

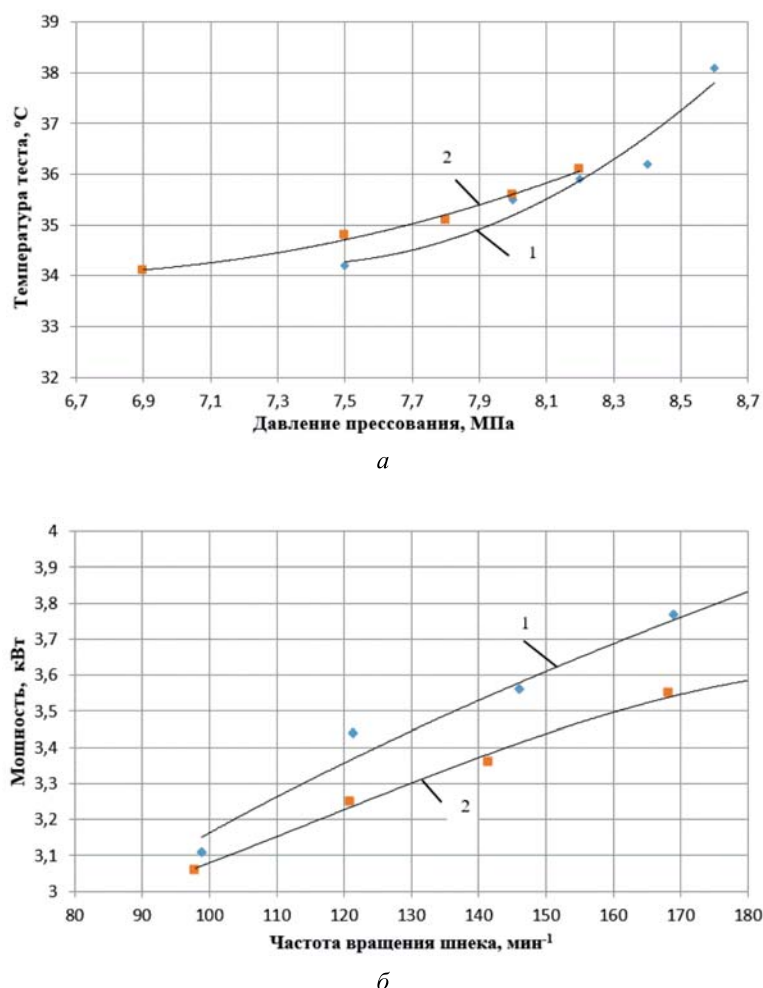


Рис. 5. Графики зависимости а) температуры теста от давления прессования;

б) электрической мощности от величины частоты вращения шнека пресса:

1 — серийная матрица; 2 — матрица составная

Fig. 5. Graph of dependence а) of dough temperature on pressing pressure;

б) electric power from the value of the frequency of rotation of the press screw: 1 — serial matrix;

2 — composite matrix

С уменьшением давления прессования и при достижении абсолютного значения давления прессования к рабочему давлению, равному ориентировочно 8 МПа на сплошных (серийных) матрицах и на составных матрицах, температура теста будет ориентировочно одинаковой в диапазоне 35,5–35,8 °С.

Графики зависимости давления прессования серийной и составной матриц имеют полиномную зависимость и, при увеличении давления прессования, равномерно увеличивается температура теста. Увеличение температуры происходит, потому что сплошные матрицы имеют большее гидравлическое сопротивление, чем составные матрицы, и не наблюдается процесс изменения структуры белка теста, тем самым повышается качество продукта.

На рис. 5б представлены кривые зависимости мощности прессования от частоты вращения шнека пресса на сплошных (серийных) матрицах и на составных матрицах. Из данных зависимостей определено, что мощность прессования по абсолютной величине большая на серийных матрицах и меньше на составных матрицах и дальше также происходит рост.

Увеличение мощности пресса в серийных матрицах и составных матрицах происходит равномерно.

При анализе графика зависимости электрической мощности от величины частоты вращения шнека пресса характеризуются в виде линейных зависимостей, это объясняется тем, что сплошные матрицы имеют большее гидравлическое сопротивление, чем составные матрицы, что ведет к росту электрической мощности на 5–7 % и приводит к увеличению энергозатрат в целом по процессу формования.

При частоте вращения $120 \pm 5 \text{ мин}^{-1}$ мощность доходит до 3,3–3,5 кВт.

Кривые зависимостей производительности пресса от величины давления прессования на сплошных матрицах и на составных матрицах показаны на рис. 5.

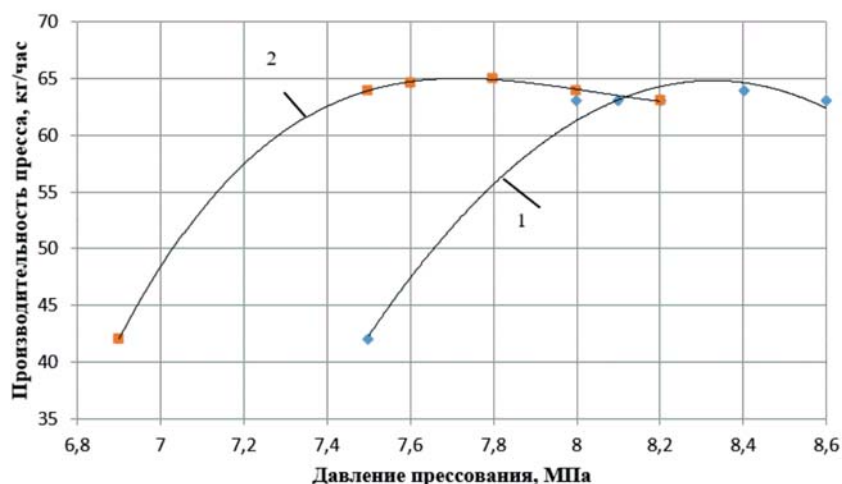


Рис. 6. Графики зависимости производительности пресса от давления прессования:

1 — серийная матрица; 2 — матрица составная

Fig. 6. Graph of dependence of press productivity on pressing pressure:

1 — serial matrix; 2 — composite matrix

Как показывают графики на рис. 6, производительность пресса стремительно повышается в зависимости от давления прессования в предматричном пространстве, но затем при значениях давления прессования 7,5–7,9 МПа графики приобретают линейную зависимость с небольшим снижением при дальнейшем росте давления, причем достижение полной производительности пресса $63 \pm 5 \text{ кг/ч}$ происходит при значении давления прессования 7,7–7,8 МПа на сплошных и составных матрицах. Особенность кривых объясняется преимуществами составных матриц по сравнению с серийными (сплошными).

Методика инженерного расчета конструктивных параметров матрицы. В целях определения рациональных параметров процесса прессования макаронных изделий, построим графические зависимости параметров процесса (рис. 7): производительность пресса Q (кг/час), площадь живого сечения матрицы f_m (м²), давления прессования P (МПа), частота вращения шнека ($n \text{ мин}^{-1}$), мощность N (кВт).

Для достижения установленной производительности необходимо произвести выбор частоты вращения шнека, затем определить параметры мощности и давления прессования. При со-

вершенствовании технологического процесса в нашем случае установлены рациональные параметры: частота вращения $n = 120 \pm 5 \text{ мин}^{-1}$, рабочее давление $P = 7,4\text{--}8,0 \text{ МПа}$, потребляемая мощность $N = 3,3\text{--}3,5 \text{ кВт}$, при которых достигается максимальная производительность пресса $Q = 63 \pm 2 \text{ кг/час}$, снижение потерь за счет уменьшения отходов в виде концов, при уменьшении количества отбракованных изделий, не соответствующих СТБ 1963–2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия», которые отправляют на повторную переработку (размол) и экономический эффект.

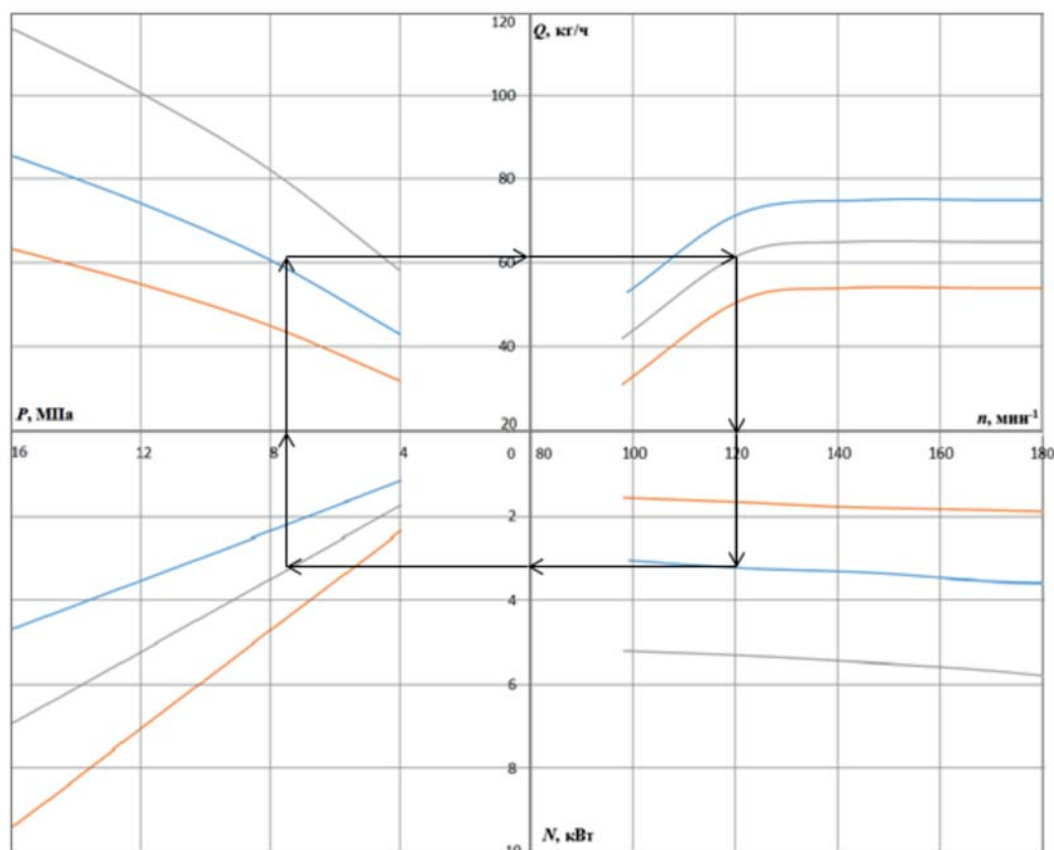


Рис. 7. График по определению рациональных параметров матрицы
Fig. 7. Graph for determining the rational parameters of the matrix

Расчетный экономический эффект. Расчетный экономический эффект при внедрении составной матрицы, изготавливаемой из твердой фосфористой бронзы БрАЖ9-4 и центральной вставки из стали марки 20Х13, с учетом стоимости металла, эксплуатационных издержек с учетом инвестиций составит 3390 Евро по сравнению с базовым вариантом (табл. 1).

Заключение. На основании разработанной программы и методики, расчетных данных изготовлен опытный образец составной матрицы и проведены экспериментальные исследования. Экспериментально доказано, что расположение колодцев (формирующих механизмов) по концентрическим окружностям с использованием рядов предпочтительных чисел и коэффициента пропорциональности в виде значения «золотого сечения» (пропорции) позволяют получить одинаковую пропускную способность теста по всем рядам колодцев, включая периферийные, что и приводит к выравниванию скорости выпрессовывания, повышению качества отформованных изделий и снижению отходов при их отрезании.

