

Включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований

Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь  
от 2 февраля 2011 г. № 26



ISSN 2073-4794

**Том 18**

**№1(67)**

**2025**

**РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

# **ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ**

**Основан в 2008 году**

**Выходит 4 раза в год**

**Адрес редакции:**

ул. Козлова, 29, г. Минск,  
220037, Республика Беларусь

Тел./факс: (375-17) 252-55-70,  
395-39-71, 361-11-41 (редактор)

e-mail: [aspirant@belproduct.com](mailto: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 14.03.2025.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonC. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 134.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

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

**Учредитель**

Республиканское унитарное предприятие

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

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

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

**Подписные индексы:**

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственных подписчиков 012412



# FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 18, №1(67) 2025

## Founder:

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

## Editor-in-Chief:

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

## Editorial council:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



ISSN 2073-4794

**Vol. 18**  
**№1(67)**  
**2025**

**PEER-REVIEWED SCIENTIFIC  
AND TECHNICAL JOURNAL**

# **FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES**

**The Journal was founded in 2008**

**Issued four times a year**

**Address of the Editorial Office:**  
29, Kozlova str., Minsk  
220037, Republic of Belarus  
**Tel./Fax:** +375-17-252-55-70,  
+375-17-395-39-71, +375-17-361-11-41  
(editor)  
**E-mail** aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"  
It is sent of the press 14.03.2025  
Format 60x84/8. Offset paper.  
NewtonC type. Offset printing.  
Printed pages 11,16.  
Publisher's signatures 12,80.  
Circulation 100 copies. Order 134.  
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

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Никулина О. К.</b> Научное сопровождение развития сахарной отрасли Республики Беларусь .....                                                                                | 6  |
| <b>Оганезов И. А., Ловкис Л. К., Буга А. В.</b> Оценка современного состояния и развития отечественного и зарубежного рынков сахара и производства сахарной свеклы .....       | 17 |
| <b>Комарова Н. В., Журня А. А., Окулова Т. В., Лаптенюк Н. С., Севастей Л. И.</b> Инновационные подходы к созданию хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом ..... | 27 |
| <b>Самуйленко Т. Д., Акулич А. В.</b> Влияние Компонентного состава мучного сырья для заварного хлеба на реологические свойства теста.....                                     | 34 |
| <b>Гнедов А. А.</b> Содержание полиненасыщенных жирных кислот омега 3 и омега 6 в мясе северных рыб .....                                                                      | 44 |
| <b>Почицкая И. М.</b> Исследование химического состава семян, используемых в технологии производства продуктов здорового питания.....                                          | 52 |
| <b>Почицкая И. М.</b> Анализ химического состава крупы киноа .....                                                                                                             | 58 |
| <b>Ловкис З. В.</b> К расчету закрытого гидротранспорта полуфабрикатов и продуктов .....                                                                                       | 65 |
| <b>Ловкис З. В., Корзан С. И., Рябова К. С.</b> Исследование динамики миграции минерального состава между салом соленным и упаковочными материалами.....                       | 70 |
| <b>Куликов А. В.</b> Исследование процесса разделения крахмальных суспензий на основе изменения их реологических свойств .....                                                 | 77 |
| <b>Гмырак О. А., Кособуко Е. Н.</b> Применение спектрофотометрического метода анализа для определения фосфатов в комплексных пищевых добавках .....                            | 82 |
| <b>Почицкая И. М., Чекун О. В.</b> Разработка продуктов на основе бобовых культур с использованием элементов профильного анализа .....                                         | 89 |



## CONTENTS

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Nikulina O. K.</b> Scientific support for the development of the sugar industry of the Republic of Belarus.....                                                           | 6  |
| <b>Oganezov I. A., Lovkis L. K., Buga A. V.</b> Assessment of the current state and development domestic and foreign sugar markets and sugar beet production .....           | 17 |
| <b>Komarova N. V., Zhurnia H. A., Akulava T. V., Lapsenak N. S., Sevastsei L.I.</b> Innovative approaches to the creation of bakery products with a low glycemic index ..... | 27 |
| <b>Samuylenko T. D., Akulich A. V.</b> Influence Of component composition of flour raw materials for custard bread on rheological properties of dough.....                   | 34 |
| <b>Gnedov A. A.</b> Content of polyunsaturated fatty acids omega 3 and omega 6 in the meat of northern fish.....                                                             | 44 |
| <b>Pochitskaya I. M.</b> Research of the chemical composition of seeds used in the production technology of healthy food products.....                                       | 52 |
| <b>Pochitskaya I. M.</b> Analysis of the chemical composition of quinoa cereals.....                                                                                         | 58 |
| <b>Lovkis Z. V.</b> To the calculation of closed hydrotransport of semi-finished products and products.....                                                                  | 65 |
| <b>Lovkis Z. V., Korzan S. I., Ryabova K. S.</b> Study of the dynamics of migration of mineral composition between salted lard and packaging materials.....                  | 70 |
| <b>Kulikou A. V.</b> Study of the separation process of starch suspensions based on changes in their rheological properties.....                                             | 77 |
| <b>Gmyrak O. A., Kosobuko E. N.</b> Application of spectrophotometric analysis method for determining phosphates in complex food additives .....                             | 82 |
| <b>Pochitskaya I. M., Chekun O. V.</b> Development of products based on leguminous crops using elements of profile analysis.....                                             | 89 |

УДК 664.1

Поступила в редакцию 30.01.2025  
Received 30.01.2025**О. К. Никулина***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ ОТРАСЛИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Аннотация.** Анализ развития сахарной отрасли показал, что повышение эффективности работы предприятий возможно как за счет развития техники, так и за счет совершенствования технологии. Однако даже при достижении предприятием максимально возможной производительности и применении, казалось бы, совершенных технологических схем, всегда есть процессы или операции, которые необходимо усовершенствовать, поэтому научное сопровождение является неотделимой частью отрасли и способствует ее развитию.

Оптимизацию сахарного производства можно рассматривать по двум основным направлениям: совершенствование применяемых технологических процессов, что позволяет снизить потери сахара в производстве и при хранении сахарной свеклы, и внедрение новых технологий и процессов.

В статье представлен анализ производственных показателей по отрасли, а также результаты теоретических и практических исследований, внедренные в производственную практику сахарных предприятий Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** сахарная отрасль, производство сахара, технологический процесс, сахарная свекла, производственная мощность, научное сопровождение.

**O. K. Nikulina***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***SCIENTIFIC SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF THE SUGAR  
INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

**Abstract.** An analysis of the sugar industry development showed that increasing the efficiency of enterprises is possible either with development and improvement of the technology. Even when the enterprise achieves the highest possible efficiency and apply advanced technological schemes processes always require optimization. Therefore scientific support is an inseparable part of the industry that contributes to its development.

Optimization of sugar production can be considered in two main areas: improvement of the applied technological processes, which allows reducing sugar losses in the production and storage of sugar beets, and the introduction of new technologies and processes.

The article presents an analysis of production indicators for the industry, as well as the results of theoretical and practical research introduced into the production practice of sugar enterprises in the Republic of Belarus.

**Keywords:** sugar industry, sugar production, technological process, sugar beets, production capacity, scientific support.

**Введение.** Сахарная отрасль Республики Беларусь представлена четырьмя предприятиями: Скидельский сахарный комбинат, Городейский сахарный комбинат, Жабинковский сахарный завод и Слуцкий сахарорафинадный комбинат.

15 марта 1951 г. был принят в эксплуатацию первый белорусский сахарный завод (Скидельский сахарный комбинат), в производственный сезон был получен первый белорусский сахар в количестве 2445,9 т при плане 5,0 тыс. т. В 1954 г. завод освоил проектную мощность, а в 1993 г. на комбинате, по завершении реконструкции, мощность увеличена до 3 тыс. т.

переработки свеклы в сутки (до 500 т. сахара в сутки). После более целенаправленной реконструкции в сезон переработки 2004 г. завод перерабатывал около 5 тыс. т. свеклы в сутки. Сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод закончил со среднесуточной производительностью 4,61 тыс. т., сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 7,90 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

Второй в республике сахарный завод — Городейский сахарный комбинат — произвел свой первый сахар 26 декабря 1959 г. с освоением первоначальной проектной мощности 1500 т. переработки свеклы в сутки, а в 1975 году набрал проектную мощность 2000–2200 т. переработки сахарной свеклы в сутки. В результате проведенной в 2000 году реконструкции отдельных участков завода мощность была доведена до 4 000 т. переработки сахарной свеклы в сутки. В 2002 году проведена широкомасштабная модернизация производства. Сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод закончил со среднесуточной производительностью 7,05 тыс. т., сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 9,51 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

В 1963 году начал работу Жабинковский сахарный завод с проектной мощностью 3 тыс. т. переработки свеклы в сутки, которой он достиг за 5 лет. В результате постоянного проведения реконструкции и усовершенствования технологических процессов в сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод достиг среднесуточной производительности 6,45 тыс. т., в сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 9,80 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

Пуск самого «нового» сахарного завода Беларуси — Слуцкого сахарорафинадного комбината с проектной мощностью 3 тыс. т. переработки свеклы в сутки состоялся в декабре 1965 года. Проектную мощность он набирал 7 лет, но в результате проведенных модернизаций и реконструкций оборудования на 1 января 2023 году он имел самую большую производственную мощность (10 тыс. т. в сутки). Сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод закончил со среднесуточной производительностью 6,77 тыс. т., сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 11,99 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

В 2001 году перед производителями сахарной свеклы и сахарными заводами была поставлена задача полностью обеспечить страну сахаром из отечественного сырья — сахарной свеклы. Для этого было необходимо увеличить объемы производства сырья и нарастить производственные мощности заводов. За период 2001–2004 г.г. прирост общей производственной мощности по переработке сахарной свеклы составил 8,7 тыс. т. в сутки, производство сахара увеличилось со 180,3 тыс. т. в 2001 г. до 299 тыс. т. в 2004 г. [3]

Развитие сахарных организаций Республики Беларусь с 2005 года осуществлялось в соответствии с Программой развития сахарной промышленности на 2005–2010 г.г., реализация которой позволила обеспечить прирост производственной мощности до 28 тыс. т в сутки на 01.01.2011 г. Начиная с 2005 года потребность страны в белом сахаре (350–360 тыс. т. в год), вырабатываемом из сахарной свеклы, удовлетворяется полностью [3].

В ходе реализации трех Государственных программ развития сахарной промышленности Республики Беларусь (на 2003–2004 гг., 2005–2010 гг. и 2011–2015 гг.), а также Государственной программы развития аграрного бизнеса на 2016–2020 гг., проведены широкомасштабная модернизация и реконструкция производства сахарных комбинатов. Произошло существенное наращивание производственных мощностей, кардинально изменился производственно-технологический облик по всем технологическим стадиям производства и хранения белого сахара, а также по приемке свекловичного сырья.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Вместе с тем происходило постоянное наращивание производственных мощностей сахарных предприятий с 23,8 тыс. т. переработки сахарной свеклы в сутки в 2006 году, до 38,2 тыс. т. переработки сахарной свеклы в сутки на 1 января 2022 года [3].

Динамика прироста производственных мощностей сахарных предприятий Республики Беларусь, а также сахарной отрасли Российской Федерации как наиболее мощной в ЕАЭС и влияющей на развитие белорусской сахарной отрасли, в период с 1995 г. по 2023 г. представлена на рис. 1 [2–5].

Из рис. 1 видно, что за весь анализируемый период в сахарной отрасли Республики Беларусь идет плавное наращивание производственных мощностей (с 10,2 до 37,0 тыс. т. переработки сахарной свеклы в сутки). В данный период такими же темпами, хоть и другими объемами, наращивались производственные мощности сахарной отрасли Российской Федерации.

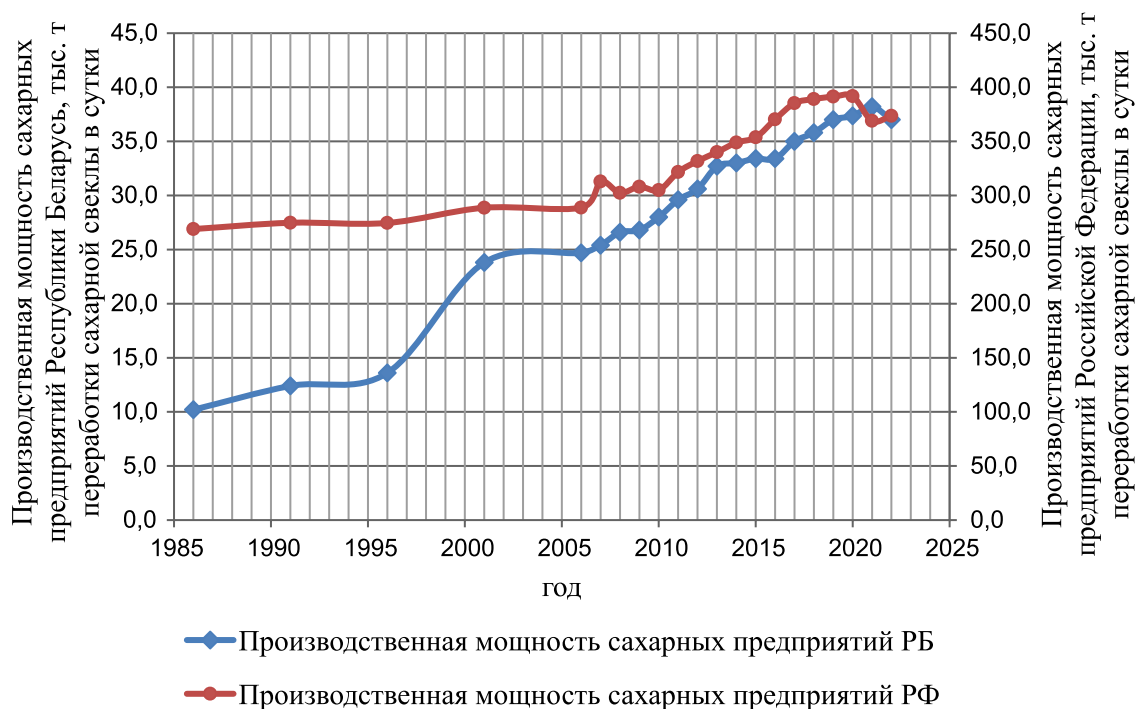


Рис. 1. Динамика прироста производственных мощностей сахарных предприятий  
Fig. 1. Dynamics of growth in production capacity of sugar enterprises

Из рис. 1 также видно, что с 2017 г. в Российской Федерации и с 2019 г. в Республике Беларусь наращивание производственных мощностей сахарных предприятий прекращается. Для оценки зависимости объема производства сахара от производственной мощности сахарных предприятий приведен график, представленный на рис. 2 [2–5].

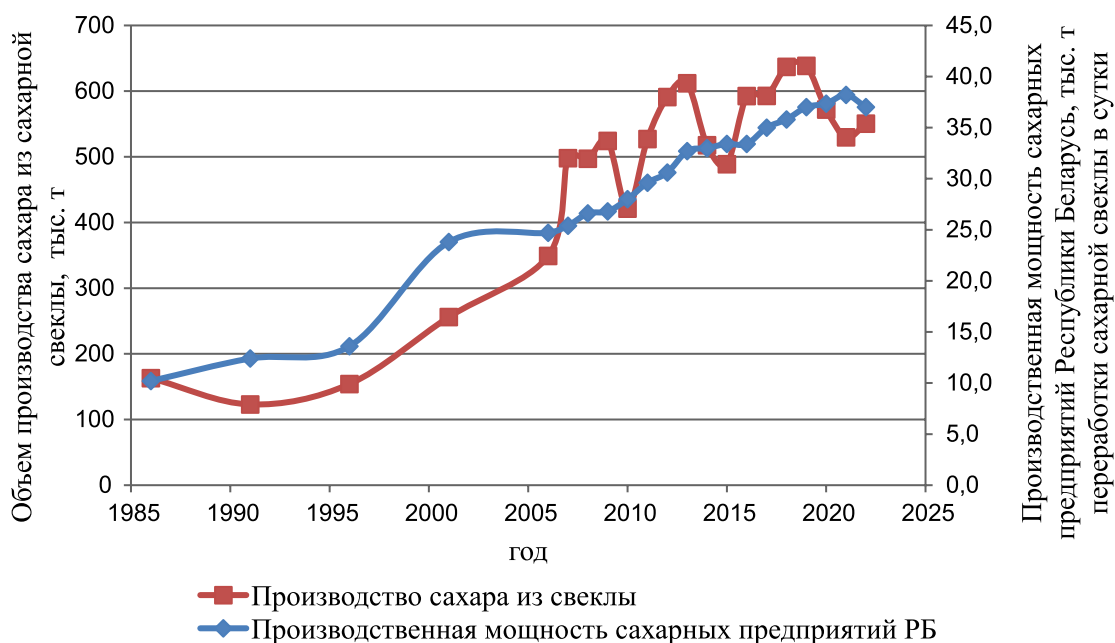


Рис. 2. Объем производства сахара в зависимости от производственных мощностей сахарных предприятий  
Fig. 2. Volume of sugar production depending on the production capacity of sugar enterprises

Из графика на рис. 2 видна общая тенденция увеличения объема производства сахара при росте производственных мощностей сахарных предприятий, однако также четко видно на-

личие других влияющих факторов. Построенная по приведенным данным корреляционная зависимость будет иметь вид  $y = 17,95x - 48,5$  с коэффициентом детерминации  $RI = 0,835$ .

При этом корреляционная зависимость между объемами заготовки сахарной свеклы и производством сахара будет иметь вид  $y = 6,9x + 321,4$  с коэффициентом детерминации  $RI = 0,92$ . Однако объемы заготовки сахарной свеклы всегда будут сильно ограничены обеспеченностью площадями для ее посева.

Кроме наличия плодородных земель под сахарную свеклу и соблюдения технологии ее возделывания, существует проблема правильной приемки, оценки качества и обеспечения сохранности заготовленного сырья. Исходя из анализа многолетних статистических данных [2–5], разрыв между объемом заготовленной и переработанной свеклы составляет от 0,4% к объему заготовки (в 2020 г.) до 17,2% (в аномальном 2006 г.), но учитывая, что объем переработки рассчитывается за календарный год, в среднем за анализируемый период (с 1990 по 2022 гг.) эта разница составит 4%. При среднеарифметическом показателе сахаристости свеклы 16,5% к массе свеклы и заготовке сырья в количестве 4 млн. т. расчетные потери сахара с сырьем составляют 26,4 тыс. т. сахара (за период 2018–2022 гг. разница составила 1,23% или 8,1 тыс. т. сахара).

Из приведенных данных очевидно, что объем производства сахара можно увеличить без дополнительных площадей под посадку сахарной свеклы, оптимизировав приемку, условия хранения заготовленного сырья и оценку его качества.

В табл. 1 приведены показатели заготовки сахарной свеклы и суммарные мощности сахарных заводов государств-членов ЕАЭС, а также производство и потребление сахара Евразийским экономическим союзом за период с 2015 по 2022 гг. [2,4]. На основании данных таблицы определяется слабая корреляционная зависимость между площадью посева и объемами заготовок сахарной свеклы, что говорит как о большом влиянии на урожай погодных-климатических условий, так и о существующих организационных недостатках заготовки сырья.

Таблица 1. Показатели работы сахарных отраслей и баланс сахара Евразийского экономического союза  
Table 1. Performance indicators of the sugar industries and the sugar balance of the Eurasian Economic Union

| Показатели                                                | Год   |       |       |       |       |       |       |        |
|-----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                                           | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022   |
| Объемы заготовок свеклы, тыс. т.                          | 38510 | 52568 | 53292 | 45021 | 57513 | 36562 | 42617 | 49125  |
| Площадь посева, тыс. га                                   | 1135  | 1231  | 1334  | 1262  | 1269  | 1040  | 1115  | 1142   |
| Мощность сахарных предприятий, тыс. т. в сут.             | 415,6 | 396,6 | 448,6 | 442,4 | 443   | 443,1 | 423,0 | 424,6  |
| Производство сахара, тыс. т.:                             |       |       |       |       |       |       |       |        |
| из сахарной свеклы                                        | 6688  | 7136  | 7791  | 7187  | 8185  | 6545  | 6373  | 7051   |
| из сахара-сырца                                           | 5657  | 6443  | 7327  | 6969  | 8000  | 6419  | 6165  | 6504   |
|                                                           | 1031  | 693   | 464*  | 218** | 185** | 126** | 208** | 547*** |
| Потребление сахара, тыс. т                                | 6426  | 6726  | 6789  | 6793  | 6955  | 6930  | 6813  | 6885   |
| Разница между производством и потреблением сахара, тыс. т | 262   | 410   | 1002  | 394   | 1230  | -385  | -440  | 166    |

\* — РФ не перерабатывает сахар-сырец

\*\* — РФ и РБ не перерабатывает сахар-сырец

\*\*\* — РБ не перерабатывает сахар-сырец

На основании данных табл. 1 можно сделать вывод, что разница между производством и потреблением сахара в ЕАЭС не является стабильной величиной и за 8-летний период характеризуется как профицитом, так и дефицитом сахара в зависимости от года.

Переработка тростникового сахара-сырца, ввозимого по импорту, также увеличивает объем производства белого сахара, однако ввоз данного сырья осуществляется согласно режиму импорта сахара-сырца в государствах-членах ЕАЭС и облагается пошлинами. Как видно из табл. 1, в связи с перепроизводством сахара, прекращается ввоз и переработка тростникового сахара-сырца в 2017 г. в Российской Федерации, а в 2018 г. и в Республике Беларусь [2,4].

Перепроизводство в странах-участниках ЕАЭС сахара существенно влияет на рынок всех стран СНГ, формируя конъюнктуру цен, убыточных для белорусских производителей.