Улучшенная технология производства макаронных изделий с применением составных матриц на базе пресс-автомата МИТ-2 позволила достигнуть снижения значений давления в предматричном пространстве на 4–7 %, уменьшения энергопотребления на 8–10 %, увеличения производительности до 5 %. Опытный образец новой конструкции матрицы для производства макаронных изделий обеспечивает получение качественной продукции при улучшении эксплуатационных характеристик и может быть рекомендован взамен итальянских аналогов.

Таблица 1. Основные расчетные технико-экономические показатели
Table 1. Main calculated technical and economic indicators

Наименование показателя	Ед. изм.	Варианты	
		Базовый	Проектируемый
Годовой объем выпуска, A_p	тонн	4870,95	4870,95
Годовые эксплуатационные издержки, $C_{ед.}$	Евро	1612,10	1351,24
Инвестиции, I	Евро	1372,92	1150,76
Эксплуатационные издержки на единицу продукции, $C_{ед. i}$	Евро	0,33	0,28
Амортизационные отчисления, A_0	Евро	155,14	130,04
Удельные инвестиции (капитальные вложения), $I_{ед.}$	ро	08	0,23
Прочие расходы, $C_{пр.}$	Евро	84,	70,44
Прямые затраты на матрицу, I_m	Евро	1372,92	1150,76
Количественные показатели:			
прибыль	Евро		260,86
годовой объем выпуска	тонн	4870,95	4870,95
Показатели эффективности:			
внутренняя норма доходности инвестиций	%		26,2
чистый приведенный доход	Евро		2553,76
приведенные затраты	Евро	0,372	0,314
срок окупаемости инвестиций	лет		2
годовой экономический эффект	Евро		3390,18

Расчетный экономический эффект от внедрения предложенной технологии в производство составляет 3390 Евро, что свидетельствует о целесообразности практической реализации проекта, что позволит увеличить производительность и эффективность производственного процесса формования макаронных изделий.

Предложена методика инженерного расчета по определению конструктивных и технологических параметров составных матриц нового поколения. На основании полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований обоснованы рациональные технологические параметры для предложенной матрицы пресса: частота вращения $n = 120 \pm 5 \text{ мин}^{-1}$, рабочее давление $P = 7,4...8,0 \text{ МПа}$, потребляемая мощность $N = 3,3...3,5 \text{ кВт}$, при которых достигается максимальная производительность пресса $Q = 63 \pm 2 \text{ кг/час}$ при увеличении энергоэффективности процесса, улучшении качества и уменьшении отходов.

Список использованных источников

1. Назаров, Н. И. Технология макаронных изделий: учебник для вузов / Н. И. Назаров. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 286 с.
2. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г. М. Медведев. — М.: Колос, 1998. — 272 с.
3. Буров, Л. А. Технологическое оборудование макаронных фабрик / Л. А. Буров, Г. М. Медведев. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 287 с.
4. Вандакурова, Н. И. Технологический контроль и учет макаронного производства: учебное пособие / Н. И. Вандакурова. — Кемерово: РИО Кем-ТИПП, 1998. — 97 с.
5. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 17855 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, А.А. Бренч, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 21.04.2011, опубликовано 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласн. — 2013. — №12.
6. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 18195 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, А.А. Бренч, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 28.09.2011, опубликовано 29.01.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласн. — 2014.
7. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 19138 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, А.А. Бренч, П.В. Станкевич; заявитель

- Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 27.01.2012, опубликовано 30.04.2015.
8. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 21246 Республики Беларусь. МПК A21C11/16 / В.Я. Груданов, А.Б. Торган, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 16.02.2016, опубликовано 26.07.2018.

Информация об авторах

Груданов Владимир Яковлевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220124, г. Минск, пр-т Независимости, 99, Республика Беларусь).

Торган Анна Борисовна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220124, г. Минск, пр-т Независимости, 99, Республика Беларусь).

E-mail: anechkat@tut.by

Станкевич Павел Витальевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора — главный инженер ОАО «Бирисовдрев» (222120, ул. 30 лет ВЛКСМ, 18, г. Борисов, Минская область, Республика Беларусь).

E-mail: pavelstankevichy@gmail.com

Information about authors

Grudanov Vladimir Yakovlevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Technology and Logistics Processes, Processing of Agricultural Products Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti avenue, 220124, Minsk, Republic of Belarus).

Torhan Anna Borisovna, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Technologies and Technical Support of Agricultural Processing Processes Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti avenue, 220124, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: anechkat@tut.by

Stankevich Pavel Vitalevich, PhD (Engineering), Deputy General Director — Chief Engineer of OAO Birisovdrev (18 str. 30 years of Komsomol, 222120, Borisov, Minsk region, Republic of Belarus).

E-mail: pavelstankevichy@gmail.com

УДК 615.33

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-85-94](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-85-94)

Поступила в редакцию 10.02.2023

Received 10.02.2023

А. А. Сулковская, И. М. Почицкая, Н. В. Комарова*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АНТИБИОТИКОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Аннотация. В статье рассмотрена одна из важнейших проблем современной науки и практики, касающаяся безопасности продуктов и их роль в структуре потребительской продукции. Исследование сырья и продуктов питания на содержание антибиотиков компонентов задача актуальная, поскольку увеличение производительности и, как следствие, снижение себестоимости продукции в животноводстве и птицеводстве достигаются при рациональном применении антибиотиков и стимуляторов роста. Отечественные производители сельскохозяйственной продукции, использующие в соответствии со своим технологическим регламентом антибиотики, микотоксины, пестициды и стимуляторы роста, должны гарантировать безопасность продукции для здоровья человека.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует максимально снизить применение антибиотиков в животноводстве. Рациональный подход к использованию антибиотиков у животных и людей позволит сохранить активность этих препаратов для дальнейшего использования в медицине. В связи с тем, что группы применяемых антибиотиков у людей и животных в сельском хозяйстве одинаковы, остаточные количества антибиотиков в пищевых продуктах способствуют появлению устойчивых штаммов микроорганизмов и у людей. Соответственно у людей, употребляющих такие продукты, развивается иммунитет к приему антибиотиков, и для получения ожидаемого эффекта при лечении требуются все большие дозы и более сильные препараты.

Длительное использование в пищу продуктов питания, содержащих остаточные количества антибиотиков, так же, как и прием антибиотиков с лечебной целью, может вызывать неблагоприятные для здоровья последствия, такие как аллергические реакции, подавление иммунитета, дисбактериоз и токсическое воздействие на организм.

Для обеспечения безопасности здоровья человека разработаны максимально допустимые нормы суточного поступления антибиотиков с продуктами питания. Остаточное содержание этих потенциально опасных соединений в готовой продукции должно быть ниже предельно допустимых уровней, определенных законодательством. В обзоре представлены современные методы исследований остаточных концентраций антибиотиков, в частности более подробно рассмотрен метод иммуноферментного анализа (далее ИФА) и мониторинг продуктов питания на содержание следов антибиотиков в 2022 году.

Метод ИФА определен директивой ЕС 657/2002 как один из методов контроля вредных веществ и на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных в мире методом для проведения скрининговых исследований остаточных количеств огромного спектра вредных веществ от антибиотиков и микотоксинов до пестицидов и диоксинов.

Ключевые слова: иммуноферментный анализ, продукты питания, методы определения, антибиотики.

A. A. Sulkovskaya, I. M. Pochitskaya, N. V. Komarova*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

INVESTIGATION OF THE CONTENT OF ANTIBIOTICS IN FOOD PRODUCTS

Annotation. The article considers one of the most important problems of modern science and practice concerning the safety of products and their role in the structure of consumer products.

The study of raw materials and food products for the content of antibiotic components is an urgent task, since an increase in productivity and, as a result, a reduction in the cost of production in animal husbandry and poultry farming is achieved with the rational use of antibiotics and growth stimulants. Domestic producers of agricultural products using antibiotics, mycotoxins, pesticides and growth stimulants in accordance with their technological regulations must guarantee the safety of products for human health.

The World Health Organization (WHO) recommends reducing the use of antibiotics in animal husbandry as much as possible. A rational approach to the use of antibiotics in animals and humans will preserve the activity of these drugs for further use in medicine. Due to the fact that the groups of antibiotics used in humans and animals in agriculture are the same, residual amounts of antibiotics in food products contribute to the emergence of resistant strains of microorganisms in humans. Accordingly, people who use such products develop immunity to taking antibiotics, and in order to obtain the expected effect during treatment, larger doses and stronger drugs are required.

Prolonged use of food containing residual amounts of antibiotics, as well as taking antibiotics for therapeutic purposes, can cause adverse health consequences, such as allergic reactions, immune suppression, dysbiosis and toxic effects on the body.

To ensure the safety of human health, the maximum permissible norms of daily intake of antibiotics with food have been developed. The residual content of these potentially dangerous compounds in the finished product must be below the maximum permissible levels defined by legislation. The review presents modern methods for investigating residual concentrations of antibiotics, in particular, the method of enzyme immunoassay (hereinafter ELISA) and monitoring of food for traces of antibiotics in 2022 are considered in more detail.

The ELISA method is defined by the EU Directive 657/2002 as one of the methods of control of harmful substances and today is one of the most common methods in the world for conducting screening studies of residual amounts of a huge range of harmful substances from antibiotics and mycotoxins to pesticides and dioxins.

Key words: enzyme immunoassay, food, detection methods, antibiotics.

Введение. Концепция государственной политики здорового питания населения предусматривает совершенствование нормативно-методической базы государственного надзора за качеством и безопасностью сырья и продуктов животного происхождения, поступаемых к потребителю. Риск загрязнения продовольственного сырья потенциально опасными химическими соединениями может быть снижен только при эффективной системе контроля на всех стадиях — от производства до реализации.

Вследствие этого к методам массового контроля вредных соединений в сырье и продуктах животного происхождения должны предъявляться весьма жесткие требования — методы должны быть надежны, просты, оперативны, они должны обеспечивать высокую чувствительность и селективность определения.

Антибиотики входят в группу ингибирующих веществ микробиологических процессов. Развитие методов контроля таких веществ тесно связано с их применением для установления безопасности пищевых продуктов. Методы определения содержания ингибирующих веществ разделяются на микробиологические, иммунологические, химические и физико-химические [1–3].

Высокое содержание антибиотиков в пищевых продуктах обусловлено их широким применением в промышленном животноводстве, птицеводстве и рыболовстве [4, 5]. Антибиотики стимулируют отдельные биохимические процессы в организме животных, что приводит к улучшению их общего состояния, ускорению роста, повышению продуктивности, активизации защитных реакций. Поэтому их используют не только для лечения, но и стимуляции роста, откорма животных, повышения их продуктивности.

Антибиотики дают животным с питьевой водой непосредственно перед убоем либо вводят путем инъекции, что позволяет увеличить продолжительность хранения свежего мяса на 2–3 суток и улучшить его внешний вид, запах, цвет. Эффективна также обработка мясных туш растворами антибиотиков. Использование антибиотика увеличивает срок хранения мясного фарша и свежей рыбы. При этом рыбу опускают в раствор антибиотика (50 мг/л), либо хранят во льду с антибиотиком (5 мг/кг) [1, 6].

Антибиотики негативно влияют на микробиологические процессы кисломолочного производства, вследствие чего возможно изготовление опасной продукции [7].