Так как само обеспечения сахаром Республика Беларусь достигла еще в 2005 г., повышение экономической эффективности сахарной отрасли страны обусловлено в первую очередь



ее экспортным потенциалом, что влечет за собой необходимость снижения себестоимости сахара за счет повышения эффективности его получения (удешевления производства).

Наиболее показательной характеристикой эффективности применяемой технологии получения сахара от приемки сырья до получения готовой продукции является разрыв между сахаристостью при приемке сырья и выходом сахара, так как характеризует суммарные потери на всех технологических этапах. Чем меньше разрыв между сахаристостью сырья и количеством готовой продукции, тем эффективнее организованы хранение и переработка сахарной свеклы. На рис. 3 представлена динамика изменения данной характеристики в Республике Беларусь и в Российской Федерации начиная с 1985 года [2-5].

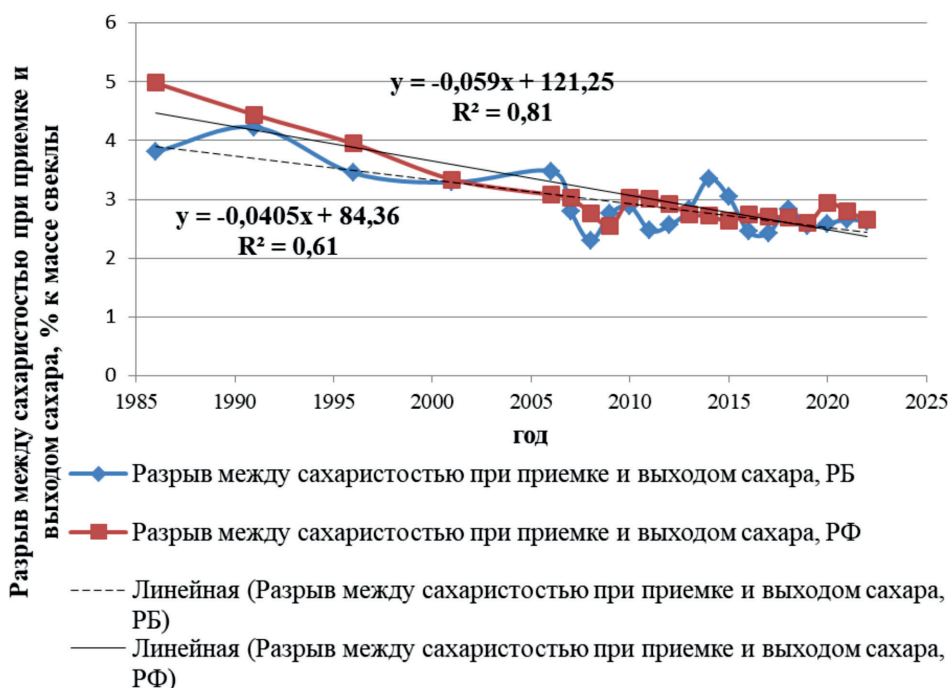


Рис. 3. Динамика изменения показателя «Разрыв между сахаристостью при приемке сырья и выходом сахара» в РФ и РБ за 1985-2023 гг.

Fig.3. Dynamics of changes in the indicator "The gap between the sugar content when receiving raw materials and the yield of sugar" in the Russian Federation and the Republic of Belarus for 1985-2023.

Из рис. 3 видно, что с развитием технологии получения сахара, суммарные его потери от приемки сырья до получения готовой продукции «в мешок» снижаются, и если в Российской Федерации наблюдается достаточно ровное снижение указанного показателя в течение всего исследуемого периода развития отрасли и наращивания производственных мощностей, то для Республики Беларусь наблюдается влияние других факторов, которые, очевидно, требуют анализа и корректировки.

Наиболее активно развитие отрасли происходило, начиная с 2005 года, в это же время появилась необходимость осуществления научного сопровождения сахарной отрасли. С 2006 г. начала свое формирование, а с 2007 г. функционирование, научно-исследовательская лаборатория сахарного производства на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», была начата работа по разработке и актуализации нормативной, научно-технической и методологической баз для сахарной отрасли.

С выходом Республики Беларусь на самообеспечение сахаром и появлением необходимости рассмотрения вопроса его экспорта выяснилось, что достаточно остро стоит проблема гармонизации отечественных ТНПА с международными и европейскими стандартами. Возможность экспорта отечественной продукции представлялась только в том случае, если белорусский сахар сможет конкурировать на одном уровне с продукцией мировых сахаропроизводящих стран, что вызвало необходимость повышения качества белорусского сахара и методов его контроля.

Требования к качеству сахара регламентировались ГОСТ 21-94 Сахар-песок. Технические условия и ГОСТ 22-94 Сахар-рафинад. Технические условия. Проведенный сравнительный анализ ТНПА Республики Беларусь и стандартов национальных Российской Федерации,

Украины, межгосударственных и международных на методы испытания сахара [6] показал, что требования к качеству сахара в Республике Беларусь значительно ниже, чем европейские и международные.

Сахарным заводам приходилось использовать два уровня требований к качеству готовой продукции: первый — отечественные требования (в большинстве случаев); второй — международные требования (при выдвигании продукции на экспорт, поставке сахара потребителям, выставляющим дополнительные или специальные требования). Уровни этих требований имели существенные различия. Гармонизация ТНПА Беларуси с международными требованиями в сахарной отрасли практически означала бы постепенный переход к принятым в мире требованиям к качеству сахара и методам его оценки. При этом технический уровень отечественной промышленности, благодаря повышенным требованиям к качеству готового продукта, предполагалось, что будет возрастать. Ожидалось, что результатом станет высокое качество белого сахара, соответствующее мировым стандартам, расширится экспортный потенциал сахара.

Для осуществления вышеизложенного необходимо было пересмотреть техническое регулирование качества белого сахара с целью его гармонизации с международными стандартами. Также требовали пересмотра ТНПА на сырье и побочную продукцию сахарного производства, а также применяемую в отрасли терминологию.

Научно-исследовательской лабораторией сахарного производства были разработаны национальные стандарты и изменения к ним, а также межгосударственные стандарты:

- ♦ СТБ 2086-2010 Сахар белый. Технические условия;
- ♦ СТБ 1882-2008 Сахар-сырец. Технические условия;
- ♦ СТБ 1893-2008 Свекла сахарная. Технические условия;
- ♦ СТБ 2084-2010 Меласса свекловичная. Технические условия;
- ♦ СТБ 2053-2010 Жом сушеный. Технические условия;
- ♦ СТБ 2388-2014 Производство сахарное. Термины и определения;
- ♦ ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия;
- ♦ ГОСТ 34874-2022 Жом сушеный. Технические условия;
- ♦ ГОСТ 12575-2024 Сахар. Методы определения редуцирующих веществ;
- ♦ ГОСТ 12570-2024 Сахар. Методы определения влаги и сухих веществ.

Разработанные национальные и межгосударственные стандарты на сырье и продукцию сахарного производства, гармонизированные с Европейскими, мировыми стандартами и стандартами Российской Федерации позволяют соблюдать надлежащее качество сахарной продукции и сырья.

С целью обеспечения надлежащего хранения выращенной и убранной сахарной свеклы был разработан и внедрен в сырьевых службах сахарных заводов технологический регламент «Приемка и хранение сахарной свеклы» [7]. В регламенте нашли отражение отраслевые рекомендации и методические указания по организации уборки, вывозки, приемки и хранения сахарной свеклы. В соответствии с регламентом [7] научно-исследовательской лабораторией сахарного производства производилось предуборочное обследование плантаций сахарной свеклы с оценкой технологического качества урожая (бюллетени технологического качества сахарной свеклы) текущего года, в который осуществлялись работы, с подготовкой рекомендаций по оптимизации переработки такого сырья.

С целью нормирования и минимизации технологических потерь массы свеклы и сахарозы в технологическом потоке от приемки свеклы до получения готовой продукции, содержания сахара в мелассе, были разработаны предельно допустимые величины технологических потерь и инструкция по расчету нормативов технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы [8], предназначенные для использования работниками сахарных предприятий.

Были проведены исследования хранения сахарной свеклы на при заводских свеклопунктах с использованием биологически активных веществ, укрывочных материалов [9-11], с разработкой технического регламента по их применению [12].

Оснащение сырьевых лабораторий сахарных предприятий аналитическими системами «Бетализер» расширило возможности предприятий для комплексной оценки и прогнозирования качества сырья. Наличие системы дало возможность определять кроме традиционной сахаристости, такие показатели как содержание калия и натрия (сильных мелассообразователей), а также  $\alpha$ -аминного азота, которые влияют на сохранность и переработку сахарной свеклы, выход готовой продукции. По полученным показателям компьютерная программа рассчитывает коэффициент щелочности, содержание сахара в мелассе, выход сахара и коэффициент извлечения сахарозы, что позволяет быстро и адекватно дать оценку технологического качества сырья при его приемке.



При этом в расчетах использованы Брауншвейгские формулы [13–15], применяемые в Европе и рассчитанные для европейского сырья. Использование для переработки на сахар в Республике Беларусь гибридов иностранной селекции в какой-то степени обосновывает применимость данных формул для оценки отечественного сырья в период его приемки, но переработка сахарной свеклы в Республике Беларусь предполагает длительное хранение большого количества сырья с потерей технологического качества и необходимостью учета этого фактора при прогнозе производственных показателей. Для оценки качества сахарной свеклы в период ее вегетации, при приемке и после хранения научно-исследовательской лабораторией сахарного производства были адаптированы методики ВНИИСПа [16, 17].

С экономической и технологической точек зрения корнеплоды сахарной свеклы целесообразно не хранить, а перерабатывать «с колес», потому что даже их краткосрочное хранение приводит к резкому снижению технологических качеств свеклы, а, следовательно, и к снижению выхода сахара. Вывод сиропа на хранение с целью переработки его в межсезонный период является одним из направлений повышения эффективности сахарного производства при большом количестве заготовленной сахарной свеклы.

Выполненные исследования по хранению сиропа в погодно-климатических условиях Республики Беларусь [18,19,20] показали, что сироп способен к длительному хранению в климатических условиях Беларуси с минимальными изменениями технологических показателей. По результатам исследований разработана ресурсосберегающая технология переработки сахарной свеклы с выводом сиропа на промежуточное хранение и его последующей переработки на сахар в межсезонный период.

В период модернизации на трех предприятиях Республики Беларусь была произведена замена привычных наклонных диффузионных аппаратов на новые для Беларуси колонные диффузионные установки.

С целью оценки эффективности работы диффузионных аппаратов колонного типа и оптимизации диффузионного процесса сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены научно-исследовательские работы на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» [21], разработана и внедрена усовершенствованная технология получения сахара путем оптимизации процесса диффузии и снижения содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе.

Впервые в Республике Беларусь установлены и научно обоснованы оптимальные технологические параметры ведения процесса диффузии в аппаратах колонного типа для сырья различного технологического качества: установлен оптимальный температурный и pH-режим, откорректированы требования к качественным показателям питательной воды, продолжительность пребывания стружки в диффузионном аппарате и степень обессахаривания стружки [21]. Разработаны рекомендации по снижению содержания солей кальция в полупродуктах сахарного производства. Разработанная технология обеспечивает достижение эффекта очистки на диффузии до 16% и выше, уменьшение содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе в 3 раза по сравнению с ранее существующей технологией. Разработанная технология позволяет снизить расход вспомогательных материалов, снизить потери сахара в производстве до 0,4% к массе свеклы, увеличить выход кристаллического сахара, улучшить качественные показатели готового продукта.

В производственных условиях ОАО «Скидельский сахарный комбинат» были отработаны технологические режимы процессов диффузии и сокоочистки и проведена апробация усовершенствованной технологии получения сахара с выработкой опытных партий сахара общим количеством 128,8 тонн.

Основным способом очистки диффузионного сока является очистка при помощи извести и углекислоты, однако она представлена множеством различных вариантов, применяемых в зависимости от огромного числа факторов и поэтому часто противоречащих друг другу [22]. Применение тех или иных технологических приемов в каждом конкретном случае может стать сложным выбором, а ошибка иметь неприятные последствия.

Для минимизации ошибок в выборе применяемых технологических приемов были проведены исследования по усовершенствованию технологии переработки сахарной свеклы на основании анализа поликомпонентных систем диффузионного сока и подбора эффективных технологических приемов производства сахара [23], разработан отраслевой технологический регламент на ведение процесса сокоочистки [24].

В разработанном регламенте описаны эффективные технологические приемы, подобранные на основании анализа поликомпонентных систем, образующихся в процессе очистки диффузионного сока, с обоснованием их применения для конкретной ситуации. В регламенте описан выбор параметров ведения процессов, в зависимости от качества полупродук-

тов и их химического состава, уточнены технологические режимы процессов, указана эффективность и риск применения того или иного приема, возможные отклонения в технологическом режиме переработки сахаросодержащего сырья на отдельных участках рассматриваемого отделения сахарного завода и способы их устранения.

В 2018 году в производственных условиях ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат» проведена апробация усовершенствованной технологии переработки сахарной свеклы на основании анализа поликомпонентных систем диффузионного сока и подбора эффективных технологических приемов производства сахара.

Кроме того предложен совершенно новый способ очистки диффузионного сока, основанный на применении электромембранных технологий [9,20,25].

Кристаллизация — последний и наиболее важный этап в технологии получения товарного сахара. Цель каждого технолога — получить как можно больше кристаллического сахара высокого качества с наименьшими затратами.

Научно-исследовательской лабораторией сахарного производства проводились научные исследования [26,27], на основании которых разработаны усовершенствованная технология уваривания утфеля I продукта с целью повышения выхода кристаллического сахара и улучшения кристаллоструктуры белого сахара и усовершенствованная технология уваривания утфелей II и III кристаллизации на основании анализа качества сырья.

Разработана и апробирована в промышленных условиях усовершенствованная технология автоматической варки утфеля I кристаллизации. Методы, предложенные для усовершенствования технологии, являются новыми в республике. Данная разработка обеспечивает высокое качество белого сахара, исключает подачу воды на раскочку утфеля, тем самым способствует снижению расхода топлива на производство сахара (на 0,1%), снижает уровень неучтенных потерь сахарозы и содержание сахара в мелассе (на 0,03%) и повышает выход сахара.

Выполнение требований разработанной усовершенствованной технологии по увариванию и центрифугированию утфеля I кристаллизации позволяет:

- ♦ повысить эффект кристаллизации на I стадии — получить в сваренном утфеле 54 — 56% кристаллов;
- ♦ в результате подготовки утфеля к центрифугированию сохранить это количество кристаллов с целью получения выхода кристаллического сахара после центрифугирования в количестве 49 — 51 % к массе сваренного утфеля против 44 — 49%;
- ♦ улучшить кристаллоструктуру белого сахара;
- ♦ повысить производительность варочно-кристаллизационного отделения примерно на 2%;
- ♦ снизить расходование топлива на производство сахара на 0,1%;
- ♦ снизить уровень неучтенных потерь сахарозы и содержание сахара в мелассе (потери) на 0,03% к массе свеклы.

Также подобраны оптимальные технологические параметры варки утфелей II и III кристаллизаций, которые обеспечивают:

- ♦ повышение выхода сахара на 0,35% из 1 тонны сырья,
- ♦ снижение содержания сахара в мелассе на 0,02% к массе свеклы,
- ♦ повышение коэффициента извлечения сахара из сырья на 1,6%.

В результате выполнения и апробации исследований разработан и утвержден Отраслевой технологический регламент на процесс уваривания утфелей II и III кристаллизации [28], выпущена опытная партия сахара.

В декабре 2017 года на ОАО «Городейский сахарный комбинат» был создан цех для дополнительной очистки густых сахаросодержащих растворов, включающей в себя реагентную и безреагентную стадии обработки. В качестве исходного сырья для дополнительной очистки использовали разбавленные до 40–45% СВ кристаллизационные оттеки (в т.ч. мелассу). Применяемые на первой стадии реагенты имели сложный композиционный состав и оказывали комбинированное воздействие на рабочий раствор. После отстаивания (или центрифугирования), контрольной фильтрации и охлаждения раствор направляли на стадию безреагентной (электромембранной) очистки [29]. Авторами [29] приводится, что в результате данной комплексной обработки чистота очищенного раствора повышалась на 10–20%, а коэффициент извлечения сахара из каждой перерабатываемой тонны мелассы составлял 350–400 кг.

Однако эффективность данной технологии была подвергнута сомнению из-за высокой стоимости реагентов, возник вопрос о целесообразности их применения и о необходимости проведения исследований применимости электромембранных технологий для очистки полупродуктов сахарного производства.

Научно-исследовательской лабораторией сахарного производства в рамках отраслевой научно-технической программы ОНТП «Пищевые технологии» на 2021–2025 годы были проведены научные исследования [9, 20, 30–36] по усовершенствованию технологии получения белого сахара с использованием электродиализа для деминерализации полупродуктов сахарного производства [30] и усовершенствованию технологии переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов [31]. Результаты исследований успешно внедрены в производственную практику.

Известно, что технико-экономические показатели работы сахарной отрасли определяются в первую очередь выходом сахара, поэтому переработка сырья с максимальным выходом готовой продукции и минимальными потерями является главным резервом снижения себестоимости продукции. Максимальный выход сахара высокого качества и низкие потери могут быть достигнуты только при правильном химико-техническом контроле производства [37].

Применяемая в производственных лабораториях «Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства» выпущена еще в 1983 году и с тех пор не переиздавалась и не пересматривалась. С целью внедрения в производственный контроль новых методов и подходов контроля в рамках задания 10 «Разработать методологию оптимизации технологических процессов производства сахара из сахарной свеклы, обеспечивающую повышение его выхода и качества» ОНТП «Научное сопровождение перерабатывающих отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь» на 2011–2015 годы были разработаны методики определения эффективности очистки диффузионного сока, эффективности сгущения очищенного сока до сиропа и кристаллизации сахарозы, а также рекомендации по оптимизации технологических режимов производства сахара за счет повышения эффективности очистки диффузионного сока, сгущения очищенного сока до сиропа, кристаллизации сахарозы [22, 38].

Разработанные методики позволяют оперативно получать технологическую информацию о работе станций, вносить предупреждающие корректировки в их работу с целью повышения выхода и качества выпускаемой продукции, снижения расхода топливных ресурсов и вспомогательных материалов.

**Заключение.** На основе теоретических и практических исследований разработаны и внедрены усовершенствованные способы ведения технологических процессов производства сахара: диффузии в аппаратах колонного типа для сырья различного технологического качества, сокоочистки, автоматической варки утфеля I кристаллизации, варки утфелей II и III кристаллизаций.

Разработаны и внедрены методики определения эффективности процессов производства сахара, а также адаптированная к условиям Республики Беларусь методология оценки качества свеклы при приемке и после хранения на основании опытных исследований. Для оценки величины технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы в свеклосахарном производстве были разработаны предельно допустимые величины этих потерь и инструкция по расчету их нормативов.

#### Список использованных источников

1. Красюк, Н. А. Современные технологии производства и использования сахарной свеклы / Н. А. Красюк. — Минск: Амалфея, 2008. — С. 512.
2. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации в 2023 году / ООО «Сахар». — М.: НО Союз сахаропроизводителей России, 2024. — С. 82.
3. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации в 2019 году / ООО «Сахар». — М.: ООО «Подольская периодика», 2010. — С. 80.
4. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации в 2015 году / ООО «Сахар». — М.: ООО «Петровский парк», 2016. — С. 72.
5. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации в 2019 году / ООО «Сахар». — М.: ООО «Петровский парк», 2020. — С. 72.
6. Сравнительный анализ ТНПА Республики Беларусь и стандартов национальных Российской Федерации, Украины, межгосударственных и международных на сахар: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» — Минск, 2007. — С. 30.