В Республике Беларусь требования к показателям безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья, лимитирующие содержание антибиотиков отражены в следующей нормативной документации: ТР ТС 021/2011, СанНПиГН 52-2013, ГН 37-2021, ТР ЕАЭС 040/2016, ТР ТС 033/2013.

Широкое применение в производстве нашли микробиологические методы, основанные на непосредственном биологическом действии антибиотиков на чувствительные штаммы микроорганизмов. Содержание антибиотиков выявляют при их диффузии в агар по величине торможения роста различных тест-культур, внесенных в питательные среды [2].

Несмотря на то, что микробиологические методы не нуждаются в сложном оборудовании и доступны для клинических лабораторий, они практически не применяются для мониторинга антибиотиков. Это связано с продолжительностью анализа, отсутствием специфичности и невысокой точностью при определении больших концентраций, так как размножение и развитие микроорганизмов зависит от температуры, времени выдержки и др. Отклонение от оптимальной температуры влияет на чувствительность тест-микроба по отношению к определяемым веществам. Вместе с тем для изучения фармакокинетики антибиотиков микробиологические методы применяются довольно часто [2, 8].

Определению антибиотиков в пищевых продуктах посвящено большое число исследований, основанных на использовании сенсibilизированной люминесценции ионов Eu (III) и Tb (III). Эти работы относятся, в основном к антибиотикам тетрациклинового и хинолонового ряда, которые наиболее широко применяются в животноводстве. Для снижения пределов обнаружения и повышения избирательности определения в ряде случаев применяют твердофазную, кинетическую и разрешенную во времени люминесценцию. В некоторых исследованиях в качестве аналитического сигнала используют собственную молекулярную люминесценцию антибиотиков. Для выделения антибиотиков из анализируемых образцов в некоторых случаях применяют экстракцию органическим растворителем или твердофазную экстракцию [9–13].

При этом люминесцентный метод имеет ряд недостатков, например заметная зависимость от условий окружающей среды, строгие требования к исследуемой пробе. Эти недостатки нивелируются современным оборудованием, но могут помешать проводить исследования с необходимой точностью. Кроме того флуориметры дорогостоящие в производстве и имеют высокую стоимость даже на базовые модели [13–17].

Из электрохимических методов нашли применение следующие: амперометрическое титрование, ионометрия, вольтамперометрия. Эти методики отличаются высокой чувствительностью, простотой и селективностью. Для одновременного определения нескольких антибиотиков в анализе использован метод капиллярного электрофореза, который по пределу обнаружения является альтернативным методу жидкостной хроматографии [18, 19].

Особенность методов электрохимического анализа состоит в том, что в анализируемую систему не вводятся какие-либо химические реагенты, а используются процессы, связанные с переносом ионов или электронов. Из электрохимических методов для определения антибиотиков в биологических жидкостях и фармацевтических формах чаще всего применяются вольтамперометрия и потенциометрия [20].

Основная сложность определения антибиотиков обусловлена их низкой концентрацией на фоне большого избытка мешающих веществ. Недостаточная чувствительность и селективность большинства методов при определении антибиотиков обуславливают необходимость их предварительного концентрирования, а дополнительная операция концентрирования влияет на точность анализа и увеличивает время анализа. Довольно часто при определении антибиотиков необходимо проводить анализ на достаточно большом количестве образцов, поэтому для решения проблем контроля антибиотиков активно развиваются био-сенсорные методы экспресс-анализа [21].

Также для определения антибиотиков в пищевых продуктах широко применяются хроматографические методы. Наиболее эффективным при этом является метод ВЭЖХ с флуоресцентным, ультрафиолетовым или масс-спектрометрическим детектором. Хроматографические методы отличаются высокой селективностью, экспрессностью и высокой чувствительностью, что позволяет определять очень низкие количества антибиотиков в пищевых продуктах [8, 22–24].

Несмотря на свои преимущества, метод ВЭЖХ является дорогостоящим, требующим большого количества специфической органики. Применение твердофазной экстракции и капиллярного электрофореза позволяет несколько снизить стоимость и относительно ускорить проведение определения антибиотиков [25].

В случаях, когда невозможно оснащение лаборатории высокоточным и дорогостоящим оборудованием, используется метод иммуноферментного анализа. В основе анализа лежат два биологических процесса: высокая специфичность антител, т.е. способность реагировать со строго определенными антигенами и многократное усиление химических реакций ферментами. ИФА реализуется в двух основных модификациях: конкурентный метод и сэн-

двич-метод. Определение концентрации аналита в лунках планшета проводится спектрофотометрически [27].

Основными преимуществами метода ИФА являются быстрота и высокая производительность, простота пробоподготовки и анализа, удобство работы, высокая чувствительность и специфичность метода, небольшие затраты на постановку и поддержку метода.

Иммуноферментный анализ достаточно прост в исполнении. Тем не менее, сложные биологические и физико-химические превращения, влияющие на характер получаемых данных и накладывающие определенные ограничения на применимость методов математической обработки результатов. Кроме того существует вероятность получения в редких случаях ложноотрицательных или же ложноположительных результатов [26].

Несмотря на свои преимущества и недостатки, ИФА является довольно распространенным методом для анализа содержания остатков антибиотиков в различных пищевых продуктах [28, 29].

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания. Объектами исследований являлись 1640 образца различных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов, представленных на испытания в 2022 г.

За анализируемый период на исследование содержания бацитрацина поступали следующие объекты аквакультуры: форель, семга, карп. Бацитрацин и хлорамфеникол определяли в образцах мясной продукции, в частности свинина, говядина, курица, полуфабрикаты из мяса и птицы, разнообразные мясные изделия, колбасы, консервы, в том числе для детского питания, яйца и яичный порошок. Содержание хлорамфеникола, стрептомицина и пенициллина контролировали в молочной продукции: молоко, в том числе для детского питания, кисломолочная продукция, кефир, сметана, йогурты, творог и сыр.

Для определения антибиотиков использовали метод ИФА, принцип которого заключается в реакции специфического взаимодействия антигена с антителом с образованием иммунного комплекса и последующей детекцией полученного комплекса с помощью спектрофотометрии.

Результаты исследований и их обсуждение. Длительное употребление пищи с избыточным содержанием антибиотиков приводит к появлению антибиотикорезистентности, что может вызывать широко распространенные, серьезные болезни: сепсис, энтероколит, пневмония, инфекции мочевыводящих путей и т. д. При использовании антибиотиков происходит угнетение главных факторов иммунной защиты организма от воздействия инфекций.

Для обеспечения безопасности здоровья человека необходимо максимально снизить количество антибиотиков в продуктах животного происхождения, и, следовательно, проводить тщательный контроль их содержания в продуктах питания.

При определении антибиотиков в качестве субстратов ферментов использовали такие вещества, продукты превращения которых являются окрашенными соединениями или, наоборот, окраска самих субстратов изменяется в процессе реакции. Окрашенные соединения поглощают видимый свет, то есть электромагнитное излучение с длинами волн 400–700 нм (рис.1).

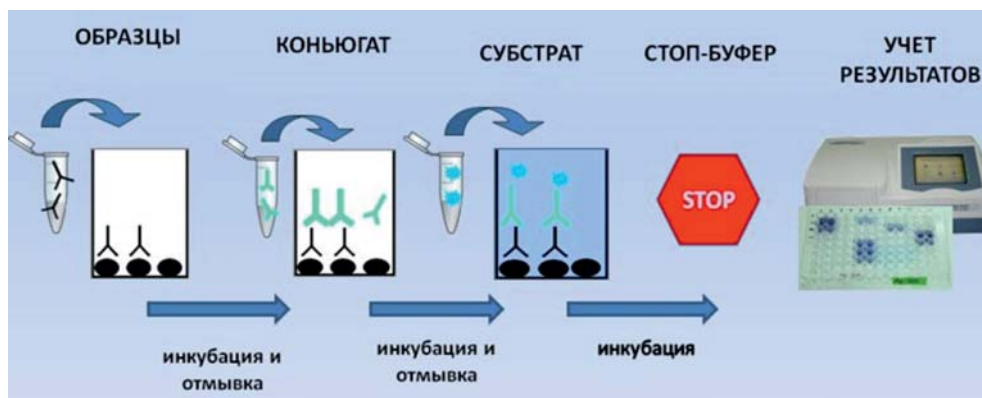


Рис. 1. Схема процедуры выполнения анализа

Fig. 1. The procedure for performing the analysis

Поглощение света подчиняется закону Бугера-Ламберта-Бера, в соответствии с которым оптическая плотность раствора в определенном диапазоне прямо пропорциональна концентрации вещества [30].

Для автоматической регистрации оптической плотности и результатов иммуноферментного анализа использовали спектрофотометр, с последующей обработкой данных специализированным программным обеспечением.

Для количественного определения концентрации антибиотика в анализируемых пробах на основании оптических плотностей калибровочных растворов и присвоенных им концентраций была построена калибровочная кривая (рис. 2). Ее внешний вид и данные оптических плотностей градуировочных растворов являются средством контроля качества измерений. Полученные данные сравнивали с оптической плотностью градуировочных растворов и градуировочной кривой в сертификате на партию.

Большинство специализированных программ позволяет выполнить проверку выбранной для построения КК модели на корректность реализации алгоритма расчетов. Рассматривая калибровочные пробы как неизвестные образцы, они производят обратное вычисление концентрации аналита в каждой калибровочной пробе на основании значения сигнала и соответствующих параметров графика [31].

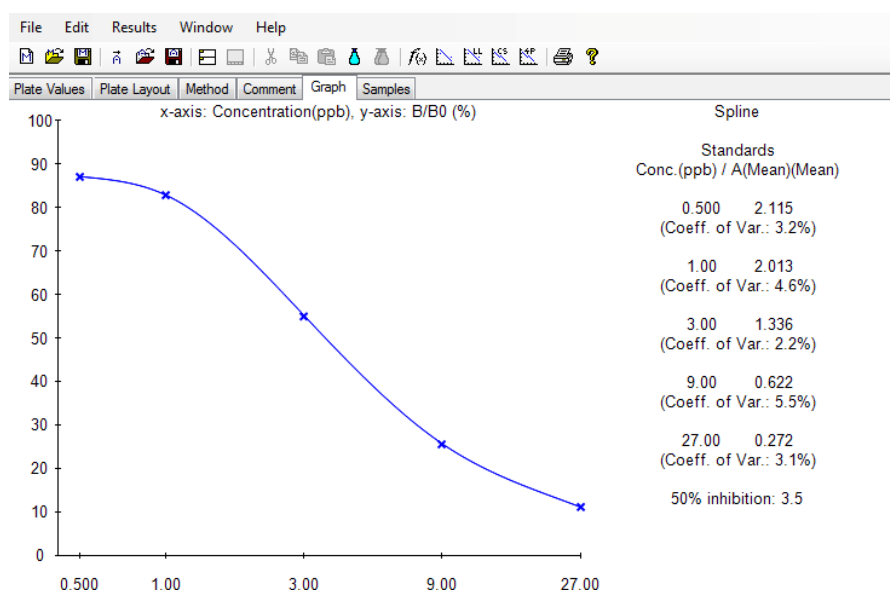


Рис. 2. Интерфейс программы обработки результатов анализа и пример построения калибровочной кривой

Fig. 2. The interface of the analysis results processing program and an example of the calibration curve construction

Контроль правильности при определении массовой доли анализируемого антибиотика производили путем анализа образцов для контроля с заранее известным значением концентрации вещества (рабочая проба с добавкой). Для приготовления рабочей пробы с добавкой использовали спайк-препарат заданного антибиотика, который представляет собой спайк-раствор готовый к использованию, или восстановленный лиофилизированный спайк-препарат. В качестве образцов для внесения добавки антибиотика были выбраны матрицы, в которых массовая доля анализируемого антибиотика ниже порога чувствительности тест-системы.

Всего было исследовано 1640 образцов различных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов (рис. 3, табл. 1).

Из общего количества исследованных образцов 72 % составили мясо и мясные продукты, в которых определяли содержание бацитрацина и хлорамфеникола. Остаточные количества хлорамфеникола, стрептомицина и пенициллина контролировали в молочной продукции, где на долю молочных и кисломолочных продуктов приходилось 14,8 % и 6,8 % на молоко. Рыбная продукция составила 6,4 %, в которой определяли антибиотик бацитрацин.

Содержание всех антибиотиков в проверенных образцах не превышало регламентированную норму, полученные результаты исследования были ниже уровня чувствительности метода.

Остаточное количество бацитрацина для мясных продуктов, яиц и рыбы садкового содержания не было обнаружено, что в соответствии требованиям ТНПА не должно превышать 0,02 мг/кг.

Таблица 1. Результаты определения антибиотиков в исследуемых образцах за 2022 год
Table 1. Results of determination of antibiotics in the studied samples for 2022

Исследуемый антибиотик/ метод анализа	Группа продуктов	ТНПА, регламентирующие требования к продукции	Допустимый уровень, мг/кг не более	Фактическое значение определяемого показателя, мг/кг
Бацитрацин, мг/кг МВИ.МН 4652-2013	Рыба садкового содержания (форель, семга, карп и т.д.)	ТР ТС 021/2011 ТР ЕАЭС 040/2016	Не допускается (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
	Мясо, птица, мясные изделия и полуфабрикаты, шпик, консервы, субпродукты	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
Хлорамфеникол, мг/кг МВИ.МН 2436-2015	Мясо, птица, мясные изделия и полуфабрикаты, шпик, консервы, субпродукты	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000013)
	Яйца, яичный порошок	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00005)
	Сыр	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000025)
	Молоко, сухое молоко	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000025)
	Сливки, мороженое, молочный коктейль	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00001)
	Кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00002)
	Творог, продукты из творога	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,0003)	Не обнаружено (<0,0001)
Стрептомицин, мг/кг МВИ.МН 2642-2015	Сыр	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,025)
	Творог, продукты из творога	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
	Молоко, сухое молоко, сливки, мороженое, молочный коктейль, кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
Пенициллин, мг/кг МВИ.МН 4885-2014	Молоко, молочная продукция, кисломолочная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускается (<0,004)	Не обнаружено (<0,001)

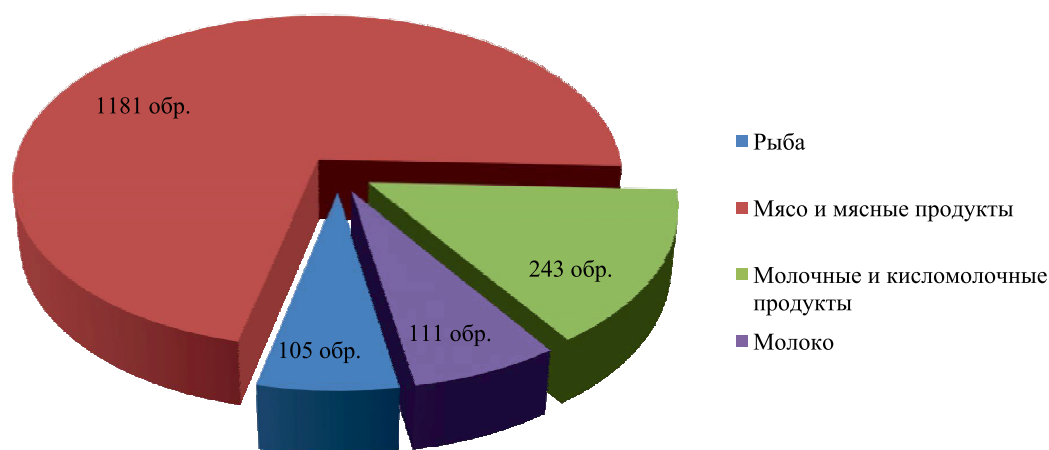


Рис. 3. Доли различных видов продукции в образцах, исследуемых на содержание антибиотиков

Fig.3. Various types of products in samples tested for the content of antibiotics

В яйцах, мясных и молочных продуктах не допускается (менее 0,0003 мг/кг) содержание хлорамфеникола, проведенные исследования подтвердили, что уровень содержания данного антибиотика не превышал требований ТНПА.

Следует отметить безопасность молока, молочной и кисломолочной продукции, так как следов применения антибиотиков не было обнаружено. Согласно ТНПА содержание стрептомицина не допускается (менее 0,2 мг/кг) и не допускается (менее 0,004 мг/кг) содержание пенициллина.

Из всех исследуемых образцов (рис. 4, табл. 2) к сырью и продуктам для детского питания относилось 9,8 % (161 образец). Из них 66 образцов — молоко и мясные консервы, предназначенные для детского питания.

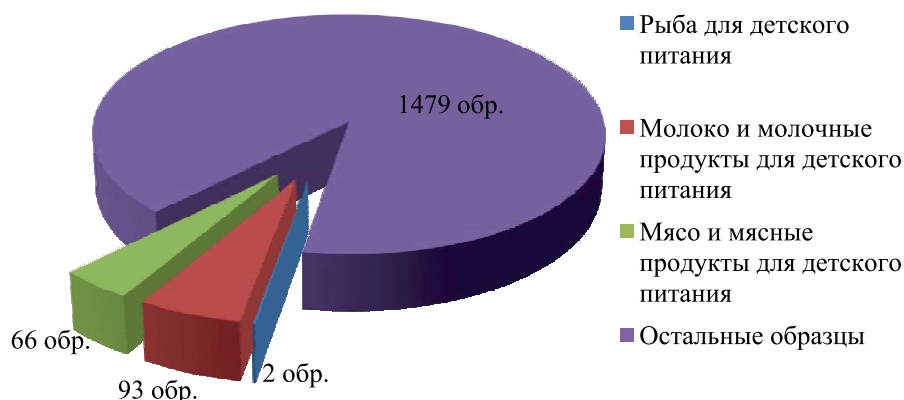


Рис. 4. Соотношение различных видов продукции в доле образцов для детского питания, исследуемых на содержание антибиотиков

Fig. 4 . The ratio of different types of products in the proportion of samples for baby food tested for the content of antibiotics

В рыбе и рыбных консервах для детского питания определяли остаточную концентрацию бацитрацина. Содержание хлорамфеникола и бацитрацина было исследовано в детских мясных и мясорастительных консервах, а также в других мясных продуктах предназначенных для детского питания. Детское молоко, молочные и кисломолочные продукты для детского питания были проверены на уровень содержания стрептомицина, пенициллина и хлорамфеникола.

Согласно требованиям ТНПА, допустимый уровень содержания бацитрацина в продукции для детского питания не должен превышать 0,02 мг/кг. Остаточное количество хлорамфеникола не допускается (менее 0,0003мг/кг), стрептомицина не допускается (менее 0,2 мг/кг) и пенициллина не допускается (менее 0,004 мг/кг) соответственно.

Т а б л и ц а 2. Результаты определения антибиотиков в исследуемых образцах для детского питания за 2022 год
Table 2. The results of the determination of antibiotics in the studied samples for baby food for 2022

Исследуемый антибиотик/ метод анализа	Группа продуктов	ТНПА, регламентирующие требования к продукции	Допустимый уровень, мг/кг не более	Фактическое значение определяемого показателя, мг/кг
Бацитрацин, мг/кг МВИ.МН 4652-2013	Рыба для детского питания (детское пюре из хека семги)	-	-	Не обнаружено (<0,009)
	Рыба для детского питания (детское пюре из семги, минтая)	ТР ТС 021/2011 ТР ЕАЭС 040/2016	Не допускает-ся (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
	Мясные и мясо-растительные детские консервы	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,02)	Не обнаружено (<0,009)
Хлорамфеникол, мг/кг МВИ.МН 2436-2015	Мясные и мясо-растительные детские консервы	ТР ТС 021/2011 ГН 37-2021 ТР ЕАЭС 051/2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000013)
	Молоко, сухое мо-локо для детского питания	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,0003)	Не обнаружено (<0,000025)
	Сливки, молочный коктейль детские	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00001)
	Кисломолочная продукция детская	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,0003)	Не обнаружено (<0,00002)
	Творог, продукты из творога для детей	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,0003)	Не обнаружено (<0,0001)
Стрептомицин, мг/кг МВИ.МН 2642-2015	Творог, продукты из творога для детей	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
	Детское молоко, сухое молоко, сливки, мороже-ное, молочный коктейль, кисло-молочная продук-ция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,2)	Не обнаружено (<0,01)
Пенициллин, мг/кг МВИ.МН 4885-2014	Детское молоко, молочная продук-ция, кисломолоч-ная продукция	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013 ГН 37-2021 СанНПиГН 52-2013	Не допускает-ся (<0,004)	Не обнаружено (<0,001)

Концентрация всех антибиотиков в проверенных продуктах детского питания детектиро- валась ниже уровня чувствительности метода.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования в пищевых продуктах показали, что в проверенных образцах содержание остаточных концентраций антибиотиков не превы-

шало нормируемого уровня. Это подтверждает качество и безопасность продуктов питания, в том числе предназначенных для детей школьного и дошкольного возраста, реализуемых в Республике Беларусь.