7. Технологический регламент: Приемка и хранение сахарной свеклы: утв. «Белгоспищепром» 22.11.07. — Минск: ИВЦ Минфина, 2007. — С. 432.
8. 8. Предельно допустимые величины технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы в свеклосахарном производстве. Инструкция по расчету нормативов технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы в свеклосахарном производстве: утв. «Белгоспищепром» 14.10.08. — Минск, 2008. — С. 114.
9. Никулина, О. К. Технология получения сахара с использованием биологически активных препаратов при хранении свеклы и электромембранной очистки сока: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.05 / О. К. Никулина. — Минск, 2021. — 169 л.
10. Чернявская, Л. И. Хранение корнеплодов сахарной свеклы с использованием химических и биологически активных препаратов / Л. И. Чернявская, О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2012. — № 2(16). — С. 34–40.
11. Никулина, О. К. Влияние обработки биологически активными препаратами на технологические показатели качества корнеплодов при хранении сахарной свеклы / О. К. Никулина, Л. И. Чернявская // ИВ «Пищевая технология». — 2021. — № 4(382). — С. 36–40.
12. Технический регламент по применению химических и биологически активных препаратов, укрывочного рулонного нетканого материала марки СУФ для обработки и укрытия корнеплодов сахарной свеклы: утв. концерном «Белгоспищепром» 09.03.2010 г. — Минск, 2010. — С. 28.
13. Эмерсторфер, Ф. Оценка альтернативного метода прогнозирования технологических качеств сахарной свеклы / Ф. Эмерсторфер, В. Хайн, Г. Бауэр // Сахар и свекла. — 2012. — № 2. — С. 5–13.
14. Чухраев, И. М. Приемка сахарной свеклы с учетом сахаристости и чистоты свекловичного сока: обоснование формулы / И. М. Чухраев // Сахарная свекла. — 2013. — № 7. — С. 2–7.
15. Косиченко, Н. А. Современное исследовательское оборудование и современные методики в сахарном производстве — основа обеспечения точности и оперативности исследований / Н. А. Косиченко // Стратегия повышения эффективности свеклосахарного производства: материалы научно-практического семинара (Городея, 20–22 августа 2008 г.) — Минск: Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, 2008. — С. 100–105.
16. Методика комплексной оценки технологического качества сахарной свеклы в период ее вегетации: утв. «Белгоспищепром» 27.06.07. — Минск, 2007. — С. 12.
17. Методика прогнозирования чистоты нормальной и заводской мелассы, показателей эффективности использования свекловичного сырья: утв. «Белгоспищепром» 27.12.07. — Минск, 2007. — С. 12.
18. 18. Ресурсосберегающая технология переработки сахарной свеклы / Л. И. Чернявская, Н. И. Липская, С. В. Мельничек, О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2010. — № 4(10). — С. 31–36.
19. Определение концентрации антисептика для обработки сиропа при выводе его на длительное хранение / Л. И. Чернявская, Н. И. Липская, С. В. Мельничек, О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2011. — № 1(11). — С. 50–53.
20. Эффективные технологии производства свекловичного сахара / О. К. Никулина [и др.]. — Минск : ИВЦ Минфина, 2023. — С. 304.
21. Усовершенствовать технологию получения сахара путем оптимизации процесса диффузии и снижения содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. А. А. Шепшелев. — Минск, 2019. — С. 215. — № ГР 20171685.
22. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З. В. Ловкис, Т. И. Турбан, Н. Н. Петюшев, О. К. Никулина, Е. И. Трефилова, Р. В. Лукашевич, В. В. Кулаковский; под общ. ред. З. В. Ловкиса. — Минск: Беларус. навука, 2013. — С. 232 — (Настольная книга производственника).
23. Усовершенствовать технологию переработки сахарной свеклы на основании анализа поликомпонентных систем диффузионного сока и подбора эффективных технологических приемов производства сахара: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н. Н. Петюшев. — Минск, 2018. — С. 280 — № ГР 20164293.
24. Отраслевой технологический регламент на ведение процесса сокоочистки: утв. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» 10.12.2018 г. — Минск, 2018. — С. 101.
25. Способ очистки диффузионного сока: пат. 23796 Респ. Беларусь, МПК С 13 В 20/06, С 13 В 20/18 / О. К. Никулина, О. В. Дымар, О. В. Колоскова, М. Р. Яковлева; заявитель Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию — № а20200163; заявл. 10.06.2020; опубл. 30.08.2022 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2022. — № 4(147). — С. 50.
26. Разработать и внедрить усовершенствованную технологию уваривания утфеля I продукта с целью повышения выхода кристаллического сахара и улучшения кристаллоструктуры белого сахара: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н. Н. Петюшев. — Минск, 2011. — С. 360 — № ГР 20115787.



27. Усовершенствовать технологию уваривания утфеля II и III кристаллизации на основании анализа качества сырья: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н. Н. Петюшев. — Минск, 2015. — С. 251– № ГР 20143322.
28. Отраслевой технологический регламент на процесс уваривания утфелей II и III кристаллизации: утв. «Белгоспищепром» 21.12.2015 г. — Минск, 2015. — С. 30.
29. Обессахаривание оттеков кристаллизационного отделения / В. Н. Платонов [и др.] // Сахар. — 2018. — № 7. — С. 32–34.
30. Усовершенствовать технологию получения белого сахара с использованием электродиализа для деминерализации полупродуктов сахарного производства: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. О. К. Никулина. — Минск, 2021. — С. 254– № ГР 20193042.
31. Усовершенствовать технологию переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов: отчет о НИОТР (промежуточный) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. О. К. Никулина. — Минск, 2023. — С. 93 — № ГР 20221596.
32. Способ производства сахара: заявка № а20220069 Респ. Беларусь: МПК С13 В 99/00 (2011.01) / О. К. Никулина, М. Р. Яковлева, О. В. Колоскова, О. В. Дымар; заявл. 24.03.2022.
33. Способ получения сахара и сахаросодержащего продукта с бетаином из мелассы: заявка № а20230353 Респ. Беларусь: МПК С13 В 35/00, С13 В 50/00 (2011.01) / О. К. Никулина, О. В. Колоскова, М. Р. Яковлева, О. В. Дымар, Г. М. Соловей, И. Н. Скачко, Ю. А. Хмелинко; заявл. 28.12.28.
34. Никулина, О. К. Использование электродиализа для повышения эффективности работы сахарных предприятий / О. К. Никулина // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. — 2024. — Т. 62, № 2. — С. 168–176.
35. Разработка способа получения сахара на основании научно-технологических аспектов очистки полупродуктов сахарного производства с использованием электромембранной обработки / О. К. Никулина, М. Р. Яковлева, О. В. Колоскова, О. В. Дымар // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2024. — Том 17. — № 3(65). — С. 17–23.
36. Никулина, О. К. Разработка способа получения сахара с использованием метода электродиализа в целях повышения эффективности работы сахарных предприятий / О. К. Никулина, М. Р. Яковлева, О. В. Колоскова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2024. — Том 17. — № 4(66). — С. 27–34.
37. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства: утв. заместителем министра пищевой промышленности СССР 27.07.1981. — Киев, 1983. — С. 480.
38. Сборник методик определения эффективности процессов в сахарном производстве / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по продовольствию; под ред. Н. Н. Петюшева. — Минск: Науч.-практ. центр по продовольствию, 2014. — С. 128.

#### Информация об авторах

*Никулина Оксана Константиновна*, кандидат технических наук, доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией сахарного производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: sugar@belpoduct.com.

#### Information about authors

*Nikulina Oksana Konstantinovna*, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Research laboratory of sugar production RUE RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sugar@belpoduct.com

УДК 631.15:33

Поступила в редакцию 30.01.2025  
Received 30.01.2025<sup>1</sup>И. А. Оганезов, <sup>1</sup>Л. К. Ловкис, <sup>2</sup>А. В. Буга<sup>1</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*<sup>2</sup>*Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте Российской Федерации,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО РЫНКОВ САХАРА И ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

**Аннотация.** Выполнен анализ основных особенностей развития мирового и отечественного рынков сахара в разрезе основных производителей и складывающейся ценовой конъюнктуры. Исследовано развитие производства сахара и сахарной свеклы в Республике Беларусь в 2019–2023 годах и в России. Дан прогноз по количественной оценке экспорта сахара из Беларуси в Российскую Федерацию в ближайшие годы.

**Ключевые слова:** рынок сахара, тенденции, факторы развития, конъюнктура, экспорт, цены, сахарная свекла, динамика, прогнозы.

<sup>1</sup>I. A. Oganezov, <sup>1</sup>L. K. Lovkis, <sup>2</sup>A. V. Buga<sup>1</sup>*Educational institution “Belarusian State Agrarian Technical University” Minsk,  
Republic of Belarus*<sup>2</sup>*North-Western Institute of Management of the Russian Presidential Academy of National Economy  
and Public Administration, St. Petersburg, Russian Federation*

## **ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT DOMESTIC AND FOREIGN SUGAR MARKETS AND SUGAR BEET PRODUCTION**

**Abstract.** The analysis of the main features of the development of the global and domestic sugar markets in the context of the main producers and the current price environment is carried out. The development of sugar and sugar beet production in the Republic of Belarus in recent years and in Russia has been studied. A forecast is given for the quantitative assessment of sugar exports from Belarus to the Russian Federation in the coming years.

**Keywords:** sugar market, trends, development factors, conjuncture, exports, prices, sugar beet, dynamics, fishing forecasts.

**Введение.** Эффективное функционирование рынка сахара и сахарной свеклы входит в число основных приоритетных целей государственной аграрной политики Республики Беларусь, реализация которой направлена на повышение достигнутого уровня продовольственной безопасности в нашей стране, повышение конкурентоспособности и рост экспорта данной продукции.

Несмотря на достигнутые успехи в производстве сахарной свеклы и сахара, в АПК имеются значительные резервы для повышения эффективности их производства на основе внедрения передовых энерго- и ресурсосберегающих технологий, повышения урожайности сахарной свеклы до уровня ведущих европейских стран и т.д. Поэтому для роста конкурентоспособности свеклосахарного подкомплекса АПК необходимо дальнейшее всестороннее развитие белорусского свеклосахарного рынка, совершенствование основных технологических процессов при производстве сахара и сахарной свеклы.

**Цель исследования** — анализ экономико-статистических материалов и разработка практических рекомендаций для дальнейшего развития экспорта сахара на основные товарные



рынки, эффективности производства сахарной свеклы в ведущих хозяйствах Республики Беларусь и импортозамещения.

В соответствии с указанной целью поставлены следующие основные задачи:

- ♦ провести анализ современного состояния развития производства сахарной свеклы и сахара в ведущих мировых странах-производителях и в Республике Беларусь и выявить основные изменения объемов их производства;

- ♦ обосновать конкретные резервы повышения экономической эффективности производства сахарной свеклы на базе внедрения новых технологий в Республике Беларусь.

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

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

**Результаты исследований и их обсуждение.** По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), объем мирового производства сахара в сезоне с октября 2023 года по сентябрь 2024 года сократился на 3,6 млн тонн по сравнению с предыдущим периодом и составил 175,5 млн тонн [1].

По результатам сезона 2023–2024 годов ожидалось увеличение мирового производства свекловичного сахара до 39 млн тонн (22,22 %), а объем производства тростникового до 136,5 млн тонн (77,78 %) [1–2].

В топ-10 мировых производителей сахара в настоящее время входят Бразилия, Индия, Таиланд, Китайская Народная Республика (КНР), Соединенные Штаты Америки (США), Россия (РФ), Мексика, Франция, Пакистан и Австралия. В этих странах ежегодно производится несколько миллионов тонн сахара-сырца. Климат, качество почвы, производство сахарного тростника в этих странах делают производство сахара рентабельным для потребления и экспорта по всему миру. Объемы производства сахара 10 крупнейших мировых стран-производителей в сезоне 2023–2024 годов приведены на рис.1.

Таким образом, топ-10 мировых производителей сахара производили более 70 % от его мирового объема [3].

По оценкам китайских сахарных ассоциаций, производство сахара в Китае в сезоне 2023–2024 годов составило 9,8 млн тонн, что на 9,4 % больше, чем в сезоне 2022–2023 годов.

Топ-10 мировых производителей сахара  
в сезоне 2023–2024 годов, млн тонн

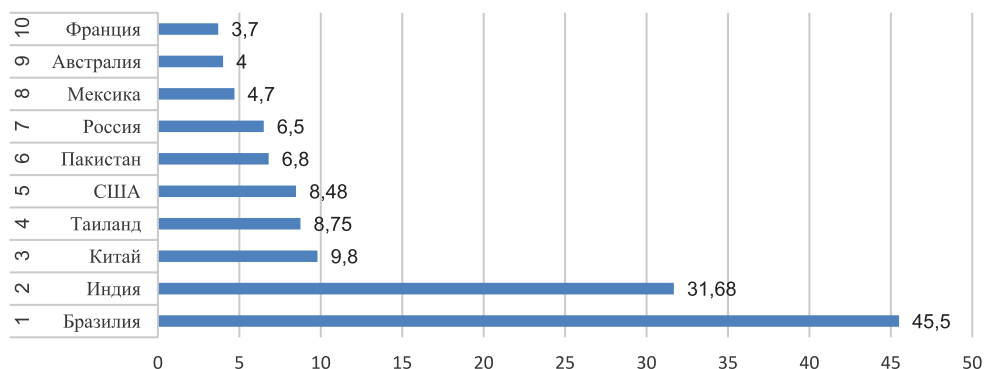


Рис. 1. Объемы производства сахара топ-10 мировых производителей  
в сезоне 2023–2024 годов, млн тонн

Fig. 1. Sugar production volumes of the Top 10 global producers in the 2023–2024 season, million tons

В финансовом выражении в 2024 году мировой рынок свекловичного сахара оценивался в 4,6 млрд долл. США. Прогнозируется, что в течение нескольких ближайших лет он будет расти в среднем на 5,5 % в год, и к 2034 году может составить 7,8 млрд долл. США. Универсальность свекловичного сахара, помимо его натурального происхождения, сделала его одним из самых популярных ингредиентов в пищевой промышленности [6].

По мнению международных аналитиков, несмотря на декабрьское снижение, в 2024 году мировые цены на сахар оставались на высоком уровне. Поддержку в 2024 году мировым ценам на сахар также оказывал дефицит мировой торговли из-за сохраняющегося запрета на экспорт сахара в Индии, Египте и Пакистане и логистических проблем с отгрузками в бра-

зийских портах на фоне ожидаемого увеличения спроса со стороны крупнейших импортеров — Китая и Индонезии [5].

Объемы производства сахара в Беларуси за 2019–2024 годы в тыс. тонн приведены в табл. 1 [7].

Таблица 1. Объемы производства сахара в Беларуси с 2019 по 2024 годы, тыс. тонн  
Table 2. Sugar production volumes in Belarus from 2019 to 2024, thousand tons

| Годы                          | 2019  | 2020  | 2021  | 2022 | 2023 | 2024              |
|-------------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------------------|
| Объем производства, тыс. тонн | 638,9 | 572,7 | 529,5 | 565  | 580  | 600–630 (прогноз) |

Объем производства свекловичного сахара в Беларуси составляет около 39 млн тонн, т.е. более 1,5 % от его мирового уровня [7].

В последние годы в производстве сахара в Беларуси была значительно повышена рентабельность, так как благодаря эффективным управленческим решениям все сахарные предприятия прошли глубокую модернизацию, а сахарная свекла во многих хозяйствах стала одной из высокопродуктивных полевых культур. В частности, в Беларуси с 2015 по 2022 годы в модернизацию сахарных предприятий было вложено 202 млн долл. США; за это время ими экспортировано продукции на 1,4 млрд долл. США, а рентабельность переработчиков, предприятий концерна «Белгоспищепром», в 2024 году составляла 16 – 20 % [8].

В 2023 году с каждой тонны сахара в Республике Беларусь была получена прибыль в размере 165 долл. США. В то же время по обеспечению сахаром наша страна занимала одно из ведущих мест среди основных его производителей — 150 % потребности. Для сравнения: в России эта цифра составляет 118 %, в Казахстане — 68 %, а Кыргызстане — 56 %. В результате выполнения государственных программ достигнуто самообеспечение республики в сахаре из отечественного сырья. Кроме сахара, предприятия реализуют продукты переработки сахарной свеклы — жом и мелассу [8].

С учетом того, что с 2019 по 2024 годы сахара в Беларуси производили до 50 % больше, чем потребляли на внутреннем рынке, значительная часть этой продукции традиционно поставлялась на внешние рынки.

В 2019 году из Беларуси было экспортировано 278,2 тыс. тонн сахара или 43,54 % от общего объема производства и выручка на его поставках на внешние рынки составила 109,9 млн долл. США. Средняя цена поставок сахара на экспорт составила 395 долл. США за тонну.

В 2020 году средняя экспортная цена на белорусский сахар упала до 341 долл. США за тонну, а экспортные поставки возросли до 445,2 тыс. тонн или 77,74 % от годового объема производства, и по валовой выручке до 151,8 млн долл. США. В 2021 году поставки сахара из Беларуси на внешние рынки снизились на 53,7 % к уровню предыдущего года — до 206,2 тыс. тонн или до 38,94 % от годового объема производства. В стоимостном выражении в 2021 году экспорт белорусского сахара упал на 25,6 % — до 112,9 млн долл. США. При этом средняя экспортная цена выросла до 547 долл. США за тонну продукции [9].

Если в 2022 году сахар продавали на экспортных рынках в среднем по 618 долл. США за тонну, то в 2023 году — уже по 650 долл. США за тонну. Рентабельность его продаж при этом составила 20–22%. Поэтому производство сахара за рассматриваемый период для белорусского АПК было экономически эффективно как с точки зрения поступления валюты в страну, так и с точки зрения поддержки сельского хозяйства [9–10].

За 2024 год на биржах АО «НТБ» (г. Москва) и АО «СПбМТСБ» (г. Санкт-Петербург) белый сахар продавался по средней цене 584,17 долл. США за тонну [11].

Экспортные цены на сахар на основных товарных рынках Беларуси с 2019 по 2024 годы, долл. США за тонну приведены в табл. 2.

Таблица 2. Экспортные цены на сахар на основных товарных рынках Беларуси с 2019 по 2024 годы, долл. США за тонну [9–11]

Table 2. Export prices for sugar in the main commodity markets of Belarus from 2019 to 2024, USD/ton [9–11]

| Годы                          | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024   |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|--------|
| Стоимость, долл. США за тонну | 395  | 341  | 547  | 618  | 650  | 584,17 |

Расчетная себестоимость белого сахара, производимого из сахара-сырца, в России в январе 2025 года (с учетом НДС и пошлин) составила 817,48 долл. США за тонну; себестоимость

сахара из импортируемого сахара-сырца в Узбекистане составила 681,5 долл. США за тонну (с учетом доставки без НДС и пошлин); в Казахстане — 614,8 долл. США за тонну [10].

Основные показатели поставок сахара на экспорт и его потребление внутри Беларуси с 2019 по 2024 год в тыс. тонн приведены в табл. 3.

Таблица 3. Поставки сахара на экспорт и его потребление внутри Беларуси с 2019 по 2024 годы, тыс. тонн [8-9]

Table 3. Sugar exports and consumption in Belarus from 2019 to 2024, thousand tons [8-9]

| Анализируемый показатель                      | Рассматриваемый период, годы |       |       |      |           |                    |
|-----------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|------|-----------|--------------------|
|                                               | 2019                         | 2020  | 2021  | 2022 | 2023      | 2024               |
| Поставки сахара на экспорт, тыс. тонн         | 278,2                        | 445,2 | 206,2 | 185  | около 200 | 220-250 (прогнозы) |
| Потребление сахара внутри Беларуси, тыс. тонн | 344,0                        | 325,2 | 342,9 | 380  | 380-400   | 380-400 (прогнозы) |

С 2019 по 2024 годы ключевыми импортерами белорусского сахара выступали страны ЕАЭС (основная доля экспорта): Российская Федерация (более 50 %), Казахстан, Армения, Кыргызстан, в СНГ: Узбекистан, Азербайджан, Таджикистан, Молдова, а также Грузия. В Азии закупки белорусского сахара осуществляли Китай, Монголия, Израиль, Турция и другие страны.

Небольшие поставки шли также в страны ЕС и на африканский континент. Была организована работа по географической диверсификации экспорта сахара, открывающая для продукции Республики Беларусь новые рынки сбыта и способствующая закреплению на них. Вместе с тем основная доля экспортных поставок белорусского сахара по-прежнему приходилась на Российскую Федерацию (с 2022 года более 150 тыс. тонн сахара) и страны Центральной Азии [8-10].

Общая валютная выручка по продажам сахара с 2019 по 2024 год была на уровне от 100 до 150 млн долл. США в год и выше.

В 2024 году 42 % от общего объема, произведенного в Беларуси сахара, было экспортировано, а его поставки осуществлялись в 20 стран мира [8-9].

За первые пять месяцев сезона 2024-2025 годов импорт белого сахара в Российскую Федерацию составил 130 тыс. тонн, который практически весь поставлялся из Республики Беларусь [8-10].

С учетом стратегического значения готового продукта многие мировые страны длительное время занимаются производством сахарной свеклы (рис. 2) [6-7].

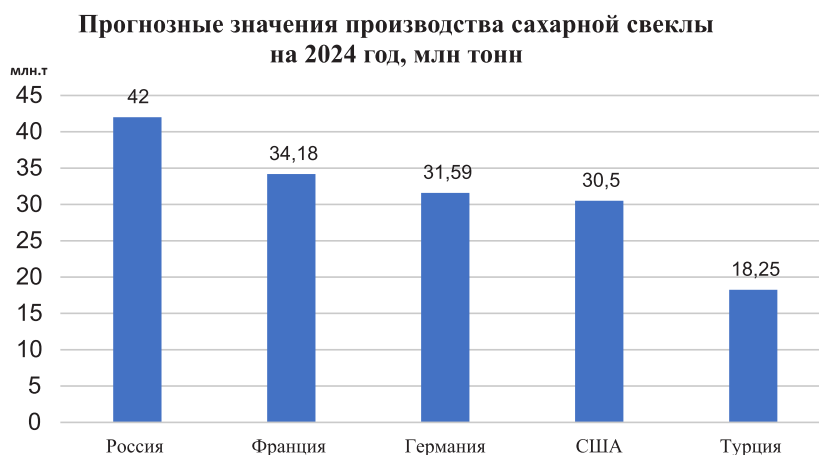


Рис. 2. Крупнейшие страны-производители сахарной свеклы в 2024 году, по данным ФАО, млн. тонн  
Fig. 2. The largest sugar beet producing countries in 2024, according to FAO, million tons

Крупнейшими производителями сахара в 2024 году собрано 57,93 % от мирового урожая сахарной свеклы в объеме 270 млн тонн [6-7].

Наиболее высокая урожайность сахарной свеклы была достигнута в Германии — 855 ц/га, Франции — 790 ц/га, Бельгии — 744 ц/га [6-7].

Высокие показатели урожайности сахарной свеклы в Германии были связаны с использованием системы КОНВИЗО® СМАРТ, новой высокопродуктивной технологии, совместной разработки двух компаний KWS и BAYER, активно внедряемой в процесс выращивания сахарной свеклы и борьбы с сорняками. Эта система включает два компонента [12]:

- ♦ семена СМАРТ КВС: гибриды сахарной свеклы, разработанные компанией КВС, обладающие определенной устойчивостью к гербициду КОНВИЗО® 1 на основе ALS-ингибитора;
- ♦ КОНВИЗО® 1: гербицид для широколистных и злаковых сорняков, разработанный компанией Байер на основе действующих веществ из класса ALS-ингибиторов.