Список использованных источников

1. Бельтюкова, С. В. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах (Обзор) / С. В. Бельтюкова, Е. О. Ливенцова // Методы и объекты химического анализа. — 2013. — Т. 8, № 1. — С. 4–13.
2. Бузмакова, У. А. Химическая классификация и методы определения антибиотиков / У.А. Бузмакова, О.С. Кудряшова // Вестник Пермского университета. Серия: «Химия». — 2018. — № 1. — С. 6–28.
3. Cháfer-Pericás C. Fast screening methods to detect antibiotic residues in food samples / C. Cháfer-Pericás, B. Maquieira, R. Puchades // Trends Anal Chem. 2010; 29:1038–1049.
4. Білоусов, Ю. Б. Взаємодія лікарських препаратів з їжею / Ю.Б. Білоусов, К.Г. Гуревич // Фармацевтичний журнал. — 2002. — №6. — С. 42–45.
5. Чекман, І. С. Клініко-фармакологічні властивості антибіотиків / І. С. Чекман // Сучасні інфекції. — 2001. — №2. — С. 76–89.
6. Азибекян, А. С. Антибиотики в нашей пище / А. С. Азибекян, В. А. Курысько, Г. Н. Заичко // Успехи в химии и химической технологии. — 2013. — № 5. — С. 123–126.
7. Доротова, А. Практическая реализация методов определения антибиотиков в молоке. / А. Доротова, Е. Хрушева // Молочна промисловість. — 2009. — № 9. — С. 46–48.
8. Современные методы определения антибиотиков в биологических и лекарственных средах (обзор) / Е.Г. Кулапина [и др.] // Антибиотики и химиотерапия. — 2009. — № 54. — 60 с.
9. Бельтюкова, С. В. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах (Обзор) / С. В. Бельтюкова, Е. О. Ливенцова // Методы и объекты химического анализа. — 2013. — Т. 8, № 1. — С. 4–13.
10. Wenhna, Zh. Direct chiral separation of caderofloxacin enantiomers by HPLC using glucoprotein column / Zh. Wenhna // Журнал аналитической химии. — 2006. — Т. 61, № 11. — С. 1182–1184.
11. Бельтюкова, С. В. Использование f-f люминесценции ионов Eu(III) и Tb(III) в анализе лекарственных препаратов / С.В. Бельтюкова, А.В. Егорова, О.И. Теслюк // Украинский химический журнал. — 2000. — Т. 66, № 10. — С. 115–121.
12. Navalon, A. Determination of ciprofloxacin in human urine and serum samples by solid-phase spectrofluorimetry / A. Navalon., O. Ballesteros, R. Blanc // Talanta. — 2000. — Vol. 52, № 5. — P. 845–852.
13. Витюкова, Е. О. Определение окситетрациклина в молоке с использованием сенсibilизированной люминесценции ионов европия (III) / Е.О. Витюкова, А.В. Егорова, С.В. Бельтюкова, Е.В. Малинка // Вісник ОНУ. — 2004. — Т. 9. — В. 6. — С. 95–103.
14. Капитан-Валвей, Л. Ф. Использование оптически прозрачных мембран для предварительного концентрирования и прямого фосфориметрического определения фармацевтического препарата флумехин / Л.Ф. Капитан-Валвей, О.М.А. АльБарбарави, М. Фернандес-Рамос, Р. Авидар // Журнал аналитической химии. — 2005. — Т. 60, № 11. — С. 1135–1140.
15. Singleuse phosphorimetric sensor for the determination of nalidixic acid in human urine and milk [L.F. Capitan-Vallvey, O.M.A. Al-Barbaravi, M.D. Fernades and others] // Analyst. — 2000. — Vol. 125, № 11. — P. 2000–2005.
16. Shen X., Chen J., Lv S., Sun X., Dzantiev B.B., Eremin S.A., Zherdev A.V., Xu J., Sun Y., Lei H. Fluorescence polarization immunoassay for determination of enrofloxacin in pork liver and chicken. Molecules. 2019; 24: 4462. doi:10.3390/molecules24244462.
17. Raksawong P., Nurerk P., Chullasat K., Kanatharana P., Bunkoed O. A polypyrrole doped with fluorescent CdTe quantum dots and incorporated into molecularly imprinted silica for fluorometric determination of ampicillin. Microchim Acta. 2019; 186: 338. doi: 10.1007/s00604-019-3447-0.
18. Толстенко, Ю. В. Визначення вмісту окситетрациклина гідрохлориду в молочних продуктах електрохімічними методами / Ю.В. Толстенко, Т.Д. Смирнова, В.І. Ткач // Вопросы химии и химической технологии. — 2010. — № 5. — С. 84–87.
19. Шведен, Н.В. Ионметрическое определение β — лактамных антибиотиков / Н.В. Шведен, С.В. Боровская // Журнал аналитической химии. — 2003. — № 58(11). — С.1208–1213.
20. Wong A., Santos A.M., Cincotto F.H., Moraes F.C., Fatibello-Filho O., Soto-mayor M.D.P.T. A new electrochemical platform based on low cost nano-materials for sensitive detection of the amoxicillin antibiotic in different matrices. Talanta. 2020; 206: 120252. doi: 10.1016/j.talanta.2019.120252

21. *Алсовэйд, А.* Методы и подходы для определения антибиотиков / А. Алсовэйд, О.А. Караваева, О. И. Гулий // Антибиотики и химиотерапия. — 2022. — №67: 1–2. — С. 53–61.
22. *Di, C.A.* Liquid chromatographic — mass spectrometric methods for analyzing antibiotic and antibacterial agents food products / Di C.A., Nazzari M. // J. Chromatogr. A. — 2002. — 974(1–2). — P. 53–89.
23. *Кирничная, В. К.* Контроль содержания антибиотиков в пищевых продуктах хроматографическими методами / В.К. Кирничная // Пищевая промышленность. — 2013. — №8. — С. 52–53.
24. *Краснова, Т. А.* Идентификация остаточных количеств антибиотиков в пищевых продуктах методом масс-спектрометрии / Т.А. Краснова, В.Г. Амелин // Пищевая промышленность. — 2013. — №1. — С. 24–26.
25. *Илларионова, Е. А.* Высокоэффективная жидкостная хроматография. Теоретические основы метода : учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. — Иркутск : ИГМУ, 2018 — 50 с.
26. *Жебентяев, А. И.* Иммуноферментный метод анализа / А. И. Жебентяев, Е. Н. Каткова // Вестник фармации. — 2013. — №2. — С. 90–97.
27. Клиническая лабораторная диагностика / Н.В. Свежова [и др.]. — Санкт-Петербург, 2008. — №1.
28. Wang, S., Xu B., Zhang Y., He J.X. Development of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of neomycin residues in pig muscle, chicken muscle, egg, fish, milk and kidney. Meat Sci. 2009; 82: 53–58. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.12.003. Epub 2008 Dec 14
29. *Буркин, М. А.* Методы санитарного контроля животноводческой продукции. Иммуноферментный анализ левомицетина / М.А. Буркин, Г.П. Кононенко, А.А. Буркин // Сельскохозяйственная биология. — 2012. — №4. — С. 113–119.
30. *Баранов, А. В.* Основы физики гибридных наноструктур [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Баранов. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014. — 125 с.
31. Инструкция по обработке результатов исследований с помощью программного обеспечения RIDA SOFT Win [Электронный ресурс]. — Владимир: ООО «НеоТест». — 21 с.

Информация об авторах

Сулковская Анастасия Александровна, инженер химик 2 категории 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: anastasiasulkovskaya@mail.ru

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

Комарова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе и стандартизации РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: aleko-2006@tut.by

Information about the authors

Sulkovskaya Anastasia Alexandrovna, Chemical engineer of the 2nd category of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: anastasiasulkovskaya@mail.ru

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

Komarova Natalia Viktorovna, PhD (Engineering), Deputy Director General for Scientific Work and Standardization of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: aleko-2006@tut.by

УДК 663.223.012.1:543.51

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1\(59\)-95-104](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2023-16-1(59)-95-104)

Поступила в редакцию 14.02.2023

Received 14.02.2023

И. М. Почицкая¹, Ю. Ф. Росляков², В. Г. Лобанов², В. Л. Рослик¹,
В. С. Ядевич¹

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

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
г. Краснодар, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ИГРИСТЫХ ВИН

Аннотация. В статье представлены результаты исследования изотопного состава 24 образцов игристых вин различных производителей. Целью исследований являлось изучение поликомпонентного изотопного состава игристых вин и установление взаимосвязи между изотопным составом водорода, кислорода и углерода отдельных компонентов, выделенных из вина, и суммарными параметрами изотопного состава для возможного использования в роли критериев качества. Для измерения изотопных отношений использовался метод изотопной масс-спектрометрии с системой непрерывного потока ConFlo IV, способ изотопного уравнивания GasBench II; элементного анализатора с высокотемпературной конверсией и окислительным реактором. Наряду с определением изотопного состава отдельных компонентов вина ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{этанол}}$) оценивались суммарные параметры изотопного состава: $\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ и $\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$. В исследованных образцах были получены хорошие корреляции между изотопными составами отдельных компонентов. В одном образце установлено различие между данными $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (–10,04‰), $\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$ (–25,8‰) и $\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$ (–25,86‰), возможно вино содержит углекислый газ, образованный из сахара растений C4 типа. Данные исследования показали, что изотопная масс-спектрометрия является эффективным способом контроля качества виноградных вин. Комплексное исследование компонентов игристого вина позволяет выявить взаимосвязь разных изотопных показателей и применить их для оценки географического и биологического происхождения продукции.

Ключевые слова: игристое вино, изотопный состав, сахар, вода, спирт, углерод, кислород.

I. M. Pochitskaya¹, Yu. F. Roslyakov², V. G. Lobanov², V. L. Roslik¹,
V. S. Yadevich¹

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

²Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

STUDY OF THE ISOTOPE COMPOSITION OF SPARKLING WINES

Abstract. The article presents the results of a study of the isotopic composition of 24 samples of sparkling wines from various manufacturers. The aim of the research was to study the polycomponent isotopic composition of sparkling wines and to establish the relationship between the isotopic composition of hydrogen, oxygen and carbon of individual components isolated from wine and the total parameters of the isotopic composition for possible use as quality criteria. Isotope ratios were measured by isotope mass spectrometry with a ConFlo IV continuous flow system, GasBench II isotopic equilibration method; elemental analyzer with high temperature conversion and oxidation reactor. Along with the determination of the isotopic composition of individual wine components ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{ethanol}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{ethanol}}$), the total parameters of the isotopic composition were estimated: $\delta^{13}\text{C}_{\text{total}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{total}}$ and $\delta^2\text{H}_{\text{total}}$. In the studied samples, good correlations were obtained between the isotopic compositions of individual components. In one sample, a difference was found between the data of $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (–10.04‰), $\delta^{13}\text{C}_{\text{ethanol}}$ (–25.8‰) and $\delta^{13}\text{C}_{\text{total}}$ (–25.86‰), it is possible that the wine contains carbon dioxide formed from the sugar of C4 type plants. These studies have shown that isotope mass spectrometry is an effective way to control the quality of grape wines. A comprehensive study of the components of sparkling wine

makes it possible to identify the relationship between different isotope indicators and apply them to assess the geographical and biological origin of the product.

Key words: sparkling wine, isotopic composition, sugar, water, alcohol, carbon, oxygen.

Введение. Для установления качества и подлинности винодельческой продукции применяются различные методы и способы контроля [1–6].

Вина представляют собой сложную биохимическую систему, образующуюся в процессе микробиологической ферментации виноградного сока, которая состоит из большого количества химических соединений различных групп. Основным компонентом служит вода, в которой растворены сахара, органические кислоты и другие компоненты [7]. При этом вода натурального сока называется эндогенной, если она действительно является компонентом этого сока. Сахар при ферментативном брожении превращается частично или полностью в этанол и углекислый газ. Остаточный сахар и органические кислоты определяют органолептические свойства конечного продукта. Добавление в натуральный виноградный сок сахара и воды из внешних источников, называемой экзогенной, не допускается. При производстве игристых вин сахар может быть добавлен при вторичном брожении для насыщения вина углекислым газом, а также при внесении экспедиционного ликера в вино после окончания процесса шампанизации, чтобы получить готовый продукт соответствующей категории с различным содержанием сахара (брют, полусухое, сухое, полусладкое и др.) [8].

Одним из эффективных способов контроля качества вина и установления его географического происхождения является изотопная масс-спектрометрия [9–13]. Этот способ основан на том факте, что все компоненты вина состоят из атомов углерода, кислорода и водорода, имеющих определенный изотопный состав.

Целью данной работы являлось определение методом изотопной масс-спектрометрии относительных содержаний изотопов углерода, кислорода и водорода в отдельных компонентах игристого вина, в том числе изотопов углерода в углекислом газе и этаноле, выделенных из вина, изотопов кислорода воды игристого вина; а также общих относительных содержаний изотопов углерода в сухом остатке игристого вина, водорода и кислорода в вине без его предварительного фракционирования. Такое комплексное исследование компонентов игристого вина позволит выявить взаимосвязь разных изотопных показателей качества и определить возможности этого способа для оценки географического и биологического происхождения продукции.

Материалы и методы исследований. Для исследования были использованы игристые вина, импортированные из четырех европейских стран, наиболее крупных производителей игристых вин:

- ♦ компании G.H. Mumm et Cie, г. Реймс, регион Шампань-Арденны департамента Марна на северо-востоке Франции:

1. CHAMPAGNE G.H. MUMM, белое, полусухое, AOC;

2. CHAMPAGNE G.H. MUMM CORDON ROUGE, розовое, сухое, AOC, из винограда Пино Нуар (35%), Пино Менье (60%) и Шардоне (5%);

- ♦ компании CASTEL FRERES, г. Безье, регион Лангедок-Руссильсон департамента Эро на юге Франции:

3. CHAMP ELYSEE, белое, сухое;

- ♦ компании BODEGAS ESCUDERO, муниципалитет Гравалос, Арнедо, провинция Риоха, Испания:

4. CAVA DIORO BACO, белое, сухое, из винограда Шардоне и Виура;

5. BENITO ESCUDERO, белое, полусухое, 100% Виура;

6. BENITO ESCUDERO, розовое, полусухое, DO, 50% Виура и 50% Гарнача;

- ♦ компании COVIDES SCCL, Вильяфранка-дель-Пенедес, провинция Барселона, район Альт-Пенедес, Испания:

7. ELOQUENTE CAVA, белое, сухое;

8. ELOQUENTE CAVA, белое, полусухое;

9. ELOQUENTE CAVA, розовое, сухое;

- ♦ компании ASTORIA, центр винодельческого региона Просекко провинции Венеция, северо-восток Италии:

10. ASTORIA BABY LOUNGE, белое, сухое;

11. ASTORIA CORDERIA VALDOBBIADENE PROCESSO, белое, сухое, DOCG;

12. ASTORIA FASHION VICTIM @CUVEE, белое, сухое;

13. ASTORIA FASHION VICTIM @ CUVEE, белое, сухое;

14. ASTORIA GALIE PROCECCO TREVISO, белое, сухое, DOC;

15. ASTORIA LOUNGE ® CUVÉE PREMIER ASTRO D'ARCENTO VALDOBBIADENE, белое, сухое;

16. ASTORIA LOUNGE CUVÉE PROSECCO, белое, сухое, DOC;

17. ASTORIA FASHION VICTIM ® ROSE, розовое, сухое;

♦ винодельни «Martini & Rossi S.p.A.», Пессьоне, муниципалитет Кьери, провинция Турин, Пьемонт, Италия;

18. MARTINI ASTI, белое, сладкое, DOCG, из винограда Moscato Bianco;

19. MARTINI, белое, сухое, из винограда Просекко, Шардоне, Совиньон, Рислинг;

20. MARTINI PROSECCO, белое, сухое, DOC, из винограда Глера, регион Венето;

21. MARTINI ROSE, розовое, полусухое, из винограда Мальвазия и Мускат, регион Венето и Пьемонт;

♦ АО Комбинат по производству вин «КРИКОВА», МД-2084, ул. Угуряну, 1, г. Крикова, Молдавия;

22. Вино игристое, белое, полусладкое;

23. Вино игристое, белое, полусухое;

24. Вино игристое, выдержанное, белое, сухое, урожай 2011 г.

Для измерения изотопных отношений использовались: изотопный масс-спектрометр Thermo Scientific Delta V Advantage, оснащенный системой непрерывного потока ConFlo IV; устройство изотопного уравнивания GasBench II с термостатируемым планшетом; элементный анализатор FLASH 2000 HT, оснащенный двумя реакторами, один для высокотемпературной конверсии образцов, второй — для импульсного сжигания образцов в токе кислорода.

Для выполнения исследования использовались газы: гелий (степень чистоты 99,9999%); кислород (степень чистоты 99,999%); смесь-гелий (степень чистоты 99,999%) + 0,4% двуокиси углерода (степень чистоты 99,995%); смесь — гелий (степень чистоты 99,999%) + 2,2% водорода (степень чистоты 99,999%); двуокись углерода (степень чистоты 99,995%), используемая в качестве вторичного стандарта содержания углерода ^{13}C ; окись углерода (степень чистоты 99,99%), используемая в качестве вторичного стандарта содержания кислорода ^{18}O ; водород (степень чистоты 99,999), применяемый в качестве вторичного стандарта содержания водорода 2H (D).

Подготовка образцов и масс-спектрометрическое определение.

Подготовку анализируемых образцов проводили следующим образом: в колбу вместимостью 500 см³ помещали 300 см³ пробы и проводили экстракцию этанола при температуре 78,0–78,2 °C. Полная дистилляция длилась примерно 5 часов. Такой способ позволяет рекуперировать до 98–98,5% общего спирта из пробы.

Определение изотопного отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ углекислого газа. Сосуды с вином помещались на 5–8 часов в холодильник для увеличения растворимости CO_2 в жидкости. Порции охлажденных жидкостей (40 мл) быстро переливали в 40 мл флаконы и закрывали крышками с легко прокалываемыми шприцем силиконовыми мембранами. Флаконы хранили далее в холодильнике до их использования.

Сосуды для системы ввода образцов, закрытые крышкой с силиконовой мембраной, продували потоком гелия для удаления воздуха, затем шприцем из 40 мл флаконов отбирали 50 мкл пробы вина и вносили через мембрану в 10 мл флаконы для анализа. Флаконы с порциями вина помещали на планшет системы изотопного уравнивания GasBench, нагретый до 24 °C и выдерживали не менее 1 часа для установления равновесного состояния между жидкостью и паровоздушной смесью, состоящей из газообразного гелия, паров воды, этанола и CO_2 . Порции смеси, затем, автоматически отбирались с использованием 100 мкл петли и направлялись на газовый хроматограф для разделения компонентов, при этом вода и этанол удалялись, а газообразная CO_2 с гелием поступала через систему непрерывного потока в ионный источник масс-спектрометра, попеременно с вводом порций стандартного газа CO_2 , предварительно прокаленного относительно международного стандарта изотопного состава углерода VPDB.

Определение изотопного отношения $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в воде игристых вин методом изотопного уравнивания выполняли в соответствии с рекомендациями компании THERMO [14]. Флаконы для образцов промывали дважды деионизированной водой и затем сушили при 70 °C в течение 5–8 часов. В сухой флакон вносили 500 мкл вина и закрывали крышкой. Остаточный воздух удаляли автоматически продуванием флаконов смесью 0,4% CO_2 в гелии в течение 10 минут со скоростью 150 мл/мин. Измерения осуществляли после 18 часов уравнивания газа при 24 °C. Затем отбиралась порция газа 100 мкл, которая после удаления

влаги поступала в изотопный масс спектрометр для определения изотопного отношения кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в углекислом газе после его изотопного уравнивания с водой в образце игристого вина. Результаты пересчитывали относительно международных стандартов изотопных составов воды SMOW и SLAP.

Определение изотопных отношений кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ и водорода $2\text{H}/1\text{H}$ игристого вина осуществляли по методу Oliver Kracht и сопр. [15] с использованием элементного анализатора Flash 2000 с термоконверсионным реактором. Порцию вина (0,2 мкл) инжестировали в реактор, нагретый до 1400°C , при этом температура колонки хроматографа была 90°C и скорость потока газа-носителя гелия — 70 мл/мин. Измерения значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ проводили относительно эталонных газов CO_2 и H_2 , прокалброванных относительно международного стандарта изотопного состава воды SMOW.

Определение изотопного отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ сухого остатка игристого вина осуществляли с использованием элементного анализатора Flash 2000 с окислительным реактором. В оловянный контейнер вносили порцию вина и контейнер помещали на 2 часа в сушильный шкаф, нагретый до 40°C . После испарения этанола и воды сухой остаток в контейнере герметично упаковывали в оловянный контейнере и помещали на планшет автосамплера для анализа. Условия определения: температура реактора — 1020°C , температура колонки хроматографа — 45°C , скорость потока газа-носителя — 90 мл/мин, скорость потока кислорода — 180 мл/мин, время инъекции кислорода — 3 сек. Измерения значений $\delta^{13}\text{C}$ проводили относительно газообразной CO_2 , предварительно прокалброванной относительно стандарта (мочевина, $\delta^{13}\text{C}_{\text{РДВ}} = -41,3\text{‰}$).

Результаты исследований и их обсуждение. Все растения, в зависимости от биохимического пути синтеза сахара в процессе фотосинтеза, могут быть разделены на две большие группы, называемые C3 и C4. Растения, которые синтезируют сахара по циклу C3, к которым относится виноград и сахарная свекла, имеют более низкое содержание изотопа углерода ^{13}C , чем растения, которые образуют сахар по типу C4, к которым относится сахарный тростник и кукуруза [16]. Это различие сохраняется в продукции микробиологической ферментации сахаров, содержащихся в этих продуктах — в этаноле и углекислом газе. Следовательно, содержание изотопа ^{13}C в газообразной CO_2 игристых вин зависит от типа сахара, используемого для вторичной ферментации или добавляемого в продукт для повышения сахаристости (сахар-C3 или сахар-C4). Предыдущие исследования показали, что относительное содержание изотопа ^{13}C в CO_2 в игристых винах, полученных при ферментации сахара из C3 растений, колеблется от -17‰ до -26‰ , а в игристых винах, полученных ферментацией сахара C4 растений — в диапазоне от -7‰ до -10‰ [17]. Искусственно насыщенные углекислотой вина имеют отношение изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ менее 29‰ или более 7‰ , в зависимости от источника производства углекислоты. Следовательно, измерение отношения изотопов углерода ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) в CO_2 игристых вин может быть использовано для определения природы этого газа.

Вода, основной компонент игристого вина, имеет свой изотопный состав, как по водороду, так и по кислороду ($^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), зависящий от географической широты источника водоснабжения и его местоположения на местности [18, 19]. Растения, выращиваемые в определенном регионе, усваивают воду, характерную по изотопному составу для данного региона, и модифицируют определенным образом ее изотопный состав. Следовательно, результаты измерений соотношений изотопов $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ вина представляют информацию как о географическом происхождении вина.

В табл. 1 приведены результаты исследования изотопного состава углерода углекислого газа ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$) с использованием устройства пробоподготовки GasBench, изотопного состава углерода этанола $\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$ и углерода сухого остатка вина ($\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$) с использованием окислительного реактора элементного анализатора, изотопных составов водорода и кислорода игристого вина ($\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$) с применением термоконверсионного реактора и изотопного состава кислорода воды $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$ игристого вина с применением метода изотопного уравнивания GasBench.

Изотопный состав углерода $\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$ сухого остатка характеризует содержание изотопа углерода ^{13}C в суммарном остатке, полученном после выпаривания жидкой фазы (воды, этанола) из пробы игристого вина. Сухой остаток содержит остаточный сахар, количество которого зависит от содержания сахара в вине, и органические кислоты (винная, лимонная, яблочная), содержание которых зависит от используемого сорта винограда и его зрелости.

Для сахаров, произведенных из винограда, отношения изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ находится в диапазоне от минус 29 до минус 26 промилле [20].

Результаты, приведенные в табл. 1, колонка 1, показывают, что игристые вина имеют изотопный состав сухого остатка $\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$, характерный для этого диапазона, что свидетель-

ствует о виноградном происхождении сахара в этих винах. В тоже время изотопный состав углерода вин №№ 1, 2, 4, 9, 10, 12, 13, 15–17, 22–23 не входит в вышеприведенный диапазон.