В 2024 году в Беларуси было убрано 5,331 млн тонн сахарной свеклы в физическом весе, что на 220 тыс. тонн больше или на 4,3 %, чем в 2023 году. Больше всего сахарной свеклы было собрано в Гродненской области — 1,944 млн тонн, (или 36,47 % от ее общего объема), в Минской области — 1,737 млн тонн (32,58 %), Брестской — 1,105 млн тонн (20,73 %), в Могилевской — 0,451 тыс. тонн (8,46%). В Витебской и Гомельской области выращивали эту культуру на небольших площадях в общем весе 0,094 тыс. тонн (или 1,76 %) [13].

Сахарную свеклу в Республике Беларусь в 2024 году выращивали в 300 сельскохозяйственных организациях в 60 районах. Средняя площадь посевов на одно хозяйство — 345 га (в 2023 году — 340 га). Если в 2023 году средняя урожайность сахарной свеклы в физическом весе была 506 ц/га, то в 2024 — 513 ц/га. Также в 2024 году выросли посевные площади этой культуры на 3 % и составили 103 тыс. га [13–15].

Вокруг сахарных комбинатов, особенно в 2023–2024 годах, были сформированы устойчивые свеклосеющие зоны. Одним из направлений развития свекловодства стала специализация и концентрация свеклосеяния [13–15].

Рентабельность производства сахарной свеклы, в субъектах хозяйствования АПК, выращивающих ее, была на уровне 12 — 25 %. В успешных хозяйствах, которые внедряли современные технологии, она достигала от 30 до 40 % [13–15].

Посевные площади сахарной свеклы за 2019–2024 годы для всех субъектов хозяйствования АПК показаны в табл. 4.

Таблица 4. Посевные площади сахарной свеклы, тыс. га [15]  
Table 4. Acreage of sugar beet, thousand hectares [15]

| Субъекты хозяйствования АПК            | Рассматриваемый период, годы |      |      |      |      |       |
|----------------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|-------|
|                                        | 2019                         | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024  |
| Хозяйства всех категорий               | 96                           | 85   | 87   | 94   | 103  | 104,7 |
| Сельскохозяйственные организации       | 94                           | 83   | 85   | 92   | 100  | 103   |
| Крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) | 2,4                          | 2,0  | 2,0  | 2,2  | 2,6  | -     |

Посевные площади сахарной свеклы в хозяйствах всех категорий возросли с 2019 по 2024 год на 8,7 тыс. га или на 9,06 %, в том числе: в сельскохозяйственных организациях — на 9 тыс. га или на 9,57 %, а в КФХ с 2019 по 2023 год — на 16,58 % [15].

Валовые сборы сахарной свеклы за 2019–2024 годы для всех субъектов хозяйствования АПК показаны в табл. 5.

Таблица 5. Валовые сборы сахарной свеклы, тыс. тонн [15]  
Table 5. Gross sugar beet harvests, thousand tons [15]

| Субъекты хозяйствования АПК            | Рассматриваемый период, годы |      |      |      |      |
|----------------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|
|                                        | 2019                         | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Хозяйства всех категорий               | 4945                         | 4009 | 3874 | 4227 | 4844 |
| Сельскохозяйственные организации       | 4824                         | 3906 | 3804 | 4139 | 4740 |
| Крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) | 121                          | 102  | 70   | 88   | 104  |

С 2019 по 2023 год валовый сбор сахарной свеклы в хозяйствах всех категорий в зачетном весе снизился на 2,04%, в том числе: в сельскохозяйственных организациях — на 1,74%, в КФХ — на 14,05%

Урожайность сахарной свеклы, ц/га за 2019–2024 годы для всех субъектов хозяйствования АПК показана в табл. 6.

Таблица 6. Урожайность сахарной свеклы по категориям хозяйств, ц/га  
Table 6. Sugar beet yield by farm category, c/ha

| Субъекты хозяйствования АПК            | Рассматриваемый период, годы |      |      |      |      |
|----------------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|
|                                        | 2019                         | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Хозяйства всех категорий               | 520                          | 482  | 451  | 451  | 477  |
| Сельскохозяйственные организации       | 521                          | 481  | 453  | 453  | 479  |
| Крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) | 507                          | 514  | 350  | 397  | 408  |

По данным Национального статистического комитета, в 2023 году во всех категориях хозяйств Республики Беларусь средняя урожайность сахарной свеклы в зачетном весе составила 477 ц/га. [15]. Наиболее высокая урожайность была в хозяйствах Гродненской области — 527 ц/га, в Брестской области — 467 ц/га, Минской обл. — 470 ц/га (рис. 3).

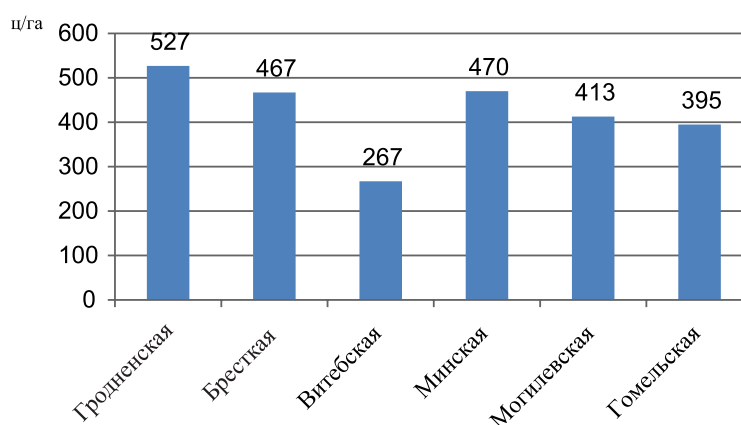


Рис. 3. Урожайность сахарной свеклы в 2023 году по областям  
Fig. 3. Sugar beet yield in 2023 by region

Урожайность сахарной свеклы в хозяйствах всех категорий снизилась с 2019 по 2024 год на 43 ц/га или на 8,27 %, в том числе в сельскохозяйственных организациях — на 42 ц/га или на 8,06 %, а в КФХ — на 99 ц/га или на 19,53 % [15].

Основные показатели, характеризующие развитие свеклосахарного рынка Российской Федерации в 2019-2023 годах, представлены в таблице 7 [16-17].

Таблица 7. Валовые сборы, урожайность, посевные площади сахарной свеклы и производство сахара в Российской Федерации [16-17]  
Table 7. Gross harvests, yields, acreage of sugar beet and sugar production in the Russian Federation [16-17]

| Показатель                    | Рассматриваемый период, годы |       |       |       |       |
|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                               | 2019                         | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  |
| Валовые сборы, млн тонн       | 54,4                         | 33,92 | 41,20 | 48,91 | 53,14 |
| Урожайность, ц/га             | 480                          | 370   | 415   | 487   | 505   |
| Посевная площадь, тыс. га     | 1145                         | 926   | 1004  | 1027  | 1064  |
| Производство сахара, млн тонн | 7,2                          | 5,7   | 5,6   | 5,93  | 6,7   |

В 2023 году в Российской Федерации собрали 53,14 млн тонн сахарной свеклы, что на 8,6 % больше показателя 2022 года (48,91 млн тонн). Посевная площадь под культуру была увеличена на 3,5 %, до 1,06 млн га. Производство сахара в России в 2023 году выросло на 9,9 %, до 6,7 млн тонн [16-17].

По прогнозу ИКАР, по итогам 2024 года валовый сбор сахарной свеклы в России сократился на 15,31% и составил 45 млн тонн, а производство сахара снизилось на 9 %, до 6,1-6,2 млн тонн, против 6,7 млн тонн в 2023 году [18-19].

Существенное падение урожайности сахарной свеклы в отдельных регионах Российской Федерации на 20-30%, в свою очередь, по оценкам ИКАР, было связано с переходом субъектов хозяйствования АПК России на отечественные семена, в связи с отсутствием с лучших мировых гибридов. И это при том, что пока доля отечественных семян была в Российской



Федерации сравнительно невелика и достигла по итогам 2024 года 8 % (в 2023 году их было 2,5 %) [19–20].

По оценкам ведущих экспертов, российские гибриды сахарной свеклы оказались менее эффективными по целому ряду параметров в сравнении с зарубежными аналогами [21].

Еще одной причиной снижения сбора урожая сахарной свеклы в России были неблагоприятные погодные условия: майские заморозки весной 2024 года, а затем летняя засуха. [20].

Специалисты аграрного рынка Российской Федерации, использующие импортную свеклоуборочную технику, считают ее не только специфическим, но и довольно дорогим типом агромашин. В настоящее время из-за введенных санкций стран ЕС наиболее болезненным вопросом стало удорожание логистики, и поставки свеклоуборочных комбайнов из этих стран значительно снизились. У аграриев возникли сложности с обслуживанием и ремонтом импортной свеклоуборочной сельхозтехники из-за нехватки запчастей, объем которой в Российской Федерации составлял по разным оценкам 30–40 % [22–23].

Примечательно, что падение сбора сахарной свеклы и производства сахара в РФ происходило на фоне увеличения посевных площадей, которые в сезоне 2024–2025 выросли на 10 %, до 1,7 млн га. Причина заключается в падении урожайности сахарной свеклы в регионах Юга России и Черноземья [20–23].

На сегодняшний день между Российской Федерацией и Республикой Беларусь реализуется проект по созданию гибридов сахарной свеклы с высокой продуктивностью и технологичностью, которые будут адаптированы к неблагоприятным факторам и будут отвечать современным требованиям рынка. Такие гибриды должны быть адаптированы к возделыванию в основных зонах свеклосеяния в России и Беларуси. Российская компания «СоюзСемСвекла» осуществляет ежегодный обмен селекционным материалом с белорусским РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле» (г. Несвиж, Минская область). Совместно проводятся демонстрационные опыты с гибридами сахарной свеклы собственной и совместной селекции, в которых наглядно представлены все достижения и перспективы использования новых технологий. Такой подход не только обогащает научные направления, но и укрепляет связи в аграрной науке, способствует обмену опытом и внедрению инновационных решений в практику.

Объединенные усилия специалистов компании «СоюзСемСвекла» (Россия) и РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле» (Республика Беларусь) в рамках реализации расставленного проекта уже дали результат. Три гибрида включены в государственный реестр сортов Республики Беларусь. Это совместный гибрид РУП354ССС и два гибрида селекции «СоюзСемСвекла»: «Буря» и «Вулкан», которые второй год подряд демонстрируют конкурентные результаты по оценкам российских и белорусских аграриев. Еще два совместных гибрида РУП363ССС и РУП380ССС проходят государственные испытания. Например, РУП354ССС – это гибрид нормально-сахаристого направления, обладающий устойчивостью к болезням листьев, а также к корневым гнилям и рамуляриозу, имеет потенциальную урожайность корнеплодов 83 тонн/га и сахаристость на уровне 18,3 % [24].

Для организации уборочных работ в Республике Беларусь в 2024 году было запланировано использование 215 свеклоуборочных комбайнов, в том числе 156 единиц (72,56 %) сельскохозяйственных организаций, 27 единиц (12,56 %) — механизированных отрядов сахарных заводов, 32 единицы (14,88 %) — частных фирм и крестьянских (фермерских) хозяйств. Ожидаемая нагрузка на один уборочный агрегат в Брестской области составляла 406 га/ед. при плановой продолжительности уборки 37 дней, в Гродненской — 379 га (35 дней), в Минской — 481 га (38 дней), в Могилевской — 488 га (42 дня) [25].

В 2024 году в сельскохозяйственных организациях Беларуси 86 % свеклоуборочных комбайнов эксплуатировалось свыше десяти лет, поэтому требуется ускорить покупку новых уборочных агрегатов. Их потребность в ежегодном обновлении составляет 15–20 единиц. Потребности отрасли в свеклоуборочных комбайнах удовлетворяются за счет поставок импортной техники, отличающейся конструктивным исполнением рабочих органов, ходовых систем, вместимостью бункеров и мощностью двигателей. Наиболее известны модели зарубежных фирм Holmer, Rora, Grimme, Agrifac и других. Самоходные образцы характеризуются более высокой производительностью, способностью выполнять комплекс работ, не требующих дополнительной техники и большого количества персонала. Прицепные модели обладают меньшей стоимостью, однако уступают по эффективности. Комбайны оборудуются автоматическими системами для ориентации машины по рядкам сахарной свеклы, поддержания рабочей скорости, управления движением на разворотной полосе поля, контроля высоты среза и глубины подкапывания, взвешивания убранного материала. Некоторые модели оснащаются видеокамерами для мониторинга технологического процесса, благодаря чему механизатор при возникновении проблем сразу получает информацию о неполадке.

Из-за высокой цены на импортные свеклоуборочные комбайны, в среднем составляющую 800–900 тыс. евро, только единицы крупных хозяйств могут позволить себе их закупать. В 2023 году было приобретено 11 таких машин, из них хозяйствами — 4 единицы (36,36 %), механизированными отрядами сахарных предприятий — 7 единиц (63,64 %). В 2024 году было приобретено 9 комбайнов: сельскохозяйственными организациями — 5 единиц (55,56 %), механизированными отрядами — 4 единицы (44,44 %). При этом учитывается, что часть такой техники приобреталась уже бывшей в употреблении [25–26].

Поэтому в Республике Беларусь ведутся работы по разработке своей новой свеклоуборочной техники. Так, компания ООО «АгроОборудование», в рамках выставки «БЕЛАГРО-2024», представила в Несвижском районе Минской области новый полуприцепной свеклоуборочный комбайн КСП-3 для уборки корнеплодов сахарной свеклы и полуприцепную ботвоуборочную машину БП-2.

Комбайн свеклоуборочный полуприцепной КСП-3 «Рокот» предназначен для уборки корнеплодов сахарной свеклы (после предварительного удаления ботвы машиной ботвоуборочной БП-2), очистки их от земли и загрузки в кузов транспортного средства. Выкапывание свеклы производится пассивными дисковыми копаками, что сохраняет нижнюю часть корнеплода и дает экономию 5–6 % урожая. Свекла очищается отсеивающим приемным механизмом, вращающимися вальцами и двойным вертикальным прутковым транспортером, что позволяет снижать загрязненность выкопанных корнеплодов до 6 %. Основные технические характеристики комбайна: способ агрегатирования — полуприцепной, количество одновременно обрабатываемых междурядий — 6, ширина междурядий — от 450 до 600 мм, максимальная рабочая скорость — 10 км/ч, максимальная урожайность, при которой обеспечиваются требуемые показатели уборки — 700 ц/га [27].

Машина ботвоуборочная полуприцепная БП-2 «Рокот» предназначена для эффективного и качественного удаления и измельчения ботвы с дообрезкой корнеплода. Параметры работы машины ботвоуборочной (дефолиатора): способ агрегатирования — полуприцепной, количество одновременно обрабатываемых междурядий — 6, ширина междурядий — от 450 до 600 мм, количество ботвоудаляющих валов — 3 [27].

Отметим, что конструкционно обе машины напоминают американские аналоги сельскохозяйственной техники в этом классе сельскохозяйственных решений (технология отдельной уборки сахарной свеклы). Сельхозтехника в составе КСП-3 и БП-2 была протестирована на уборке сахарной свеклы в Толочинском районе Витебской области, а в перспективе ее серийные образцы будут отправляться в Российскую Федерацию.

Мощности «Рокота» несколько ниже импортных аналогов, но для среднестатистического хозяйства с 200–300 га посевов (а таких в республике большинство) это наиболее подходящий вариант. По решению Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в перспективе будет налажено серийное производство комбайна «Рокот» белорусского производства. Белорусский свеклоуборочный комбайн «Рокот» гораздо дешевле импортной техники, к тому же он требует меньше затрат на содержание и обслуживание, машина гораздо проще зарубежных вариантов [27].

**Заключение.** Объем производства сахара топ-10 мировых производителей в сезоне 2023–2024 составил 129,91 млн тонн, что соответствует более 70 % объема от его мирового производства.

Объемы производства сахара в Беларуси с 2019 по 2024 годы составляли от 529,5 до 638,5 тыс. тонн/год, что явилось результатом глубокой модернизации данных предприятий за предыдущие годы. Поставки сахара на экспорт за это же время составили от 185 до 445 тыс. тонн/год. Вместе с тем основная доля экспортных поставок белорусского сахара по-прежнему приходилась на Российскую Федерацию (более 50%).

С 2019 по 2024 год средняя экспортная цена сахара из Беларуси на внешних рынках возросла в 1,48 раза. В этот период поставки сахара на экспорт в количественном выражении снизились на 15,5 %, но его потребление внутри республики возросло на 13,4 %.

Сахарную свеклу в 2024 году выращивали 62 страны мира, а основными ее производителями являлись страны Россия, Франция и США. Наиболее высокая урожайность сахарной свеклы была достигнута в Германии (более 850 ц/га) на основе использования ее ведущими производителями технологии КОНВИЗО@СМАРТ.

Реализация пяти Государственных программ по развитию сахарной отрасли Республики Беларусь (2003–2004, 2005–2010, 2011–2015, 2016–2020, 2021–2025 годы) позволила создать и улучшить сырьевые зоны выращивания сахарной свеклы, увеличить в 3,8 раза объем заготовок сахарной свеклы, увеличить производственные мощности по переработке корнеплода, повысить производство свекловичного сахара более чем в три раза (с 185 тыс. тонн в 2000 году до 580 тыс. тонн в 2023 году).

В связи с неблагоприятными прогнозами развития свеклосахарного производства в Российской Федерации, в ближайшие годы следует ожидать увеличения экспорта сахара из Республики Беларусь до 200 тыс. тонн в год. В последние годы крупнейшим поставщиком сахара в Россию являлась Беларусь, на долю которой приходилось от 70 до 90 % от общего объема его импорта в натуральном выражении (с 2022 года более 150 тыс. тонн сахара). Снижение производства сахарной свеклы и сахара в Российской Федерации, а также благоприятная конъюнктура цен могут позволить Республике Беларусь в ближайшие пять лет не только сохранить существующие объемы поставок сахара в Россию, но и значительно их нарастить.

Интенсификация взаимодействия российских и белорусских ученых совместно с коллегами из стран ЕАЭС по разработке и реализации программ развития селекции и семеноводства сахарной свеклы может позволить получать конкурентоспособные гибриды этой сельскохозяйственной культуры.

Освоение ресурсосберегающих технологий, внедрение операций с применением элементов системы точного земледелия требуют создания отечественной конкурентоспособной техники. Такие модели должны обладать расширенными функциональными возможностями, современными автоматизированными устройствами управления и контроля производственных процессов.

### Список использованных источников

1. Производство сахара в мире сократится на 2% за сезон 2023/24 [Электронный ресурс]: — ФАО, 11.01.2025. — Режим доступа: <https://xn--elaid.xn--plai/journal/publication/3212>. — Дата доступа: 11.01.2025.
2. Дайджест «Сахар»: в сезоне-2023/24 мировой баланс сахара будет положительным [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://specagro.ru/analytics/202402/daydzhest-sakhar-v-sezone-202324-mirovoy-balans-sakhara-budet-pozhitelnym-mos>. — Дата доступа: 11.01.2025.
3. Топ-10 крупнейших стран-производителей сахара в 2024 году [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/largest-sugar-producing-countries>. — Дата доступа: 11.01.2025.
4. Китай: импорт сахара в сезоне 2023/24 ожидается на уровне 5 млн тонн [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rossahar.ru/press-center/news/novosti/kitay-import-sakhara-v-sezone-2023-24-ozhidaetsya-na-urovne-5-mln-tonn>. — Дата доступа: 11.01.2025.
5. Дайджест «Сахар»: экспорт сахара из России активизировался — ИКАР [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://specagro.ru/analytics/202311/daydzhest-sakhar-eksport-sakhara-iz-rossii-aktivizirovalsya-ikar>. — Дата доступа: 11.01.2025.
6. Рынок сахарной свеклы: мировое производство, урожай в РФ и перспективы на 2025 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://glavagronom.ru/articles/rynok-saharnoy-svekly-mirovoe-proizvodstvo-urozhay-v-rf-i-perspektivy-na-2025-god>. — Дата доступа: 11.01.2025.
7. Мировой рынок сахарной свеклы: производство и перспективы на 2025 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://agroexpert.md/rus/novosti/mirovoy-rynok-saharnoy-svekly-proizvodstvo-i-perspektivy-na-2025-god>. — Дата доступа: 11.01.2025.
8. Сахарные заводы Беларуси за семь лет экспортировали продукции на \$1,4 млрд [Электронный ресурс]. — Режим доступа: 11.01.2025.
9. Какие страны покупают белорусский сахар [Электронный ресурс]. — <https://myfin.by/article/rynki/22944-sladkaa-statistika-skolko-sakhara-proizvodit-i-eksportiruet-belarus>. — Дата доступа: 11.01.2025.
10. Белорусский сахар в 2024 году поставляют в 20 государств [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://belta.by/economics/view/beloruskij-sahar-v-2024-godu-postavljajut-v-20-gosudarstv-674909-2024/>. — Дата доступа: 11.01.2025.
11. В 2024 году на биржах НТБ и СПБМТСБ всего было продано 443 816 тонн белого сахара [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sugar.ru/node/46974/>. — Дата доступа: 11.01.2025.
12. КОНВИЗО® СМАРТ — эффективная технология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.kws.com/by/be/produkty>. — Дата доступа: 31.01.2025.
13. В Минсельхозпроде рассказали, сколько сахарной свеклы было собрано в 2024 году в Беларуси [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/v-minselkhozprode-rasskazali-skolko-saharnoy-svekly-bylo-ubrano-v-2024-godu-v-belarusi.html>. — Дата доступа: 11.01.2025.
14. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>. — Дата доступа: 11.01.2025.
15. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. буклет / редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. — Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — 2024. — С. 36.
16. Валовой сбор и урожайность сахарной свеклы в 2023 году [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sugar.ru/node/44512#:~:text=:text>. — Дата доступа: 29.01.2025.