Изотопный состав углерода углекислого газа $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ в игристых винах позволяет определять происхождение этого газа. В зависимости от технологии производства игристых вин, углекислый газ образуется в процессе вторичного брожения или остаточного сахара, не израсходованного в процессе первичного брожения, или инициируется добавками сахара виноградного, свекловичного, тростникового. Также содержание CO_2 в игристых винах может быть увеличено добавлением в сосуды с вином газообразного CO_2 технического или пищевого происхождения. Эти методы требуют разных материальных затрат, определяющих цену конечного продукта. Наиболее качественным вином является вино, приготовленное с применением вторичного брожения. Так называемые вина контролируемого наименования по происхождению, как правило, производятся данным методом. Каждый из этих методов производства игристых вин характеризуется разным происхождением газообразной CO_2 : по первому методу CO_2 происходит из того же сахара, что и этанол, по второму — из добавленного сахара (тростникового или свекловичного), по третьему — из экзогенной технической или пищевой CO_2 . По своим физико-химическим характеристикам углекислота из разных источников не различима. Однако, как показано в работе [18], CO_2 различается по изотопному составу: CO_2 из виноградного сахара (и добавленного свекловичного) имеет изотопный состав в пределах от $-20,3\text{‰}$ до $-23,63\text{‰}$, а из тростникового — примерно $-9,62\text{‰}$. Значения $\delta^{13}\text{C}$ углекислого газа менее -30‰ или более -7‰ означают использование CO_2 непищевого экзогенного происхождения.

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, колонка $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$, показывает, что все образцы игристых вин контролируемого наименования по происхождению (DOC и DOCG) имеют значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ менее -22‰ , что свидетельствует о том, что углекислый газ образовался из сахара растений группы C3. Образцы вина, имеющие $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$, от $-15,0$ до $-19,6\text{‰}$, содержат углекислый газ, образованный из остаточного виноградного и добавленного тростникового сахара. В образце вина CAVA DIORO BACO (Испания) установлено несоответствие между данными $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ ($-10,04\text{‰}$), $\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$ ($-25,8\text{‰}$) и $\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$ ($-25,86\text{‰}$), возможно вино содержит углекислый газ, образованный из сахара растений C4 типа.

Таблица 1. Изотопный состав игристых вин различных изготовителей
Table 1. Isotopic composition of sparkling wines from various manufacturers

№	Наименование образцов игристых вин	Значения δ в ‰ относительно стандартов VPDB и SMOW					
		$\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$	$\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$
1	CHAMPAGNE G.H. MUMM, белое, полусухое, AOC	-17,17	-22,98	-28,16	-7,19	2,64	-2,62
2	CHAMPAGNE G.H. MUMM CORDON ROUGE, розовое, сухое, AOC	-22,84	-22,97	-28,6	-10,3	1,41	-3,62
3	CHAMP ELYSEE, белое, сухое	-26,45	-22,96	-26,37	0,03	6,06	3,58
4	CAVA DIORO BACO, белое, сухое	-25,86	-10,04	-25,8	-12,01	2,2	-0,21
5	BENITO ESCUDERO, белое, полусухое	-27,81	-18,96	-27,25	-12,02	2,4	0,75
6	BENITO ESCUDERO, розовое, полусухое	-27,58	-18,81	-26,55	-12,79	2,0	0,31
7	ELOQUENTE CAVA, белое, сухое	-27,09	-22,94	-27,87	0,58	3,03	-0,5
8	ELOQUENTE CAVA, белое, полусухое	-27,38	-23,16	-28,08	0,75	2,99	-1,06
9	ELOQUENTE CAVA, розовое, сухое	-25,93	-23,52	-26,78	2,83	4,1	-0,86
10	ASTORIA BABY LOUNGE, белое, сухое	-23,86	-18,07	-27,6	-8,77	1,53	-2,23
11	ASTORIA CORDERIA VALDOBBIADENE PROCESSO SUPERIORE, белое, сухое, DOCG	-27,86	-23,64	-28,43	-5,63	1,94	-1,9

Окончание табл. 1

№	Наименование образцов игристых вин	Значения δ в ‰ относительно стандартов VPDB и SMOW					
		$\delta^{13}\text{C}_{\text{общий}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$	$\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$
12	ASTORIA FASHION VICTIM ® CUVEE, белое, сухое	-25,35	-19,03	-26,85	-	-	-0,75
13	ASTORIA FASHION VICTIM © CUVEE, белое, сухое	-22,64	-15,56	-26,53	-4,62	2,48	-1,53
14	ASTORIA GALIE PROCECCO TREVISO, белое, сухое, DOC	-27,46	-22,85	-27,75	-3,6	2,37	-1,51
15	ASTORIA LOUNGE ® CUVEE PREMIONASTRO DARCENTO VALDOBBIADENE, белое, сухое	-25,37	-19,61	-26,52	-3,6	2,12	-1,11
16	ASTORIA LOUNGE CUVEE PROSECCO, сухое, DOC	-23,73	-16,39	-26,42	-3,88	1,57	-1,24
17	ASTORIA FASHION VICTIM ® ROSE, розовое, сухое	-22,2	-15,18	-26,61	-1,46	2,66	-0,9
18	MARTINI ASTI, белое, сладкое, DOCG	-26,2	-23,59	-29,17	-15,1	0,95	-1,99
19	MARTINI, белое, сухое	-26,83	-23,07	-28,91	-16,85	-0,13	-2,83
20	MARTINI PROSECCO, белое, сухое, DOC	-26,27	-22,45	-29,12	-9,14	1,47	-1,75
21	MARTINI ROSE, розовое, полусухое	-25,43	-22,84	-28,64	-1,29	4,01	-0,12
22	CRICOVA, белое, полусладкое	-24,54	-21,61	-27,27	-16,28	3,98	-1,9
23	CRICOVA, белое, полусухое	-25,38	-19,64	-26,84	-17,03	3,91	-1,1
24	CRICOVA, выдержанное, белое, сухое	-26,56	-21,57	-28,38	-19,59	2,85	-1,11

Результаты изотопного состава углерода этанола ($\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$), приведенные в табл. 1, соответствуют диапазону, представленному в [20], исключение составляют образцы вина №№ 4, 18, 20, в которых $\delta^{13}\text{C}$ этанол находится вне данного диапазона, что свидетельствует о возможном образовании этанола из сахаров не виноградного происхождения.

Результаты исследования изотопного состава углерода модельных образцов сахара ($\delta^{13}\text{C}_{\text{сахар}}$), а также продуктов их ферментации ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$), приведены в табл. 2.

Таблица 2. Изотопные составы углерода модельных образцов сахаров и продуктов их ферментации

Table 2. Carbon isotopic compositions of model samples of sugars and products of their fermentation

Модельные образцы	$\delta^{13}\text{C}_{\text{сахар}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$
Сахар С3	-25,72	-20,16	-28,01
Сахар С4	-12,134	-8,87	-14,13
Сахар С3:С4 (1:1)	-18,98	-14,04	-20,88

Изотопный состав кислорода игристого вина $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$.

Игристое вино состоит примерно из 85–89% воды, 11% этанола и около 1–5% других компонентов (сахаров, кислот). Основной вклад в содержание водорода в игристом вине вносит вода (примерно 9,8%) и этанол (1,43%); в содержание кислорода вклад вносят также вода (78%) и этанол (3,83%). На содержание углерода влияние оказывают этанол (5,74%) и растворенные компоненты, сахара и кислоты. Для определения общего баланса по изотопному содержанию разных компонентов необходимо разделение смеси компонентов игристого вина на отдельные составляющие. Однако это не всегда целесообразно и экспериментально доступно. При оценке качества пищевых продуктов полезно использовать изотопные составы общего содержания.

Изотопный состав кислорода воды $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$ игристого вина определяли методом изотопного уравнивания (см. выше). Результаты, полученные по этому методу, приведены в колонке $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$ табл. 3.

Таблица 3. Изотопные составы кислорода и водорода воды, этанола и смесей воды с этанолом
Table 3. Oxygen and hydrogen isotopic compositions of water, ethanol, and mixtures of water with ethanol

№	Модельная смесь	$\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$	$\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$
1	Вода деионизированная	-11,12	-75,37
2	Этанол (96%)-люкс	14,16	-264,8
3	Вода-этанол (9/1)	-10,21	-95,74
4	Вода-этанол (8/2)	-9,38	-110,0
5	Вода-этанол (6/4)	-6,76	-153,66

Эти данные позволяют установить наличие в вине экзогенной воды и оценить, в некоторой степени, географическое происхождение образца. Образцы игристого вина из северных регионов (Франция, провинция Шампань, 49° северной широты) имеют меньшее содержание тяжелого изотопа ^{18}O , чем образцы из южных регионов Италии, Франции и Испании (41–44° северной широты), а также Молдавии (47° северной широты). Значения $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$ были в пределах от -2,83‰ (MARTINI, белое брют) до 3,58‰ (CHAMP CASTEL FRERES ELYSEE, из региона Лангедок-Руссильсон департамента Эро на юге Франции).

В колонке $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ табл. 3 приведены результаты определения изотопного состава кислорода ^{18}O в образцах игристого вина, полученные методом высокотемпературной конверсии. По данному методу определяется суммарное изотопное отношение кислорода путем высокотемпературного разложения всех компонентов игристого вина, в том числе воды, этанола, сахаров, кислот. Результаты определения показали большее содержание изотопа ^{18}O по сравнению с данными, полученные для кислорода по методу изотопного уравнивания, приведенные в колонке $\delta^{18}\text{O}_{\text{вода}}$. Различия составляют от 1,65‰ до 5‰. Различия эти частично можно объяснить влиянием этанола.

Данные анализа модельных смесей, приведенные в табл. 3, подтверждают такой вывод. Так, добавка 10% этанола в воду повышает $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ с -11,12‰ (вода деионизированная) до значения -10,21‰, а добавка 20% этанола дает значение -9,38‰. Зависимость $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ от содержания этанола в воде представлена на рис. 1.

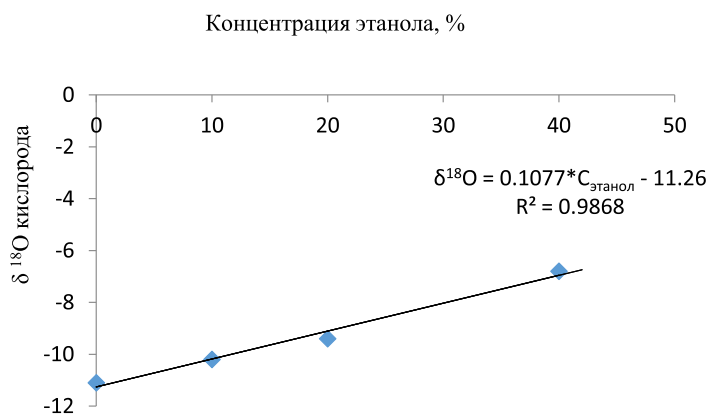


Рис. 1. Зависимость $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ от концентрации этанола в воде
Fig. 1. Dependence of $\delta^{18}\text{O}_{\text{Total}}$ on the concentration of ethanol in water

Изотопный состав водорода игристого вина $\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$ определяли методом высокотемпературного разложения компонентов пробы игристого вина одновременно с определением изотопного содержания кислорода $\delta^{18}\text{O}_{\text{общий}}$ [14]. Результаты определения приведены в столбце $\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$ табл. 1. Из результатов следует, что не существует корреляции изотопного состава водорода с изотопным содержанием кислорода, так как наблюдается противоположная тенденция изменения их относительных составов. Это также объясняется влиянием этанола. Так, добавка 10% этанола к деионизированной воде снижает $\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$ от -75,36‰ до -95,74‰, а добавка 20% соответственно до -110‰ (таблица 3). На рис. 2 представлена графически зависимость общего изотопного состава водорода игристого вина от содержания этанола в воде.

На рис. 3 изображена диаграмма распределения параметров изотопного состава кислорода и водорода игристых вин разных производителей.

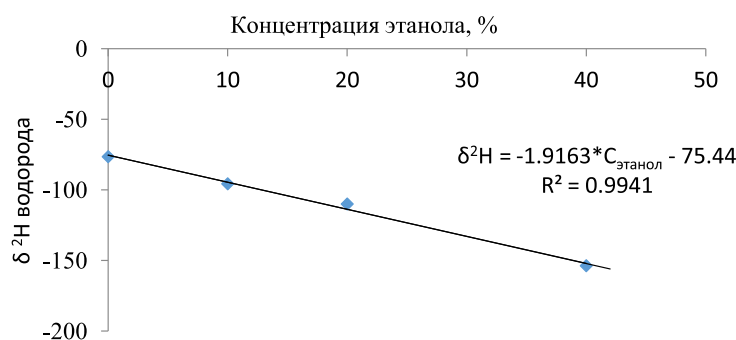


Рис. 2. Зависимость $\delta^2\text{H}$ общий от концентрации этанола в воде
Fig. 2. Dependence of $\delta^2\text{H}$ total on the concentration of ethanol in water

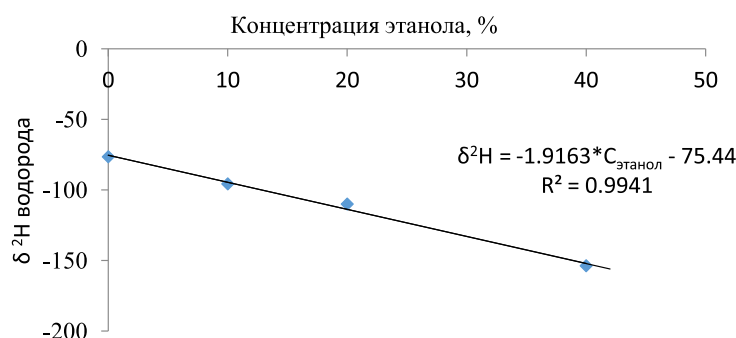


Рис. 3. Диаграмма распределения параметров изотопных составов игристых вин разных производителей
Fig. 3. Distribution diagram of isotopic composition parameters of sparkling wines from different manufacturers

Французское вино, произведенное на юге Франции, отличается от шампанских вин в северного региона. Испанские вина подразделяются на две группы: произведенные из винограда, выращенного в горной провинции Риоха, и вина из винограда, выращенного в провинции Барселона на побережье средиземного моря. Итальянские вина, произведенные в северных регионах страны, характеризуются большим диапазоном значений параметров изотопного состава, зависящим от местности выращивания винограда. Молдавские вина являются наиболее «легкими» по изотопному составу водорода в связи с более северной широтой выращивания винограда, по сравнению с географическими широтами выращивания винограда в Италии, Испании и Франции.

Заключение. Исследования изотопных составов образцов игристых вин показали, что для подлинных игристых вин, особенно это касается вин высших категорий качества, существует определенная взаимосвязь между изотопным содержанием разных компонентов. Изотопный состав конечного продукта (игристого вина) определяет, прежде всего, изотопный состав исходного сырья для его производства — виноградного сока, который зависит от географического положения виноградника и климата. Сформировавшийся изотопный состав компонентов сока характеризуется определенным балансом изотопов углерода, кислорода и водорода. В процессе микробиологической ферментации сока компоненты сахаров превращаются в этанол и углекислый газ, из которых формируется изотопный состав вина.

В соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 32710-2014, вино и сахар виноградного происхождения характеризуется интервалом изотопных отношений углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ от -29 до -26‰. Для большинства образцов игристых вин это соотношение выполняется. Исключение составляют образцы вин, в которые возможно был внесен C_4 -сахар (значение $\delta^{13}\text{C}$ было больше, чем -26‰), а также образцы игристых вин компании MARTINI, у которых этанол имеет значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{этанол}}$ меньшее, чем -29‰.

Используемые методы определения изотопного состава кислорода игристых вин (изотопного уравнивания и высокотемпературной конверсии), не смотря на различия в принципе определения, дали разные, но хорошо коррелирующие результаты. Метод изотопного

уравновешивания определяет только $\delta^{18}\text{O}$ воды, а метод высокотемпературной конверсии определяет суммарный показатель (воды, этанола, сахаров и других компонентов). Установлено, что более высокий показатель содержания тяжелого изотопа кислорода, полученный методом высокотемпературной конверсии, определен вкладом этанола.

Методом высокотемпературной конверсии установлено, что на значение изотопного состава водорода игристых вин $\delta^2\text{H}_{\text{общий}}$ существенное влияние оказывает содержание этанола. В отличие от влияния этанола на показатель кислорода, для водорода наблюдается тенденция уменьшения общего содержания тяжелого изотопа, чем ожидаемое значение для чистой деионизированной воды.

Показано на примере 24 образцов игристых вин из разных географических регионов, что показатели общего изотопного содержания кислорода и водорода игристых вин могут быть использованы на практике для установления происхождения винограда, дифференцирования северных сортов винограда от южных, а также выявления случаев внесения в вино экзогенной воды.

Список использованных источников

1. Контроль подлинности и качества винодельческой продукции. Методические аспекты исследования общих и специфичных показателей винограда Крыма / Н.С. Аникина [и др.] // Контроль качества продукции. — 2018. — №2. — С. 51–58.
2. Оганесянц, Л. А. Фальсификаты винодельческой продукции: методы выявления / Л.А. Оганесянц // Контроль качества продукции. — 2017. — №7. — С. 8–11.
3. Сравнительный анализ красного сухого вина методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и атомно-эмиссионной спектроскопии / А. Захарова [и др.] // Аналитика. — 2017. — №2 (33). — С. 86–96. DOI: 10.22184/2227-572X.2017.33.2.86.96.
4. Методология идентификации подлинности вин / Н.С. Аникина [и др.]; под ред. Н.С. Аникиной. — Симферополь: Диайпи, 2017. — 152 с.
5. Установление сортовой и региональной принадлежности белых вин с использованием нейросетевых технологий / А. А. Халафян, З. А. Темердашев, А. А. Каунова [и др.] // Журнал аналитической химии. — 2019. — Том 74, №6. — С. 464–471. DOI: 10.1134/S0044450219060057.
6. Семипятный, В. К. Идентификация виноматериалов с защищенным наименованием места происхождения с применением кластерного анализа / В. К. Семипятный, С. А. Хуршудян, А. Г. Галстян // Вопросы питания. — 2020. — Т. 89, №5. — С. 119–126. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10072.
7. Перспективные расы дрожжей для молодых игристых вин с мускатным ароматом / И. П. Лутков [и др.] // Техника и технология пищевых производств. — 2021. — Т. 51, №2. — С. 312–322. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-312-322>.
8. Жеди, А. О технологии приготовления экспедиционных ликеров. Точка зрения французского энолога. / А. Жеди // Индустрия напитков. — 2014. — №2. — С. 32–36.
9. Pepi, S. Geochemical fingerprints of «Prosecco» wine based on major and trace elements / S. Pepi, C. Vaccaro // Environmental Geochemistry and Health. — 2018. — Vol. 40. — P. 833–847. DOI:10.1007/s10653/017/0029/0.
10. Использование современных инструментальных методов анализа с целью установления географического места происхождения винодельческой продукции / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пиво и напитки. — 2019. — №4. — С. 59–64. DOI: 10.24411/2072-9650-2019-10002.
11. Панасюк, А. Л. Исследование изотопных характеристик кислорода водной компоненты винодельческой продукции / А.Л. Панасюк, Л.А. Оганесянц, Е.И. Кузьмина // Виноделие и виноградарство. — 2016. — №6. — С. 4–6.
12. Вариации отношений изотопов углерода этанола вин в зависимости от географического положения виноградников / Л.А. Оганесянц [и др.] // Магарач. Виноделие и виноградарство. — 2017. — №4. — С. 38–40.
13. Elemental profile and oxygen isotope ratio ($\delta^{18}\text{O}$) for verifying the geographical origin of Chinese wines / S. Fan, Q. Zhong, H. Gao, [et al.] // Journal of Food and Drug Analysis. — 2018. — Vol. 26, Iss. 3. — P. 1033–1044.
14. A.W. Hilkert, H. Avak. Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany. ^{18}O -Equilibration on Water, Fruit Juice and Wine Using Thermo Scientific GasBench II. Application note 30048.
15. O. Kracht, A. Hilkert, T. Racz-Fazakas. EA-IRMS: ^{13}C and Simultaneous ^{18}O and ^2H Isotope Analysis in Ethanol with Thermo Scientific Delta V Isotope Ratio Mass Spectrometers. Application note 30147.

16. *Иванищев, В. В.* Эволюционные аспекты с4-фотосинтеза / В.В. Иванищев // Известия ТулГУ. Естественные науки. — 2017. — Вып. 3 — С. 64–77.
17. Масс-спектрометрия GC-IRMS/SIRA стабильных изотопов углерода в летучих органических соединениях / А. Колеснов [и др.] // Аналитика. — 2018. — № 3 (40). — С.264–272.
18. Cabanero, A. I., San-Hipolito, M. Ruperez. Rapid Commun. MassSpectrom. 21, 3323–3328 (2007).
19. *Колеснов, А. Ю.* Хромато-масс-спектрометрия стабильных изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в винограде и винодельческой продукции Крыма / А. Ю. Колеснов, Н. К. Агафонова, М. А. Зенина. // Аналитика. — 2016. — №3 (28). — С.72–82.
20. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Идентификация. Метод определения отношения изотопов спиртов и сахаров в винах и сусле : ГОСТ 32710-2014. — Введ. 01.01.2015. — М.: Стандартиформ, 2015. — 11с.

Информация об авторах

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

Росляков Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техники и технологии хлебопродуктов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ул. Московская, 2, 350072, г. Краснодар, Российская Федерация).

E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Лобанов Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой биоорганической химии и технической микробиологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» (Платановый бульвар, 8, 350089, г. Краснодар, Российская Федерация).

E-mail: lobanov@kubstu.ru

Рослик Валентина Лолиевна, заведующий лабораторией хроматографических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: valentina.roslik@mail.ru

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

Information about the authors

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, 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

Roslyakov Yuriy Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology and Bread Products of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Technological University” (2 Moscow str., 350072, Krasnodar, Russian Federation).

E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Lobanov Vladimir Grigorievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Bioorganic Chemistry and Technical Microbiology, “Kuban State Technological University” (8 Platanovy Boulevard, 350089, Krasnodar, Russian Federation).

E-mail: lobanov@kubstu.ru

Roslik Valentina Lolievna, Head of the Laboratory for Chromatographic Research, Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety, RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).

E-mail: valentina.roslik@mail.ru

Yadevich Vitaly Stanislavovich, Junior Researcher, Laboratory for Chromatographic Research, Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety, RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).