17. В 2023 году в России произведен рекордный за 4 года объем свекловичного сахара [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://rossahar.ru/press-center/news/novosti/v-2023-godu-v-rossii-proizveden-rekordny>. — Дата доступа: 29.01.2025.
18. Придется несладко: почему в России не будет рекордного производства сахара [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/513008-privetsa-nesladko-pocemu-v-rossii-ne-budet-rekordnogo-proizvodstva-sahara>. — Дата доступа: 29.01.2025.
19. В России резко снизится производство сахара: что случилось [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://producttoday.ru/>. — Дата доступа: 19.01.2025.
20. Оценка производства сахара в сезоне снижена до 6,2 млн тонн [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sugar.ru/node/47062>. — Дата доступа: 19.01.2025.
21. Свекла потеряет в доходности. Рентабельность агрокультуры может снизиться из-за возросших затрат, сокращения урожайности и невысоких цен [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/42755-svekla-poteryaet-v-dokhodnosti-rentabelnost-agrokultury-mozhet-snizitsya-iz-za-vozrosших-zatrat-so/>. — Дата доступа: 19.01.2025.
22. Часть сахарных заводов в приграничных регионах в этом сезоне рискуют не начать работу. В прошлом году общий выпуск сахара на предприятиях вблизи границы составил 0,5 млн тонн [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/regions/news/42810-chast-sakharnykh-zavodov-v-prigranichnykh-regionakh-v-etom-sezone-riskuyut-ne-nachat-rabotu/>. — Дата доступа: 19.01.2025.
23. Про рынок свеклоуборочной техники в РФ - почему он проблемный и в чем сложности? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://dzen.ru/a/ZRg23La\\_jhQGcu3j/](https://dzen.ru/a/ZRg23La_jhQGcu3j/). — Дата доступа: 19.01.2025.
24. Сотрудничество ученых и аграриев позволит уйти от импортозависимости по гибридам сахарной свеклы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sveklabel.by>. — Дата доступа: 29.01.2025.
25. В Беларуси в 2024 году ожидается 5,2 миллиона тонн валового сбора сахарной свеклы / Сельская газета. — Минск, 2024 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/a-samokhodnyu-kombayn-nuzhen-segodnya.html>. — Дата доступа: 29.01.2025.
26. Современная техника для сахарной свеклы - краткий обзор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agbz.ru/articles/sovremennaya-tehnika-dlya-sakharnoy-svekly-kratkiy-obzor/>. — Дата доступа: 29.01.2025.
27. Под Несвижем показали опытный образец белорусского свеклоуборочного комбайна Рокот [Электронный ресурс]: / Пахарь — Минск, 2024 - Режим доступа: <https://glavpahar.ru/news/pod-nesvizhem-pokazali-opytnyy-obrazec-belorusskogo-svekloborochno-go-kombayna-rokot>. — Дата доступа: 29.01.2025.

#### Информация об авторах

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

E-mail: [iaoganezov.eop@gmail.com](mailto:iaoganezov.eop@gmail.com)

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

E-mail: [LovkisLiliya@mail.ru](mailto:LovkisLiliya@mail.ru)

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

E-mail: [ale-buga@yandex.ru](mailto:ale-buga@yandex.ru)

#### Author information

*Oganezov Igor Azizovich*, PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Economics and Organization agribusiness enterprises educational institution “Belarusian State Agricultural Technical University” (99, Nezavisimosti Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [iaoganezov.eop@gmail.com](mailto:iaoganezov.eop@gmail.com)

*Lovkis Lilia Konstantinovna*, senior Lecturer of the Department of Economics and Organization agribusiness enterprises educational institution “Belarusian State Agricultural Technical University” (99, Nezavisimosti Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [LovkisLiliya@mail.ru](mailto:LovkisLiliya@mail.ru)

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

E-mail: [ale-buga@yandex.ru](mailto:ale-buga@yandex.ru)

УДК 664.665.014

Поступила в редакцию 14.12.2024  
Received 14.12.2024

<sup>1</sup>Н. В. Комарова, <sup>1</sup>А. А. Журня, <sup>1</sup>Т. В. Окулова, <sup>2</sup>Н. С. Лаптенюк,  
<sup>2</sup>Л. И. Севастей

<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продоволь-  
ствию», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Государственное предприятие «Белтехнохлеб», г. Минск, Республика Беларусь

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С НИЗКИМ ГЛИКЕМИЧЕСКИМ ИНДЕКСОМ

**Аннотация.** Глобальные изменения в питании населения и рост числа людей, страдающих от диабета 2 типа, ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний и других метаболических нарушений, привели к значительному росту интереса к разработке пищевых продуктов с низким гликемическим индексом (ГИ). Это обусловлено тем, что такие продукты обеспечивают более медленное и постепенное повышение уровня глюкозы в крови, что крайне важно для предотвращения резких скачков сахара и связанных с этим негативных последствий.

В данной статье рассмотрены ключевые аспекты разработки и производства начиная от выбора сырья и заканчивая технологическими параметрами производства продукции. Исследование проведено при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научно-исследовательской работы № B22KITG-013.

**Ключевые слова:** гликемический индекс, зерновое сырье, компонентный состав, хлебобулочные изделия, технологические режимы, здоровые добровольцы.

<sup>1</sup>N. V. Komarova, <sup>1</sup>H. A. Zhurnia, <sup>1</sup>T. V. Akulava, <sup>2</sup>N. S. Laptsenak,  
<sup>2</sup>L. I. Sevastsei

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

<sup>2</sup>The State Enterprise “Beltechnohleb”, Minsk, Republic of Belarus

## INNOVATIVE APPROACHES TO THE CREATION OF BAKERY PRODUCTS WITH A LOW GLYCEMIC INDEX

**Abstract.** Global changes in the diet of the population and the rise in the number of people suffering from type 2 diabetes, obesity, cardiovascular diseases, and other metabolic disorders have led to a significant increase in interest in the development of food products with a low glycemic index (GI). This is due to the fact that such products provide a slower and more gradual increase in blood glucose levels, which is crucial for preventing sharp spikes in sugar and the related negative consequences.

This article examines the key aspects of the development and production of bakery products with a low glycemic index, from the selection of raw materials to the technological parameters of production. The research was conducted with financial support from the BRFFI as part of the research project No. B22KITG-013.

**Keywords:** glycemic index, grain raw materials, component composition, bakery products, technological regimes, healthy volunteers.

**Введение.** Здоровое питание — это сложная система, где каждый компонент играет свою роль. Одним из ключевых аспектов является грамотное управление потреблением углеводов, а точнее — осознанный выбор продуктов с учетом их гликемического индекса. Гликемический индекс (ГИ) — это показатель скорости, с которой углеводы из пищи расщепляются в организме и превращаются в глюкозу — основной источник энергии для клеток. Высокий ГИ означает быстрый скачок уровня глюкозы в крови, а низкий — постепенное и контролируемое повышение.



Важно отметить, что устаревшие термины «простые» и «сложные» углеводы в настоящее время признаны неточными и не отражающими полную картину пищевой ценности продукта. Многие так называемые «сложные» углеводы, такие как, например, мальтодекстрины и некоторые виды крахмала, расщепляются очень быстро, приводя к стремительному повышению уровня глюкозы, иногда даже быстрее, чем чистый сахар. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) рекомендуют отказаться от этих терминов в пользу более точных показателей: общего количества углеводов и гликемического индекса [1].

Понимание ГИ позволяет более эффективно управлять своим здоровьем. Продукты с высоким ГИ (свыше 70), такие как белый хлеб, белый рис, картофель, сладкие газированные напитки, быстро повышают уровень глюкозы в крови, вызывая резкий выброс инсулина, что может привести к развитию ряда серьезных заболеваний. Регулярное потребление продуктов с высоким ГИ увеличивает риск ожирения, инсулинорезистентности, сахарного диабета 2 типа, сердечно-сосудистых заболеваний, а также способствует развитию воспалительных процессов в организме. Высокий уровень глюкозы в крови повреждает сосуды, способствуя атеросклерозу и другим сосудистым патологиям. Кроме того, постоянные колебания уровня сахара могут негативно влиять на настроение, энергетический баланс и когнитивные функции [2].

Напротив, продукты с низким ГИ (менее 55) и средним ГИ (55–69) обеспечивают более плавное и постепенное повышение уровня глюкозы, что снижает нагрузку на поджелудочную железу и способствует стабильному уровню энергии на протяжении длительного времени. К продуктам с низким ГИ относятся: большинство овощей (кроме картофеля), цельнозерновые продукты (гречка, овсянка, полба), бобовые, орехи, семена, некоторые фрукты (яблоки, груши), ягоды. Важно отметить, что ГИ может изменяться в зависимости от способа обработки продукта. Например, белый рис имеет значительно более высокий ГИ, чем коричневый рис, так как при шлифовке удаляются содержащие клетчатку оболочки, которые замедляют процесс усвоения углеводов. Также на ГИ влияют другие компоненты пищи, например, жиры и белки, которые замедляют всасывание глюкозы.

Особое внимание следует уделить продуктам на основе зерна и продуктов его переработки, которые составляют значительную часть рациона многих людей. Хлебобулочные изделия, мучные кондитерские и макаронные изделия часто содержат рафинированную муку с высоким ГИ, а также большое количество сахара и жира [3].

Ввиду того, что хлеб является продуктом повседневного спроса в потребительской корзине, разработка технологий производства хлебобулочных изделий с пониженным гликемическим индексом является важной и актуальной научно-практической задачей. Внедрение таких технологий будет способствовать профилактике ряда заболеваний, связанных с нарушением углеводного обмена, и поддержанию здоровья населения.

Целью данного исследования являлось изучение способов получения хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Одним из самых важных этапов в создании хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом является правильный выбор сырья.

Хлебобулочные изделия, не содержащие в своем составе сдобящих компонентов — сахаросодержащего и (или) жиросодержащего сырья, — на 65,0 — 68,0% состоят из продуктов переработки зерна. К продуктам переработки зерна относят: муку сортового помола, муку цельнозерновую или цельносмолотую, муку экструзионную, муку из пророщенного зерна, солод ржаной, отруби, крупку из зерна, смеси хлебопекарные и т.д. Основными зерновыми культурами, продукты переработки которых используют для выпечки хлебобулочных изделий в Республике Беларусь, являются пшеница и рожь.

Пшеничная мука является предпочтительным сырьем для выпечки хлебобулочных изделий из-за ее отличительных вязкоупругих характеристик, обеспечивающих глютенную сеть для восстановления газов, образующихся в процессе выпечки. Углеводная часть зерна пшеницы представлена моно- (пентозы, гексозы), олиго- (сахароза, мальтоза) и полисахаридами (крахмал, целлюлоза, гемицеллюлоза, слизи). Общее содержание в муке сбраживаемых дрожжами сахаров в зависимости от состава зерна и выхода муки может колебаться в пределах от 0,7 до 2,0 % на сухое вещество. Углеводом, содержащимся в готовом хлебе и оказывающим влияние на гликемический ответ, является крахмал.

Хлебопекарная ржаная мука занимает второе место в производстве и потреблении после пшеничной. Изготавливается трех сортов: сеяная, обдирная и обойная. Сеяная мука отличается наиболее высоким содержанием крахмала и относительно низким содержанием бел-

ков, сахаров, некрахмальных полисахаридов. Обдирная мука содержит больше углеводов, крахмала, но меньше сахара. Обойная же, благодаря щадящей технологии производства, имеет максимальное количество витаминов и питательных веществ. Она отличается высоким содержанием растительного белка, жиров и пищевых волокон в сравнении с другими сортами ржаной муки.

В ходе выполнения работы проведен анализ научно-технической литературы о химическом составе и пищевой ценности зернового сырья, представленного на отечественном рынке, в результате которого показано, что низкий постпрандиальный ответ глюкозы вызывают изделия, изготовленные из муки цельнозерновой из зерна пшеницы твердых сортов, муки ржаной обдирной, муки ржаной цельнозерновой или обойной. Установлено, что крахмала больше содержится в продуктах переработки пшеницы (примерно на 10,0%) нежели в продуктах переработки ржи. При этом и различно строение белковых и крахмальных молекул, влияющих в целом на уровень ГИ продукта.

Проведенное сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» исследование влияния различных видов муки на постпрандиальный гликемический ответ у здоровых взрослых добровольцев установило наименьший гликемический индекс у ржаной обдирной муки и ржаной обойной муки — 74,2 и 77,4 соответственно.

На основании результатов испытаний было предложено использовать муку ржаную обдирную и ржаную обойную для получения пищевых продуктов с низким гликемическим индексом. Учитывая, что мука ржаная из цельного зерна и мука ржаная обойная близки по химическому составу и технологии производства, ее также использовали в дальнейших исследованиях.

При производстве хлебобулочных изделий существенными факторами, повышающими их гликемический индекс, являются соотношение сырьевых компонентов и технологические схемы производства. Что касается технологических схем производства хлебобулочных изделий, то на уровень ГИ наибольшее влияние оказывает продолжительность брожения полуфабрикатов. В процессе брожения крахмал муки подвергается амилолизу, т.е. действию амилолитических ферментов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз), что приводит к образованию моно- и дисахаридов. [4].

Для определения компонентного состава хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом и установления оптимальных технологических параметров и режимов их производства, а также улучшения качественных показателей и повышения потребительской привлекательности хлебобулочных изделий, полученных на основе муки ржаной (муки ржаной из цельного зерна, муки ржаной обдирной или обойной) изучено влияние:

- ♦ рецептурного состава (введение глютена в дозировке от 3% до 24 % с шагом 3,0%, дрожжей прессованных в дозировке от 1,0% до 2,0%);
- ♦ производства хлебобулочных изделий по технологической схеме с применением густой закваски (кислотность 11,0 — 12,0 градусов, влажность 50,0 — 52,0%) [5].

Глютен добавляли на стадии приготовления теста, предварительно смешав его с частью ржаной муки в необходимых пропорциях. Установлено, что введение глютена в дозировке от 3,0% до 9,0% не улучшило органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий из всех сортов муки ржаной: образцы были с плоской верхней коркой, липким заминающимся мякишем.

Введение глютена в хлебобулочные изделия из муки ржаной обойной в количестве 15,0–21,0% также не привело к улучшению показателей качества готовых изделий. Дальнейшие исследования хлебобулочных изделий проводили с использованием муки ржаной обдирной и муки ржаной из цельного зерна.

Значительное улучшение органолептических и физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий было достигнуто при внесении глютена в количестве от 18% до 24%, при этом существенной разницы по пористости и объемному выходу при дозировке глютена 21% и 24% не установлено. Поэтому дальнейшие исследования продолжили с содержанием глютена 21% в хлебобулочных изделиях из ржаной обдирной муки и муки из цельного зерна. В ходе эксперимента по определению дозировки дрожжей в рецептуре установлено, что использование дрожжей в количестве 2,0% позволило сократить время брожения теста из обдирной ржаной муки на 17 минут, а из муки из цельного зерна — на 13 минут.

Производство хлебобулочных изделий по технологической схеме с применением густой закваски, позволяет не только поддерживать достаточно высокую кислотность (до 11,0–13,0 градусов) в готовой продукции, но и снижать содержание легкоусвояемых углеводов за счет сокращения продолжительности брожения теста до 53 минут (продолжительность брожения теста контрольных образцов 65 — 70 минут). В хлебобулочных изделиях, приготовленных на

густой закваске, 33,0% муки от рецептурного количества подвергаются длительному амилолизу в течение 180 — 240 минут, что также способствует снижению гликемического индекса готового продукта.

В ходе пробных лабораторных выпечек установлены параметры и режимы расстойки, а также выпечки хлебобулочных изделий: расстойка лабораторных образцов сокращена до 50 минут, (контрольных — 50–60 минут); выпечка изделий при температуре 245°C в течение 10 минут и при температуре 240°C в течение 30 минут (контрольный образец — 40 минут при температуре 240 С).

Таким образом, в результате исследований установлены оптимальные показатели и режимы производства хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом, позволяющие получать готовые изделия с требуемыми показателями качества и безопасности, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Оптимальные показатели и режимы технологического процесса приготовления хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом

Table 1. Optimal indicators and modes of the technological process for preparing bakery products with a low glycemic index

| Наименование показателя технологического процесса                            | Режимы технологического процесса |                                                       |                     |                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                                              | Контрольный образец              | Образец из муки ржаной обдирной с добавлением глютена | Контрольный образец | Образец из муки ржаной из цельного зерна с добавлением глютена |
| Влажность теста, %                                                           | 49,2                             | 51,6                                                  | 50,0                | 51,8                                                           |
| Продолжительность брожения теста, мин                                        | 70,0                             | 53,0                                                  | 65,0                | 52,0                                                           |
| Продолжительность расстойки при T= 33 °C и W <sub>отн. возд.</sub> 75 %, мин | 60,0                             | 50,0                                                  | 53,0                | 50,0                                                           |
| Температура пекарной камеры, °C (10 мин / 30 мин)                            | 240                              | 245/240                                               | 240                 | 245/240                                                        |
| Продолжительность выпечки, мин                                               | 40                               | 40                                                    | 40                  | 40                                                             |

На следующем этапе работы определяли гликемический индекс разработанных изделий. С этой целью были изготовлены 2 образца хлебобулочных изделий: из муки ржаной из цельного зерна (80,0%) или муки ржаной обдирной (80,0%) с добавлением глютена (21,0%), соли поваренной пищевой (1,4%), дрожжей хлебопекарных прессованных (2,0%) и приправ (тмин, розмарин, прованские травы от 0,1% до 0,35% в зависимости от вида приправы).

Оценку функциональности разработанных изделий определяли по постпрандиальному гликемическому ответу у здоровых взрослых добровольцев на их употребление.

Снижение постпрандиальной реакции на глюкозу может иметь значительные положительные последствия для профилактики и лечения метаболических нарушений. По данным некоторых исследований заморозка продуктов питания на основе зерномучного сырья приводит к снижению гликемического индекса. Поэтому часть образцов хлебобулочных изделий подвергали заморозке при температуре минус 18 °C в течение 24 часов, после чего продукты размораживались при комнатной температуре и употреблялись участниками исследования.

В данном исследовании приняло участие 15 добровольцев в возрасте 30 ± 10 лет. Для минимизации влияния индивидуальных факторов на результаты исследования был осуществлен строгий отбор участников. Все добровольцы предоставили информированное согласие, подтвержденное подписью и датой, что гарантирует этичность проведения исследования и соблюдение прав участников. Кроме того, кандидаты должны были соответствовать определенным критериям включения: индекс массы тела (ИМТ) менее 30 кг/м<sup>2</sup>, способность четко следовать инструкциям исследователей и соблюдать все протокольные процедуры.

Исключались лица с различными хроническими заболеваниями, которые могли бы повлиять на метаболизм глюкозы и, следовательно, исказить результаты исследования. К таким заболеваниям относятся: заболевания печени (гепатиты различной этиологии, цирроз), почек (хроническая почечная недостаточность, гломерулонефриты), поджелудочной железы (панкреатиты, муковисцидоз), а также врожденные метаболические нарушения (например, галактоземия, фенилкетонурия). Наличие аутоиммунных заболеваний (ревматоидный артрит, системная красная волчанка), воспалительных заболеваний кишечника (болезнь Крона, язвенный колит), целиакии, диабет 1 и 2 типа, любые злокачественные новообразования

в анамнезе и неконтролируемые нарушения липидного обмена (высокий уровень холестерина или триглицеридов) также служили причиной исключения из исследования. Важным критерием отбора являлось отсутствие приема биологических пищевых добавок в течение трех месяцев до начала исследования. Аналогичным образом, исключались участники, принимающие лекарственные препараты, способные влиять на уровень глюкозы в крови, такие как метформин, инсулин или глюкокортикоиды.

Отбор крови осуществляли с использованием стерильных одноразовых ланцетов и спиртовых салфеток для обеспечения гигиены и предотвращения контаминации образцов. Измерение уровня глюкозы проводили с помощью одноразовых тест-полосок и глюкометра ACCU-CHECK® Active. Следует отметить, что прибор имеет определенную погрешность измерений (10% для параллельных определений). Гликемический индекс определяли в соответствии с международным стандартом ISO 26642:2010. Согласно данному стандарту ключевым показателем при определении ГИ является IAUC (Incremental Area Under the Curve), что переводится как инкрементальная площадь под кривой. IAUC отражает изменение уровня глюкозы в крови по отношению к исходному уровню и позволяет оценить, насколько значительным было это изменение в ходе эксперимента. Гликемический индекс рассчитывается как отношение IAUC тестируемого продукта к IAUC эталонного продукта умноженное на 100. В качестве эталонного продукта используется 50 грамм чистой глюкозы. Кроме того в некоторых исследованиях при расчете гликемического индекса в качестве эталонного продукта используется белый хлеб. В данном исследовании определяли IAUC чистой глюкозы и белого хлеба.

Первое измерение было сделано в конце 8-часового периода голодания участников, после чего добровольцы употребляли исследуемые продукты без питьевой воды. Во время измерений следили за тем, чтобы добровольцы не употребляли воду, кофе или какую-либо пищу, а также избегали чрезмерных физических упражнений. Продукты начинали употреблять сразу после измерения уровня глюкозы в крови натощак, а уровни глюкозы в крови после приема пищи измеряли каждые 30 минут до 120 минут. Схема эксперимента представлена в табл. 2.

Таблица 2. Схема проведения эксперимента  
Table 2. Experimental design

| День эксперимента | Продукт                                                             | Измерение глюкозы через мин |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1                 | Глюкоза натощак                                                     | 30, 60, 90, 120             |
| 2                 | Белый хлеб                                                          | 30, 60, 90, 120             |
| 3                 | Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки                       | 30, 60, 90, 120             |
| 4                 | Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки после заморозки       | 30, 60, 90, 120             |
| 5-7               | Перерыв                                                             |                             |
| 8                 | Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки                 | 30, 60, 90, 120             |
| 9                 | Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки после заморозки | 30, 60, 90, 120             |

По полученным данным были построены графики зависимости уровней глюкозы в крови от времени и получена гликемическая кривая. Результаты исследований по оценке влияния хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки на постприандиальный глюкозный ответ у здоровых взрослых добровольцев представлены на рис.1 и 2.

Как видно из данных, представленных на рис. 1 и 2, пиковое повышение уровня глюкозы в крови испытуемых при потреблении хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки было на 9,2–18,4% ниже по сравнению с белым хлебом. Кроме того, установлено, что потребление разработанных изделий после заморозки приводит к снижению глюкозного ответа на 5,8% и 8,8% соответственно по сравнению с не замороженными продуктами.

На основании полученных данных произведен расчет гликемического индекса хлебобулочных изделий, представленный в табл. 3.

Таким образом, гликемический индекс хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки был ниже на 25,3% и 19,3% соответственно, чем гликемический индекс белого хлеба. Установлено, что заморозка изделий при температуре -18°C, в течении 24 часов способствует снижению гликемического индекса хлебобулочных изделий в среднем на 18,0% (с 67 до 55).



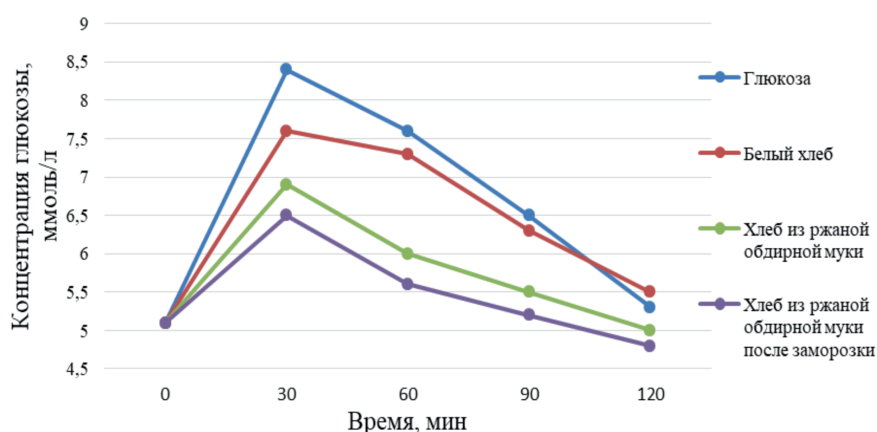


Рис. 1. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки

Fig. 1. Change in blood glucose levels of volunteers when consuming baked goods made from rye flour

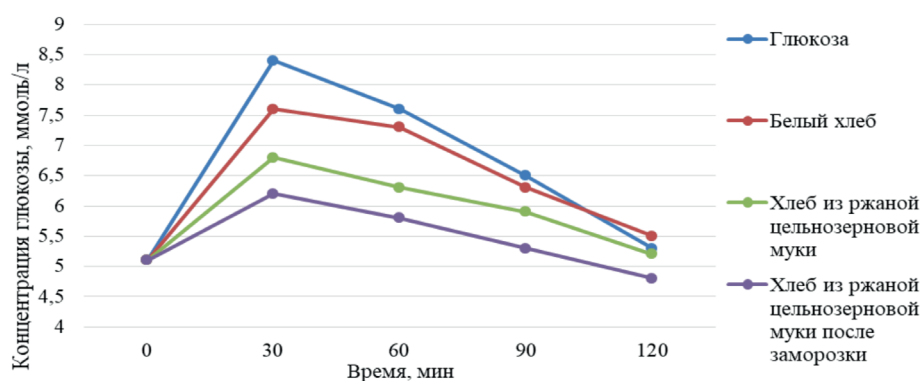


Рис.2. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении хлебобулочных изделий из ржаной цельнозерновой муки

Fig.2. Change in blood glucose levels of volunteers when consuming baked goods made from whole grain rye flour

Таблица 3. Гликемический индекс разработанных хлебобулочных изделий  
Table 3. Glycemic index of developed bakery products

| Наименование образца                                                | Площадь под кривой изменения сахара в крови после употребления пищевого продукта (IAUC) | ГИ  |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Контроль (глюкоза)                                                  | 331                                                                                     | 100 |
| Белый хлеб                                                          | 274                                                                                     | 83  |
| Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки                       | 205                                                                                     | 62  |
| Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки после заморозки       | 181                                                                                     | 55  |
| Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки                 | 222                                                                                     | 67  |
| Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки после заморозки | 189                                                                                     | 57  |

**Закключение.** В результате исследований разработан компонентный состав, установлены оптимальные технологические параметры и режимы производства хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом: двухфазный способ тестоприготовления — на густой закваске; содержание в составе хлебобулочных изделий глютена (21,0%), дрожжей прессованных (2,0%); продолжительность брожения теста до 53 минут, продолжительность расстойки тестовых заготовок до 50 минут; выпечка хлебобулочных изделий при температуре 245°C в течение 10 минут и при температуре 240°C — 30 минут.



Данные технологические параметры производства позволяют снизить активность амилолитических ферментов муки ржаной и процесс образования моно- и дисахаридов, а также улучшить органолептические показатели качества готовой продукции.

Разработанные хлебобулочные изделия из ржаной обдирной и цельнозерновой муки имеют значительно более низкий гликемический индекс по сравнению с белым хлебом. Заморозка изделий при температуре минус 18°C в течение 24 часов дополнительно снижает глюкозный ответ на их употребление.

Полученные результаты создают условия для разработки новых технологий функциональных и специализированных продуктов питания с низким гликемическим индексом. Реализация результатов исследований будет способствовать улучшению состояния здоровья и повышению качества жизни людей с метаболическими нарушениями.

### Список использованных источников

1. Juanola-Falgarona M., Ibarrola-Jurado N., Salas-Salvadó J. et al. Design and methods of the GLYNDIET study; assessing the role of glycemic index on weight loss and metabolic risk markers // *Nutr Hosp.* 2013. Vol. 28, No. 2. P. 382-390.
2. Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes // *Diabetes Care.* 2021. Vol. 44, Suppl. 1. P. S73-S84. — 2021.
3. Schneider I., Heinemann M., Hahn A. Comparison of glycemic index and satiety of cereals containing amaranth // *Journal of Human Nutrition and Food Science.* 2015. Vol. 3, No. 5. P. 1074.
4. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп. / под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб: Профессия, 2005. — С. 416
5. Пучкова, Л. И. Технология хлеба. / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. — СПб. ГИОРД, 2005. — С.559

### Информация об авторах

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

E-mail: knv@belproduct.com

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

E-mail: otpit@tut.by.

*Окулова Татьяна Витальевна*, 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.

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

E-mail: laptenokn@mail.ru

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

E-mail: texnolog 77@mail.ru

### Information about authors

*Komarova Natallia Victorovna*, PhD (Technical), Associate Professor, Deputy General Director for Scientific Work and Standardization of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: knv@belproduct.com

*Zhurnia Hanna Alexandrovna*, PhD (Technical), head of the Nutrition Department of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by.

*Akulava Tatsiana Vitalievna*, Researcher of the Nutrition Department of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by.

*Laptsenak Natalia Sergeyevna*, PhD (Technical), Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: laptenokn@mail.ru

*Sevastey Lyudmila Ivanovna*, chief technologist-head of the technology and standardization department of the State Enterprise «Beltechnokhleб» (30, Rakovskaya str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: texnolog 77@mail.ru

УДК 664.642.2

Поступила в редакцию 28.01.2025  
Received 28.01.2025**Т. Д. Самуйленко, А. В. Акулич***Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь***ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА МУЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЗАВАРНОГО ХЛЕБА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА**

**Аннотация.** Расширение ассортимента заварного хлеба связано с улучшением его пищевой ценности и потребительских свойств за счет комбинирования традиционных и нетрадиционных сырьевых компонентов. При производстве нового ассортимента определяющими являются реологические свойства теста, которые обусловлены составом сырьевых компонентов. Выявлено, что в традиционных и ускоренных технологиях заварного хлеба в качестве основного мучного сырья используется мука ржаная сеяная и солод ржаной ферментированный. Установлено, что мука ржаная сеяная входит в 73,1% рецептур. Мука пшеничная первого сорта используется в 67,3% проанализированных наименований заварного хлеба. Выявлено, что увеличение количества муки ржаной и солода ржаного ферментированного преимущественно приводит к росту водопоглотительной способности, уменьшению продолжительности замеса теста, но при этом снижается его стабильность и эластичность. Установлено, что для производства заварного хлеба с рациональной степенью увлажнения и продолжительностью образования стабильного теста, его вязкостью, низкой амилолитической активностью и ретроградацией крахмала целесообразно использовать муку ржаную сеяную в количестве от 40,0% до 60,0% и солод ржаной ферментированный — от 3,0% до 6,0% от массы муки по унифицированной рецептуре.

**Ключевые слова:** заварной хлеб, тесто, реологические свойства, мука ржаная, мука пшеничная, солод ржаной, сырьевые компоненты.

**T. D. Samuylenko, A. V. Akulich***Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus***INFLUENCE OF COMPONENT COMPOSITION OF FLOUR RAW MATERIALS FOR CUSTARD BREAD ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH**

**Abstract.** The expansion of the range of custard bread is associated with the improvement of its nutritional value and consumer properties due to the combination of traditional and non-traditional raw materials. The rheological properties of the dough, which are determined by the composition of the raw materials, are decisive in the production of the new range. It was found that in traditional and accelerated technologies of custard bread, sifted rye flour and fermented rye malt are used as the main raw materials. It was found that sifted rye flour is included in 73,1% of the recipes. First-grade wheat flour is used in 67,3% of the analyzed types of custard bread. It was found that an increase in the amount of rye flour and fermented rye malt mainly leads to an increase in water absorption capacity, a decrease in the duration of kneading the dough, but at the same time its stability and elasticity decreases. It has been established that for the production of custard bread with a rational degree of moistening and duration of formation of stable dough, its viscosity, low amylolytic activity and starch retrogradation, it is advisable to use sifted rye flour in an amount of 40,0% to 60,0% and fermented rye malt — from 3,0% to 6,0% of the flour weight according to a standardized recipe.

**Keywords:** custard bread, dough, rheological properties, rye flour, wheat flour, rye malt, raw materials.

**Введение.** Ассортимент хлеба в Республике Беларусь с внесением ржаной муки насчитывает не один десяток наименований. Его популярность как в нашей стране, так и за рубежом, определяется специфическим вкусом и ароматом, содержанием основных пищевых веществ,

доступной ценовой категорией [1–10]. Основу составляют традиционные наименования, но ежегодно разрабатывается новый ассортимент. Его расширение входит в стратегию развития всех крупных и мелких предприятий хлебопекарной отрасли. Эта тенденция преимущественно обусловлена созданием, с одной стороны, хлеба с улучшенной пищевой ценностью, с другой стороны, с улучшенными потребительскими свойствами за счет использования и комбинирования традиционных основных, дополнительных и нетрадиционных сырьевых компонентов [11–17].

В то же время, не остается в стороне и тот факт, что основным направлением при разработке новых технологий и ассортимента является возможность управления качеством на основе научно обоснованных методов и способов. Управление качеством хлеба — это системный и многоплановый процесс, включающий как сохранение традиций рассматриваемого региона, так и движение в сторону мировых тенденций в области хлебопечения. Новые направления совершенствования хлебопекарной отрасли должны базироваться на особенностях биохимических, коллоидных, микробиологических процессов приготовления хлеба и положительно отражаться на его показателях качества, вкусовых и ароматических характеристиках [18–19].

Важнейшими направлениями при производстве хлеба в настоящее время являются [20]: управление технологическими процессами; конструирование рецептурных составов хлеба; экологичность технологического процесса. Они осуществляются путем исследований показателей качества и свойств сырьевых компонентов, полуфабрикатов, готового хлеба и управления ими на основе принципов моделирования и оптимизации с учетом существующих производственных условий.

Полноценная реализация технологических процессов приготовления заварного хлеба определяется, в частности, реологическими свойствами теста, которые проявляются при замесе, брожении, расстойки и выпечки и обусловлены составом сырьевых компонентов. Их комбинация существенно влияет на консистенцию теста, его стабильность, а в последствие и на потребительские свойства хлеба [21]. В то же время реологические свойства теста для заварного хлеба имеют особенности. Такое тесто представляет собой густую жидкость, которая состоит из твердой, жидкой, и газообразной фаз. Соотношение этих фаз влияет на вязкость теста и его формоудерживающую способность [22–24]. Содержание муки ржаной, соотношение ее с мукой пшеничной, наличие солода ржаного сухого (ферментированного и/или неферментированного) в рецептурном составе могут варьировать реологические свойства теста, что влияет на процессы его разделки и выпечки заварного хлеба, а также возможность использования дополнительных и/или нетрадиционных сырьевых компонентов.

Поэтому актуальным является исследование реологических свойств теста с использованием ржаной муки для заварного хлеба. Такие исследования позволяют установить технологические параметры приготовления ассортимента, выявить базовые соотношения применяемого мучного сырья, которые могут использоваться для разработки рецептурных составов с внесением широкого спектра сырьевых компонентов.

**Цель исследования** — установить влияние компонентного состава мучного сырья для заварного хлеба на основные реологические свойства теста.

**Задачи исследования:** провести анализ компонентного состава мучного сырья для традиционных и наиболее распространенных наименований заварного хлеба, производимого хлебопекарными предприятиями Республики Беларусь; исследовать влияние соотношений мучного сырья для заварного хлеба на реологические свойства теста.

**Материалы и методы исследований.** В качестве материалов исследований выбраны: мука ржаная, мука пшеничная, солод ржаной сухой в различных соотношениях. Реологические показатели теста с использованием ржаной муки для заварного хлеба проведены с использованием анализатора Миксолаб CHOPIN. Он предназначен для контроля динамики реологического поведения теста в процессе замеса по характеру изменения крутящего момента и определения водопоглотительной способности мучного сырья, времени образования теста, его стабильности, степени разжижения, консистенции в процессе нагрева [25–28].

Для установления влияния основных мучных компонентов на реологические свойства теста, проявляемые в ходе технологического процесса получения заварного хлеба, использована универсальная статистическая графическая система Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company [29–31].

Исследования проведены в рамках задания ГПНИ по теме «Исследование и моделирование реологических свойств ржаного теста для заварного хлеба» (номер государственной регистрации 20240560).

**Результаты исследований и их обсуждение.** В табл. 1 представлены соотношения основных сырьевых компонентов в рецептурах заварного хлеба различного ассортимента с использованием ржаной муки.

Таблица 1. Соотношения основных сырьевых компонентов в рецептурах заварного хлеба различного ассортимента с использованием ржаной муки

Table 1. The ratios of the main raw materials in the formulations of custard bread of various ranges using rye flour

| Ассортимент заварного хлеба                        | Основные сырьевые компоненты, кг на 100 кг муки по унифицированной рецептуре |          |         |                |             |             |         |                    |                  |   |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------------|-------------|-------------|---------|--------------------|------------------|---|
|                                                    | мука ржаная                                                                  |          |         | мука пшеничная |             |             | обойная | солод ржаной       |                  |   |
|                                                    | сеяная                                                                       | обдирная | обойная | высший сорт    | первый сорт | второй сорт |         | неферментированный | ферментированный |   |
| Хлеб «Траецкі» витаминизированный                  | 90,0                                                                         | —        | —       | —              | 4,0         | —           | —       | 6,0                | —                | — |
| Хлеб «Траецкі» новый                               | 90,0                                                                         | —        | —       | —              | 5,0         | —           | —       | 5,0                | —                | — |
| Хлеб пеклеванный «Виру»                            | 65,0                                                                         | 10,0     | —       | —              | 20,0        | —           | —       | 5,0                | —                | — |
| Хлеб рижский                                       | 85,0                                                                         | —        | —       | —              | 10,0        | —           | —       | 5,0                | —                | — |
| Хлеб нарочанский                                   | 73,0                                                                         | —        | —       | —              | 15,0        | —           | —       | 7,0                | —                | — |
| Хлеб «Наша спадчына»                               | 51,0                                                                         | —        | —       | —              | 46,0        | —           | —       | 3,0                | —                | — |
| Хлеб «Берестейский новый»                          | 70,0                                                                         | —        | —       | —              | 26,0        | —           | —       | 4,0                | —                | — |
| Хлеб «Берестейский обычный»                        | 74,0                                                                         | —        | —       | —              | 20,0        | —           | —       | 6,0                | —                | — |
| Хлеб сыброўскі                                     | 70,0                                                                         | —        | —       | —              | 26,0        | —           | —       | 4,0                | —                | — |
| Хлеб сапраўдны                                     | 66,0                                                                         | —        | —       | —              | 30,0        | —           | —       | 4,0                | —                | — |
| Хлеб «Бородинский»                                 | —                                                                            | —        | 80,0    | —              | —           | 15,0        | —       | —                  | 5,0              | — |
| Хлеб «Ржаной московский»                           | —                                                                            | —        | 93,0    | —              | —           | —           | —       | —                  | 7,0              | — |
| Хлеб с морской капустой                            | —                                                                            | 50,0     | —       | —              | 47,0        | —           | —       | —                  | 3,0              | — |
| Хлеб «Деликатесный»                                | 85,0                                                                         | —        | —       | 10,0           | —           | —           | —       | 5,0                | —                | — |
| Хлеб заварной пеклеванный                          | 72,0                                                                         | —        | —       | —              | —           | 25,0        | —       | 3,0                | —                | — |
| Хлеб «Карельский»                                  | 10,0                                                                         | —        | —       | —              | 85,0        | —           | —       | —                  | 5,0              | — |
| Мини-багет пшенично-ржаной «Карельский»            | —                                                                            | 20,0     | —       | —              | 70,0        | —           | —       | —                  | 10,0             | — |
| Хлеб «Апфельброт»                                  | —                                                                            | 20,0     | —       | 75,0           | —           | —           | —       | —                  | 5,0              | — |
| Хлеб «Заварной»                                    | —                                                                            | —        | 95,0    | —              | —           | —           | —       | —                  | 5,0              | — |
| Хлеб эстонский заварной                            | —                                                                            | 100,0    | —       | —              | —           | —           | —       | —                  | —                | — |
| Хлеб пшенично-ржаной «Русские традиции» и «Гарлик» | —                                                                            | 20,0     | —       | 75,0           | —           | —           | —       | —                  | 5,0              | — |
| Хлеб пшенично-ржаной «Мультизлак»                  | —                                                                            | 17,0     | —       | 80,5           | —           | —           | —       | —                  | 2,5              | — |
| Хлеб «Заварной»                                    | —                                                                            | 35,0     | —       | —              | 40,0        | —           | —       | —                  | —                | — |
| Хлеб ржано-пшеничный заварной                      | —                                                                            | —        | 40,0    | —              | —           | —           | 55,0    | —                  | 5,0              | — |
| Хлеб «Квасной оригинальный»                        | —                                                                            | 35,0     | —       | —              | 40,0        | —           | —       | —                  | —                | — |
| Хлеб «Любительский»                                | —                                                                            | 80,0     | —       | —              | —           | 15,0        | —       | —                  | 5,0              | — |
| Хлеб «Приморский»                                  | 71,0                                                                         | —        | —       | —              | 25,0        | —           | —       | 4,0                | —                | — |

|                                                                                      |           |      |   |   |   |   |   |           |      |     |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|---|---|---|---|---|-----------|------|-----|---|
| Хлеб «Лидский ржаной»                                                                | 65,0      | 32,0 | — | — | — | — | — | —         | —    | 3,0 | — |
| Хлеб «Пахытны» с тмином                                                              | 70,0      | —    | — | — | — | — | — | 26,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Карабановский»                                                                 | 66,0      | —    | — | — | — | — | — | 30,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Загадка»                                                                       | 70,0      | —    | — | — | — | — | — | 25,0      | —    | 5,0 | — |
| Хлеб «Пикник»                                                                        | 76,0      | —    | — | — | — | — | — | 20,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Замковый новый»                                                                | 67,0–77,0 | —    | — | — | — | — | — | 30,0–20,0 | —    | 3,0 | — |
| Хлеб «Спадар Неманский»                                                              | 70,0      | —    | — | — | — | — | — | 26,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Дворянский»                                                                    | 64,0      | —    | — | — | — | — | — | 30,0      | —    | 6,0 | — |
| Хлеб «Столичный»                                                                     | 50,0      | —    | — | — | — | — | — | 42,0      | —    | 8,0 | — |
| Хлеб «Вечельский»                                                                    | —         | 59,0 | — | — | — | — | — | 40,0      | —    | 1,0 | — |
| Хлеб «Детковский» новый                                                              | 53,0      | —    | — | — | — | — | — | 40,0      | —    | 5,0 | — |
| Хлеб «Борисовский диабетический»                                                     | 46,0      | 40,0 | — | — | — | — | — | —         | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Борисовский особый»                                                            | 46,0      | —    | — | — | — | — | — | —         | —    | 5,0 | — |
| Хлеб ситный                                                                          | 58,0      | 10,0 | — | — | — | — | — | 30,0      | —    | 2,0 | — |
| Хлеб «Спадар»                                                                        | 70,0      | —    | — | — | — | — | — | 25,0      | —    | 5,0 | — |
| Хлеб «Беленицкий»                                                                    | 65,0      | —    | — | — | — | — | — | 30,0      | —    | 5,0 | — |
| Хлеб «Бриз»                                                                          | 60,0      | —    | — | — | — | — | — | 34,0      | —    | 6,0 | — |
| Хлеб «Приморский»                                                                    | 71,0      | —    | — | — | — | — | — | 25,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Новобелорусский злаковый бездрожжевой» и «Новобелорусский особый бездрожжевой» | 40,0      | 30,0 | — | — | — | — | — | 20,0      | —    | —   | — |
| Хлеб «Муромский» злаковый                                                            | 60,0      | —    | — | — | — | — | — | —         | —    | 8,0 | — |
| Хлеб «Муромский» особый                                                              | 65,0      | —    | — | — | — | — | — | —         | —    | 5,0 | — |
| Хлеб «Муромский» медовый                                                             | 50,0      | 14,0 | — | — | — | — | — | 15,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб обогащенный селеном                                                             | 66,0      | —    | — | — | — | — | — | 30,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Гусарский»                                                                     | 56,0      | —    | — | — | — | — | — | 40,0      | —    | 4,0 | — |
| Хлеб «Городский»                                                                     | 60,0      | —    | — | — | — | — | — | —         | 30,0 | 4,0 | — |



Из анализа данных, представленных в табл. 1, следует, что в составе заварного хлеба используется преимущественно мука ржаная сеяная, мука ржаная обдирная, мука пшеничная первого и второго сорта, солод ржаной ферментированный и неферментированный. Мука ржаная сеяная вносится в количестве от 10,0% до 90,0%, а мука ржаная обдирная от 10,0% до 100,0% от массы муки по унифицированной рецептуре и входит соответственно в 73,1% и 30,8% анализируемых рецептур заварного хлеба. Стоит отметить, что совместное использование муки ржаной сеяной и обдирной в рецептурном составе хлеба является достаточно распространенной производственной практикой. Мука ржаная обойная применяется в количестве от 40,0% до 95,0% от массы муки по унифицированной рецептуре и входит в 3,9% анализируемых рецептур. Мука пшеничная при производстве заварного хлеба вносится только определенного сорта. Мука пшеничная высшего сорта в рецептурном составе используется в количестве от 10,0% до 80,5% от массы муки по унифицированной рецептуре и входит в 3,9% анализируемых наименований заварного хлеба. Следует учитывать тот факт, что мука пшеничная высшего сорта входит преимущественно в рецептурный состав хлеба, изготавливаемого по ускоренным технологиям. Эта особенность связана с необходимостью стабилизации реологических свойств теста для такого ассортимента. При этом ее применение приводит к удорожанию, что не всегда рационально для массового потребителя. Мука пшеничная первого сорта используется в количестве от 4,0% до 85,0% от массы муки по унифицированной рецептуре и входит в 67,3% анализируемых наименований заварного хлеба. Мука пшеничная второго сорта вносится в количестве от 15,0% до 25,0% от массы муки по унифицированной рецептуре и входит в состав 5,8% наименований заварного хлеба. Мука пшеничная обойная в рецептурном составе заварного хлеба встречается редко (в 3,9% наименований), что обусловлено ее пониженными хлебопекарными свойствами или производством традиционного более дешевого ассортимента. Количество муки пшеничной обойной варьируется от 30,0% до 55,0% от массы муки по унифицированной рецептуре. В большинство рецептур заварного хлеба включен солод ржаной сухой. Этот сырьевой компонент применяется или в качестве источника амилалитических ферментов для осахаривания ржаных заварок (солод ржаной неферментированный), или в качестве цвето-вкусо-ароматической добавки (солод ржаной ферментированный). Солод ржаной неферментированный вносится только на стадии приготовления ржаных заварок в традиционных технологиях заварного хлеба в количестве от 1,0% до 8,0% от массы муки по унифицированной рецептуре. Используется этот сырьевой компонент в 71,2% рецептур анализируемого ассортимента хлеба (таблица 1). Солод ржаной ферментированный применяется в количестве от 2,5% до 10,0% от массы муки по унифицированной рецептуре в 21,2% рецептур заварного хлеба. Солод ржаной ферментированный добавляется как в традиционных технологиях производства хлеба на стадиях приготовления ржаных заварок и/или теста, так и в ускоренных технологиях на стадиях замеса теста.

Таким образом, к наиболее часто используемому мучному сырью в составе заварного хлеба как в традиционных, так и в ускоренных технологиях относится мука ржаная сеяная и солод ржаной ферментированный.

При приготовлении теста существенным является не только выбор сырьевых компонентов путем исследования их свойств и показателей качества, но и изучение их поведения в различных сочетаниях, в ходе технологического процесса (реологические свойства теста) путем моделирования процессов замеса теста, его брожения, расстойки, выпечки и охлаждения. Такой метод комплексной оценки с высокой достоверностью позволяет оценить как качество исходных сырьевых компонентов и их комбинации, так и прогнозировать качество готового заварного хлеба на их основе.

В качестве параметров, влияющих на реологические свойства и обуславливающие поведение заварного теста в ходе технологического процесса, приняты соотношения мучных сырьевых компонентов:

- ♦ содержание муки ржаной сеяной, как наиболее часто применяемой,  $X_1$ , %, от 10,0% до 90,0% от массы муки по унифицированной рецептуре для заварного хлеба;
- ♦ содержание солода ржаного ферментированного  $X_2$ , %, от 2,5% до 10,0% от массы муки по унифицированной рецептуре для заварного хлеба.

Проведены экспериментальные исследования по плану полного факторного эксперимента ( $3 \times 2$ ), состоящего из 6 опытов, при различном соотношении сырьевых компонентов (таблица 2).

Получены сухие смеси массой 300 г с соотношением сырьевых компонентов, представленных в табл. 2, для приготовления теста и оценки его реологических свойств. Проведены исследования теста на приборе Миксолаб СНОРIN и дан их анализ. В качестве критериев

оценки выбраны показатели, характеризующие реологические свойства теста, а именно водопоглотительная способность ( $Y_1$ , %), время образования теста ( $Y_2$ , мин), стабильность теста ( $Y_3$ , мин), амплитуда ( $Y_4$ , Н·м), крутящие моменты в наиболее характерных точках миксолабограммы ( $Y_5$ ,  $Y_6$ ,  $Y_7$ ,  $Y_8$ ,  $Y_9$ , Нм) и значения критериев, определяемых с применением функции Mixolab Profiler.

Таблица 2. Соотношения мучных сырьевых компонентов в образцах при проведении экспериментов

Table 2. Ratios of flour raw materials in the samples during experiments

| № образца | Соотношения мучных сырьевых компонентов |                                         |                                                 |
|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
|           | Мука ржаная сеяная $X_1$ , %            | Солод ржаной ферментированный $X_2$ , % | Мука пшеничная 1 сорта ( $100 - X_1 - X_2$ ), % |
| 1         | 10,0                                    | 2,5                                     | 87,5                                            |
| 2         | 10,0                                    | 10,0                                    | 80,0                                            |
| 3         | 50,0                                    | 2,5                                     | 47,5                                            |
| 4         | 50,0                                    | 10,0                                    | 40,0                                            |
| 5         | 90,0                                    | 2,5                                     | 7,5                                             |
| 6         | 90,0                                    | 10,0                                    | 0,0                                             |

На рис. 1 представлена миксолабограмма образца №1 теста на приборе Миксолаб CHOPIN совместно с функцией Mixolab Profiler.

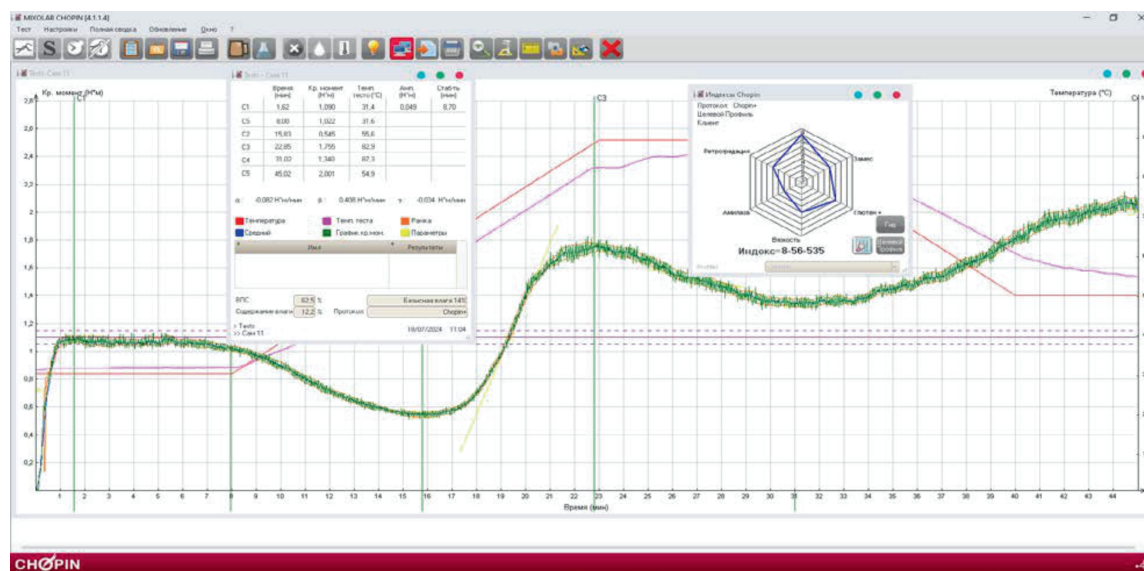


Рис. 1. Миксолабограмма образца №1 теста на приборе Миксолаб CHOPIN совместно с функцией Mixolab Profiler

Fig. 1. Mixolabogram of sample 1 of dough on Mixolab CHOPIN together with Mixolab Profiler function

На миксолабограмме отражены величины крутящего момента в наиболее характерных точках при формировании теста на приборе Mixolab CHOPIN C1, C2, C3, C4, C5, время их регистрации, соответствующие температуры теста и тестомесильной емкости, водопоглотительная способность смеси сырьевых компонентов. Точка C1 соответствует максимальной консистенции теста в течение первых 8 минут после начала его замеса. Это значение должно составлять 1,1 Нм ( $\pm 0,05$  Н·м) [32–33]. Именно эта величина принимается для расчета водопоглотительной способности. Точка C2 характеризует минимальную консистенцию теста на начальном этапе нагрева. Снижение вязкости на этой стадии объясняется денатурацией белков, которые высвобождают воду, поглощенную во время замеса. Точка C3 характеризует максимальную консистенцию теста в процессе клейстеризации крахмала. Точка C4 определяет стабильность крахмального клейстера теста. Точка C5 характеризует реологическое поведение крахмала при охлаждении, обусловленное его ретроградацией. Для более полного описания реологических свойств дополнительно на приборе Миксолаб CHOPIN

представлена функция Mixolab Profiler. Она преобразовывает стандартную кривую в набор из шести критериев с оценками от 0 до 9, описывающих исследуемый образец теста, а именно: абсорбционный потенциал или индекс водопоглощения; поведение при замесе или индекс замеса; прочность клейковины или индекс клейковины+ (индекс глютен+); максимальная вязкость или индекс вязкости; амилалитическая активность или индекс амилализа; ретроградация или индекс ретроградации [32–33].

Для всех образцов теста с использованием ржаной муки для заварного хлеба определены показатели их реологических свойств (табл. 3), а также оценки критериев с применением функции Mixolab Profiler (табл. 4).

Таблица 3. Показатели реологических свойств образцов теста с использованием ржаной муки для заварного хлеба

Table 3. Rheological properties of dough samples using rye flour for custard bread

| № образца теста                 | Водопоглотительная способность $Y_1$ , % | Время образования теста $Y_2$ , мин | Стабильность теста $Y_3$ , мин | Амплитуда $Y_4$ , Н·м | Крутящие моменты в наиболее характерных точках миксолабограммы |                        |                        |                        |                        |
|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                 |                                          |                                     |                                |                       | в C1 точке $Y_5$ , Н·м                                         | в C2 точке $Y_6$ , Н·м | в C3 точке $Y_7$ , Н·м | в C4 точке $Y_8$ , Н·м | в C5 точке $Y_9$ , Н·м |
| 1                               | 62,5                                     | 1,62                                | 8,70                           | 0,049                 | 1,090                                                          | 0,545                  | 1,755                  | 1,340                  | 2,001                  |
| 2                               | 63,7                                     | 4,13                                | 4,90                           | 0,049                 | 1,129                                                          | 0,401                  | 1,715                  | 1,389                  | 2,027                  |
| 3                               | 64,5                                     | 3,58                                | 6,70                           | 0,051                 | 1,108                                                          | 0,536                  | 1,807                  | 1,229                  | 1,858                  |
| 4                               | 65,7                                     | 3,10                                | 4,60                           | 0,045                 | 1,061                                                          | 0,437                  | 1,691                  | 1,063                  | 1,447                  |
| 5                               | 67,2                                     | 1,45                                | 5,10                           | 0,068                 | 1,143                                                          | 0,624                  | 1,916                  | 0,979                  | 1,446                  |
| 6                               | 65,0                                     | 1,50                                | 4,10                           | 0,042                 | 1,104                                                          | 0,574                  | 1,847                  | 0,920                  | 1,341                  |
| из муки ржаной сеяной           | 70,5                                     | 1,02                                | 2,30                           | 0,058                 | 1,110                                                          | 0,551                  | 1,638                  | 0,706                  | 1,111                  |
| из муки пшеничной первого сорта | 57,3                                     | 1,38                                | 8,90                           | 0,068                 | 1,098                                                          | 0,411                  | 1,865                  | 1,585                  | 2,662                  |

Таблица 4. Показатели образцов теста с использованием ржаной муки для заварного хлеба с применением функции Mixolab Profiler

Table 4. Indicators of dough samples using rye flour for custard bread using the Mixolab Profiler function

| № образца теста                 | Оценка критериев      |               |                               |                 |                  |                      |
|---------------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|
|                                 | индекс водопоглощения | индекс замеса | индекс клейковины+ (глютена+) | индекс вязкости | индекс амилализа | индекс ретроградации |
| 1                               | 8                     | 5             | 6                             | 5               | 3                | 5                    |
| 2                               | 8                     | 2             | 4                             | 5               | 3                | 5                    |
| 3                               | 8                     | 3             | 7                             | 6               | 2                | 4                    |
| 4                               | 8                     | 2             | 6                             | 5               | 1                | 3                    |
| 5                               | 9                     | 2             | 8                             | 6               | 1                | 3                    |
| 6                               | 8                     | 1             | 8                             | 5               | 1                | 3                    |
| из муки ржаной сеяной           | 9                     | 1             | 8                             | 2               | 1                | 3                    |
| из муки пшеничной первого сорта | 4                     | 2             | 2                             | 7               | 5                | 7                    |

Анализ результатов исследований, представленных в табл. 3 и обработанных в программном приложении Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company, показывает, что соотношение муки ржаной сеяной и пшеничной муки первого сорта с дополнительным внесением солода ржаного ферментированного оказывает влияние на отдельные показатели реологических свойств теста. Повышение количества муки ржаной и солода ржаного ферментированного преимущественно приводит к увеличению водопоглотительной способности, снижению продолжительности замеса, стабильности теста и его эластичности, которую характеризует показатель амплитуды.

Для всех образцов крутящие моменты, характеризующие максимальную консистенцию теста (точка С1) изменяются от 1,061 Нм до 1,143 Нм и соответствуют рекомендуемому значению ( $1,1 \pm 0,05$  Нм). Показатель разжижения теста или минимальная консистенция, определяемая крутящим моментом в точке С2, варьируется в диапазоне от 0,401 Нм до 0,624 Нм. С увеличением содержания муки ржаной и солода ржаного ферментированного уменьшается крутящий момент С2, а следовательно, возрастает разжижение теста при повышении температуры. Максимальная консистенция теста в процессе клейстеризации крахмала (точка С3) изменяется от 1,691 Нм до 1,916 Нм. Все образцы имеют большую вязкость, чем у муки ржаной, а в некоторых случаях и муки пшеничной первого сорта. Такое увеличение обусловлено соотношением муки ржаной и пшеничной, а также наличием в составе теста солода ржаного ферментированного. С ростом количества солода ржаного ферментированного максимальная консистенция теста снижается. При увеличении количества муки ржаной максимальная консистенция теста преимущественно возрастает. Крутящий момент в точке С4, характеризующий стабильность крахмального клейстера в горячем состоянии, изменяется от 0,920 Нм до 1,389 Нм. Увеличение количества муки ржаной и солода ржаного ферментированного способствует снижению стабильности крахмального клейстера. Крутящий момент в точке С5 для исследуемых образцов теста изменяется от 1,341 Нм до 2,027 Нм (таблица 3). Применение ржаной муки позволяет снизить ретроградацию крахмала, что обусловлено ее хлебопекарными свойствами.

Анализ результатов исследований показывает, что соотношение муки ржаной и пшеничной, использование солода ржаного ферментированного влияет на оценку критериев реологических свойств теста (таблица 4), что подтверждается полученными кривыми Mixolab Profiler. Абсорбционный потенциал или индекс водопоглощения, характеризующий состав по содержанию отдельных химических веществ (белок, крахмал, клетчатка и др.) и влияющий на выход теста, для всех образцов изменяется от 8 до 9 (таблица 4). Чем выше значение показателя, тем больше воды поглощает сухая смесь сырьевых компонентов, что подтверждает ранее полученные данные по показателю водопоглотительной способности. Индекс замеса, описывающий поведение теста при температуре 30 °C (стабильность, время образования теста, его ослабление и разжижение), изменяется от 1 до 5. Чем выше это значение, тем стабильнее тесто при замесе. Закономерно при увеличении количества муки ржаной и солода ржаного ферментированного стабильность теста уменьшается. Прочность клейковины или индекс клейковины+ (глютен+), описывающий поведение клейковины (белков) при нагреве теста, изменяется для всех образцов от 4 до 8. Высокое значение показателя соответствует большому сопротивлению клейковины нагреву. Индекс вязкости, характеризующий изменение вязкости теста при нагреве и зависящий от амилолитической активности и качества крахмала, изменяется от 5 до 6. Большее значение показателя соответствует высокой вязкости теста при нагреве. Амилолитическая активность или индекс амилолиза, представляющий собой функцию способности крахмала противостоять амилолизу, изменяется у исследуемых образцов от 1 до 3 (таблица 4). Высокие значения показателя соответствуют низкой амилолитической активности. С ростом количества муки ржаной увеличивается амилолитическая активность. Индекс ретроградации, представляющий функцию характеристик крахмала и его гидролиза, изменяется от 3 до 5. Увеличение значения показателя приводит к уменьшению срока хранения конечной продукции. Закономерно увеличение количества муки ржаной, а также солода ржаного ферментированного уменьшают ретроградацию крахмала.

В результате обработки экспериментальных данных получены зависимости (1–3) для расчета стабильности теста ( $Y_3$ , мин) и крутящих моментов в точках С2 ( $Y_6$ , Нм) и С3 ( $Y_7$ , Нм) миксолограммы от содержания муки ржаной сеяной и солода ржаного ферментированного с учетом значимых коэффициентов, которые имеют вид:

$$Y_3 = 10,77 - 0,0649 X_1 - 0,678 X_2, \quad (1)$$

$$Y_6 = 0,643 - 0,0042 X_1 - 0,0257 X_2 + 0,0000441 (X_1)^2 + 0,0002 X_1 X_2, \quad (2)$$

$$Y_7 = 2,17 + 0,000116 \cdot (X_1)^2, \quad (3)$$

Для полученных зависимостей определены коэффициенты детерминации  $R^2$ , которые составляют 0,99–1,0.

По результатам исследований необходимо отметить, что для получения теста в производстве заварного хлеба с рациональной степенью увлажнения, продолжительностью его образования, стабильностью и вязкостью, низкой амилолитической активностью и ретро-



градацией крахмала целесообразно использовать сырьевые компоненты в базовом соотношении: мука ржаная сеяная — от 40,0% до 60,0%, солод ржаной ферментированный — от 3,0% до 6,0% от массы муки по унифицированной рецептуре.

**Заключение.** Анализ рецептурных составов показывает, что наиболее часто в традиционных и ускоренных технологиях заварного хлеба используется мука ржаная сеяная и мука пшеничная первого сорта. Выявлено, что мука ржаная сеяная применяется в количестве от 10,0% до 90,0%, а мука пшеничная первого сорта в количестве от 4,0% до 85,0% от массы муки по унифицированной рецептуре и входит соответственно в 73,1% и 67,3% анализируемых наименований заварного хлеба. Солод ржаной ферментированный применяется как в традиционных, так и в ускоренных технологиях производства заварного хлеба в количестве от 2,5% до 10,0%.

Установлено, что соотношение муки ржаной сеяной и муки пшеничной первого сорта с дополнительным внесением солода ржаного ферментированного влияет на показатели реологических свойств теста. С ростом количества муки ржаной и солода ржаного ферментированного увеличивается водопоглощательная способность, снижается продолжительность замеса, стабильность теста и его эластичность. Определено, что при получении теста для ассортимента заварного хлеба следует использовать муку ржаную сеяную в количестве от 40,0% до 60,0% и солод ржаной ферментированный — от 3,0% до 6,0% от массы муки по унифицированной рецептуре. Такое базовое соотношение обеспечивает получение теста с рациональной степенью увлажнения, продолжительностью его образования, стабильностью и вязкостью, низкой амилолитической активностью и ретроградацией крахмала.

#### Список использованных источников

1. Самуйленко, Т. Д. Технологии сброженной заварки в дискретном режиме производства заварных сортов хлеба: монография / Т. Д. Самуйленко, А. В. Акулич. — Могилев: БГУТ, 2021. — С. 260.
2. Чубенко, Н. Т. Вкус и аромат хлеба — важный фактор воздействия на его потребление / Н. Т. Чубенко // Хлебопечение России. — 2016. — № 1. — С. 10–11.
3. Шатнюк, Л. Н. Хлеб и хлебобулочные изделия как источник и носитель микронутриентов в питании россиян / Л. Н. Шатнюк, В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Хлебопечение России. — 2012. — № 3. — С. 20–23.
4. Rye — A healthy cereal full of dietary fiber / P. Aman [et al.] // Cereal Foods World. — 2010. — № 55. — P. 231–234.
5. Autio, K. Observing structural differences in wheat and rye breads / K. Autio, T. Parkkonen, M. Fabritius // Cereal Foods World. — 1997. — № 42. — P. 702–705.
6. Willingness to eat bread with health benefits: habits, taste and health in bread choice / M. Sajdakowska [et al.] // Public health. — 2019. — № 167. — P. 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.10.018>.
7. Different liking but similar healthiness perceptions of rye bread among younger and older consumers in Sweden / Pernilla Sandvik [et al.] // Food Quality and Preference. — 2017. — № 61. — P. 26–37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.04.016>.
8. Poutanen, Kaisa. Rye and Rye Bread An Important Part of the North European Bread Basket / Kaisa Poutanen // Rye and Health. — P. 1–5.
9. Rye bread intake improves oxidation resistance of LDL in healthy humans / P.P. Söderholm [et al.] // Atherosclerosis. — 2012. — № 221. — Pp. 583–586. [doi:10.1016/j.atherosclerosis.2012.01.030](https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2012.01.030).
10. Flavonoids, anthocyanins, phenolamides, benzoxazinoids, lignans and alkylresorcinols in rye (*Secale cereale*) and some rye products / Juha-Matti Pihlava [et al.] // Journal of Cereal Science. — 2018. — № 79. — P. 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.009>.
11. Акулич, А. В. Особенности рынка хлебопечения и перспективные направления развития хлебопекарной отрасли Беларуси и России / А. В. Акулич, М. Н. Костюченко, М. Г. Балыхин, Т. Д. Самуйленко, И. И. Шапошников // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2022. — № 3. — С. 187–209. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.349>.
12. Чубенко, Н. Т. Современные тенденции развития производства хлебобулочных изделий / Н. Т. Чубенко // Хлебопечение России. — 2012. — № 2. — С. 8–9.
13. Чубенко, Н. Т. О ситуации на рынке хлеба / Н. Т. Чубенко // Хлебопечение России. — 2012. — № 1. — С. 7–8.
14. Кузнецова, Л. И. Ржаной хлеб — развитие технологий и ассортимента / Л. И. Кузнецова // Хлебопечение России. — 2015. — № 2. — С. 18–19.
15. Mastication-induced release of compounds from rye and wheat breads to saliva / Saara Pentikäinen [et al.] // Food Chemistry. — 2019. — № 270. — P. 502–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.110>.
16. Jensen, Jesper Kronborg. Product carbon footprint of rye bread / Jesper Kronborg Jensen, Jan Stentoft Arlbjörn // Journal of Cleaner Production. — 2014. — № 82. — P. 45–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.061>.



17. Rye phenolics in nutrition and health / Isabel Bondia-Pons [et al.] // Journal of Cereal Science. — 2009. — № 49. — P. 323–336. doi:10.1016/j.jcs.2009.01.007.
18. Косован, А. П. Время кардинально решать проблему качества хлеба / А. П. Косован, Н. Т. Чубенко // Хлебопечение России. — 2015. — № 5. — С. 4–5.
19. Чубенко, Н. Т. Ассортимент хлебобучных изделий в регионах России и тенденции его развития / Н. Т. Чубенко // Хлебопечение России. — 2017. — № 6. — С. 8–9.
20. Косован, А. П. Научное обеспечение хлебопекарной отрасли / А. П. Косован // Хлебопечение России. — 2013. — № 6. — С. 12–14.
21. Андреев, А. Н. Применение методов реологии для стабилизации консистенции ржано-пшеничного теста при использовании дополнительного сырья / А. Н. Андреев, Ю. А. Виноградов // Процессы и аппараты пищевых производств. — 2011. — № 2. — С. 56–63.
22. Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки / В. Я. Черных [и др.] // Хлебопродукты. — 2000. — № 8. — С. 21–25.
23. Dough rheology and physicochemical and sensory properties of wheat-peanut composite flour bread / Sihle G. Shongwe [et al.] // Legume Science. — 2022. — Volume 138. — PP. 1–8.
24. Quality prediction of bread made from composite flours using different parameters of empirical rheology / Aleksandra M. Torbica [et al.] // Journal of Cereal Science. — 2019. — PP. 654–657.
25. Определение реологических характеристик теста на приборе «Миксолаб» из муки с различных систем технологического процесса / Д. А. Жигунов [и др.] // Хлебопродукты. — 2013. — № 2. — С. 50–54.
26. Черных, И. В. Совершенствование контроля качества муки с использованием современных информационно-измерительных систем / И. В. Черных, А. В. Лебедев // Хлебопродукты. — 2012. — № 6. — С. 41–43.
27. Исследование реологических свойств сухих мучных полуфабрикатов с использованием ржаной муки / А. В. Акулич, Р. Т. Тимакова, Т. Д. Самуйленко, Лукиных М.И. // Индустрия питания. — 2023. — № 3. — С. 6–17. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-3-1>, EDN: AZUJWY.
28. Самуйленко, Т. Д. Анализ современных сырьевых компонентов растительного происхождения, используемых в технологии хлеба с внесением ржаной муки / Т. Д. Самуйленко // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. — 2024. — № 1. — С. 59–80.
29. Дюк, В. А. Обработка данных на ПК в примерах / В. А. Дюк. — СПб.: ПИТЕР, 1997. — С. 240.
30. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов: учебное пособие / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. — М.: ДеЛи принт, 2005. — С. 294.
31. Берестнева, О. Г. Прикладная математическая статистика / О. Г. Берестнева, О. В. Марухина, Г. Е. Шевелев. — Томск: Издательство томского политехнического университета, 2012. — С. 188.
32. Руководство пользователя прибора Mixolab. — 2008. — С. 63.
33. Руководство по приложениям Mixolab. — 2009. — С. 79.

#### Информация об авторах

*Самуйленко Татьяна Дмитриевна*, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по идеологической и воспитательной работе химико-технологического факультета, учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: [TataSam@tut.by](mailto:TataSam@tut.by)

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

E-mail: [akulichav@bgut.by](mailto:akulichav@bgut.by)

#### Information about the authors

*Samuylenko Tatyana Dmitrievna*, PhD (Technical), associate Professor, Deputy Dean for Ideological and Educational Work at the Faculty of Chemistry and Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Avenue, Mogilev, 212027, Republic of Belarus).

E-mail: [TataSam@tut.by](mailto:TataSam@tut.by)

*Akulich Alexander Vasilievich*, Honored Inventor of the Republic of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Avenue, Mogilev, 212027, Republic of Belarus).

E-mail: [akulichav@bgut.by](mailto:akulichav@bgut.by)

УДК 637.56.043

Поступила в редакцию 10.12.2024  
Received 10.12.2024**А. А. Гнедов***УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
г. Витебск, Республика Беларусь***СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ОМЕГА 3  
И ОМЕГА 6 В МЯСЕ СЕВЕРНЫХ РЫБ**

**Аннотация.** Приведены результаты биохимических исследований в образцах мяса некоторых рыб, обитающих в низовьях бассейна р. Енисей. Определен широкий спектр биологически активных веществ, в том числе — жирные кислоты.

Рыбы северных регионов, в частности, обитающие в низовьях бассейна р. Енисей, целенаправленно не исследовались на предмет содержания полиненасыщенных жирных кислот, составляющих комплекс Омега. Поэтому определена цель работы: на основе физико-химических и биохимических показателей произвести сравнительный анализ содержания полиненасыщенных жирных кислот в мясе северных рыб.

Методика исследований включала отбор образцов, пробоподготовку, определение биохимического состава в соответствии с требованиями нормативных документов. Определены показатели пищевой ценности в соответствии с общепринятыми ее составляющими: энергетическая ценность, биологическая ценность, биологическая эффективность, физиологическая ценность.

В результате исследований определен спектр полиненасыщенных жирных кислот, составляющих комплекс Омега. Установлено, что у ряпушки, муксуна, пеляди и жилой формы сига наблюдается адекватное, пропорциональное содержание жира и суммы жирных кислот, у ельца, шуки, корюшки, чира — пропорциональность содержания жирных кислот относительно жира несколько ниже. Независимо от высокого содержания жира, весьма невысокая сумма жирных кислот наблюдается у осетра, тайменя, омуля, нельмы и окуня. Такие виды, как тугун и полупроходная форма сига имеют очень незначительный набор жирных кислот.

Практически во всех исследованных образцах отмечен высокий коэффициент отношения ненасыщенных жирных кислот к насыщенным, что свидетельствует о высокой биологической эффективности. Мясо тугуна, жилой формы сига и налима не совсем отвечает этому критерию.

В результате сравнительного анализа имеющихся данных можно сделать вывод, что полиненасыщенные жирные кислоты, составляющие комплексы Омега 3 и Омега 6, содержатся в мясе практически всех видов рыб. Но их количественное значение варьирует в зависимости от условий обитания.

**Ключевые слова:** рыбы, Енисей, биохимический состав, жирные кислоты, пищевая ценность, Омега 3.

**A.A. Gnedov***«Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine» Vitebsk, Republic of Belarus***CONTENT OF POLYUNSATURATED FATTY ACIDS OMEGA 3 AND OMEGA  
6 IN THE MEAT OF NORTHERN FISH**

**Annotation.** The results of biochemical studies in samples of meat of some living in the lower reaches of the river basin are given. Yenisei. Defined a wide range of biologically active substances, including fatty acids.

Fishes of the northern regions, in particular, living in the lower reaches of the basin of the r. Yenisei, has not been specifically studied for the content of polyunsaturated fatty acids that make up the Omega complex. Therefore, the aim of the work is determined: on the basis of physicochemical and biochemical parameters, to make a comparative analysis of the content of polyunsaturated fatty acids in the meat of northern fish.

The research methodology included sampling, sample preparation, determination of biochemical composition in accordance with the requirements of regulatory documents. Indicators of nutritional value are determined in accordance with its generally accepted components: energy value, biological value, biological efficiency, physiological value.

As a result of research, the spectrum of polyunsaturated fatty acids that make up the Omega complex has been determined. It was found that whitefish, muksun, peled and living whitefish form an adequate proportional fat content and the amount of fatty acids; in dace, pike, smelt, and chira, the proportion of fatty acids relative to fat is slightly lower. Regardless of the high fat content, a very low amount of fatty acids is observed in sturgeon, taimen, omul, white salmon and perch. Species such as slug and semi-bore form of whitefish have a very small set of fatty acids.

Practically in all studied samples, a high ratio of unsaturated fatty acids to saturated ones was observed, which indicates a high biological efficiency. The meat of tugun, living form of whitefish and burbot does not quite meet this criterion.

As a result of a comparative analysis of the available data, we can conclude that the polyunsaturated fatty acids that make up the Omega 3 and Omega 6 complexes are found in the meat of almost all fish species. But their quantitative value varies depending on the conditions of life.

**Keywords:** fish, Yenisei, biochemical composition, fatty acids, nutritional value, Omega 3.

**Введение.** Здоровье человека во многом зависит от его рациона. Большинство полезных веществ поступает в организм с пищей, поэтому важно придерживаться сбалансированного меню и соблюдать поступление белков, жиров, углеводов, витаминов в нужных пропорциях. Среди дополнительных элементов особое место занимают жирные кислоты.

Влияние полиненасыщенных жирных кислот на рост органов и тканей человеческого тела было доказано еще в 30-х годах минувшего века. В 1923 году американские ученые Берр и Эванс представили идею незаменимости жирных кислот. Эванс назвал это полиненасыщенными жирными кислотами или витамином F. Было доказано, что они относятся к числу незаменимых веществ и являются жизненно необходимыми веществами.

Долгое время ученые не понимали полезной направленности действия этих кислот в организме человека. Была непонятна их роль в функционировании систем жизнеобеспечения.

Датским ученым Йорном Дурбергом в 70-х годах во время обследования эскимосов Гренландии было выяснено, что они отличаются здоровьем и долголетием благодаря включению в ежедневный рацион морской рыбы, мяса тюленей и жира китов, богатых полиненасыщенными жирными кислотами [1-3].

Особенность полиненасыщенных кислот состоит в том, что они не образуются в клетках человека, и запасы соединений, входящих в эту группу, требуют регулярного пополнения за счет пищевых источников.

В настоящее время установлено, что биологическая роль полиненасыщенных жирных кислот имеет достаточно широкий спектр действия:

- ♦ ускорение обменных процессов;
- ♦ антиоксидантные свойства;
- ♦ предупреждение возникновения дерматологических заболеваний;
- ♦ катализация снижения кровяного давления;
- ♦ противовоспалительное действие;
- ♦ снижение риска развития офтальмологических болезней;
- ♦ усиление гормональной функции;
- ♦ повышение умственной активности;
- ♦ участие в процессах образования клеточных мембран;
- ♦ профилактика возникновения кардиологических заболеваний;
- ♦ нормализация концентрации сахара в составе крови;
- ♦ подавление синдрома хронической усталости, повышение выносливости, работоспособности и общего тонуса;
- ♦ предупреждение развития нервных расстройств, продолжительных депрессий;
- ♦ регуляция выведения излишков холестерина из состава крови;
- ♦ общее оздоровительное действие.

Ежедневная потребность в Омега 3 жирных кислотах составляет 1 г, но может возрастать до 4 г в сутки в морозное время года, при длительных депрессиях, при нарушениях в работе организма, при высоких физических нагрузках [4-8].

Сегодня принято считать, что полиненасыщенные жирные кислоты входят в соединения Омега 3 и Омега 6 и образуют комплекс — витамин F.

Комплекс — витамин F в основе включает в себя две незаменимые жирные кислоты — альфа-линоленовая и линолевая.

Линоленовая кислота содержится, прежде всего, в рыбе. Линолевая — в растительных маслах, таких как подсолнечное, льняное, конопляное или соевое. Обе эти кислоты являются предшественниками простагландина жирной кислоты, которая чаще содержится в рыбах.

Названия полиненасыщенных жирных кислот имеют систематическое и тривиальное (упрощенное) название (табл. 1).

Таблица 1. Классификация некоторых полиненасыщенных жирных кислот  
Table 1. Classification of some polyunsaturated fatty acids

| Систематическое название | *Тривиальное название | Образованные соединения |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| октадекадиеновая         | линолевая             | Омега-6                 |
| октадекатриеновая        | γ-линоленовая         | Омега-6                 |
| эйкоатетраеновая         | арахионовая           | Омега-6                 |
| октадекатриеновая        | α-линоленовая         | Омега-3                 |
| эйкозапентаеновая        | -                     | Омега-3                 |
| докозагексаеновая        | -                     | Омега-3                 |

\* — В тексте используются тривиальные названия жирных кислот

Доказано, что самыми богатыми источниками Омега 3 и Омега 6 жирных кислот являются морепродукты и морская рыба. Но многих исследователей интересует вопрос, есть ли эти комплексы в речной рыбе. Например, по данным некоторых исследователей в мясе щуки содержится Омега 3 в количестве 0,03–0,06 г на 100 г продукта, в мясе сома — 0,3 г, в мясе леща — 0,1 г и т. д. Существуют и более богатые жирными кислотами речные сорта рыб, например судак, карп и окунь.

Но более логично предположить, что наличие жирных кислот в мясе рыб регулируется регионально. Факторы, влияющие на их присутствие, связаны с питанием и образом жизнедеятельности. Когда речь идет о рыбе, выловленной в естественных водоемах, результаты исследований показывают также натуральный — естественный — результат. Рыбная продукция, полученная в фермерских хозяйствах, не может указывать на постоянство полученных результатов, что объясняется особенностью рациона рыб: обитатели природных водоемов не питаются комбикормом.

Но и обитатели природной аквасферы отличаются друг от друга по содержанию практически всех биохимических составляющих, в частности, по содержанию жирных кислот. Основным фактором, влияющим на биохимический состав рыб, вероятно, является место условия обитания.

Рыбы северных регионов, в частности, обитающие в низовьях бассейна р. Енисей, целенаправленно не исследовались на предмет содержания полиненасыщенных жирных кислот, составляющих комплекс Омега.

**Цель работы:** на основе физико-химических и биохимических показателей произвести сравнительный анализ содержания полиненасыщенных жирных кислот в мясе северных рыб.

**Материал и методы исследований.** Исследования проводили на промысловых точках в низовьях бассейна р. Енисей. Отбор образцов продукции проводили методом выборки из каждой партии характерных мерных экземпляров, согласно ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей». Все образцы рыбной продукции были измерены и взвешены, согласно ГОСТ 1368-2003 «Рыба. Длина и масса». Отобранные экземпляры рыб были разделаны для определения массового состава (Шевченко В. В., 2006). Полученные части рыб объединили в однородные партии и привели к средней пробе каждого вида, согласно ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». Из каждой средней пробы выделили средний образец [9–12].

Отобранные образцы после измельчения и гомогенизации высушили при температуре +45°C с использованием ИК-установки — СКВ 04.00.000. Полученную сухую массу измельчили на истирателе УХЛ-4 до получения мелкодисперсного нативного порошка с размером частиц до 0,07–0,04 мм. Биохимические исследования проводили в аккредитованной лаборатории биохимии СибНИПТИЖ г. Новосибирск.

Химический состав мяса рыбы определяли по комплексу методов: жир — по Сокслету, общий белок — модифицированным методом Кьельдаля.

Физико-химические свойства образцов проводили по методикам общего зооанализа, согласно ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» и ГОСТ Р 52421-2005 «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы». Биохимический состав определяли атомно-абсорбционным методом, на приборе Perkin Elmer — 306.

Обработку данных проводили по методике А. Н. Плохинского (1969) с использованием пакетов прикладных компьютерных программ STAT 1, а также встроенных функций пакета MS Excel [13].

По результатам исследований проведен расширенный анализ биохимических показателей, в частности, определена биологическая эффективность — показатель качества жировых компонентов продукта, отражающий содержание в них полиненасыщенных (незаменимых) жирных кислот.

Полученные результаты химического состава мяса, исследованных видов рыб, подвергнуты анализу на предмет присутствия в них комплексов незаменимых жирных кислот Омега 3 и Омега 6.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Первоначально проведен анализ содержания жира в исследованных образцах рыбы (табл. 2).

Таблица 2. Содержание жира в мясе некоторых видов рыб низовий бассейна р. Енисей, г/100г  
Table 2. Fat content in the meat of some fish species from the lower reaches of the Yenisei River basin, g/100g

| Вид рыб                   | Жир        |
|---------------------------|------------|
| Таймень                   | 16,37±0,20 |
| Осетр сибирский           | 49,89±0,20 |
| Ряпушка сибирская         | 32,44±0,18 |
| Омуль арктический         | 17,94±0,35 |
| Муксун                    | 27,53±0,19 |
| Пелядь                    | 15,83±0,15 |
| Тугун                     | 12,52±0,12 |
| Чир                       | 8,05±0,17  |
| Сиг — жилая форма         | 19,00±0,14 |
| Сиг — полупроходная форма | 3,86±0,15  |
| Нельма                    | 15,11±0,21 |
| Корюшка азиатская         | 11,87±0,12 |
| Щука                      | 11,90±0,35 |
| Елец сибирский            | 10,11±0,11 |
| Налим                     | 1,11±0,01  |
| Окунь                     | 35,54±0,31 |

Содержание жира в мясе северных рыб повышенное, в сравнении с аналогами из более южных регионов. Единственный представитель — налим — соответствует характеристике маложирной рыбы. Это объясняется тем, что основные запасы жира у него сосредоточены в печени.

При определении пищевой ценности используется одна из составляющих, отражающая качества жировых компонентов — биологическая эффективность — содержание жирных кислот [14]. По результатам исследований проведен расширенный анализ содержания в образцах полиненасыщенных (незаменимых) жирных кислот. Определено наличие четырех незаменимых кислот: пальмитоолеиновая, олеиновая, линолевая и линоленовая (табл. 3).

Биологическая эффективность отражается не только содержанием, но и сбалансированностью жирных кислот. Независимо от общего содержания жира в мышечной ткани исследованных рыб прослеживается существенная разница по сумме их содержания.

Установлено, что у ряпушки, муксуна, пеляди и жилой формы сига наблюдается адекватное, пропорциональное содержание жира и суммы жирных кислот, у ельца, щуки, корюшки, чира — пропорциональность содержания жирных кислот относительно жира несколько ниже. Независимо от высокого содержания жира, весьма невысокая сумма жирных кислот наблюдается у осетра, тайменя, омуля, нельмы и окуня. Такие виды, как тугун и полупроходная форма сига имеют очень незначительный набор жирных кислот [15–18].



Таблица 3. Содержание жирных кислот в мясе некоторых видов рыб низовий бассейна р. Енисей, г/100г  
Table 3. Content of fatty acids in the meat of some fish species from the lower reaches of the Yenisei River basin, g/100g

| Вид рыб           | *n | Незаменимые жирные кислоты |            |            |             | Заменимые жирные кислоты |               |                |             |            |
|-------------------|----|----------------------------|------------|------------|-------------|--------------------------|---------------|----------------|-------------|------------|
|                   |    | Пальмито-олеиновая         | Олеиновая  | Линолевая  | Линоленовая | Лауриновая               | Миристи-новая | Пальмити-новая | Стеариновая | Арахидовая |
| Таймень           | 21 | 0,98±0,02                  | 4,56±0,01  | 1,13±0,09  | 0,12±0,01   | Следы                    | 0,40±0,01     | 2,12±0,27      | 0,66±0,01   | 0,08±0,01  |
| Осетр си-бирский  | 26 | 1,42±0,02                  | 4,82±0,01  | 1,37±0,09  | 0,01±0,01   | Следы                    | Следы         | 1,69±0,01      | 1,04±0,27   | Следы      |
| Ряпушка сибирская | 27 | 9,71±0,21                  | 22,73±0,06 | 1,69±0,09  | 0,67±0,01   | 1,18±0,07                | 1,40±0,19     | 21,47±0,07     | 4,09±0,01   | 0,28±0,01  |
| Омуль             | 29 | 1,52±0,19                  | 2,27±0,01  | 0,03±0,01  | 0,05±0,01   | 2,25±0,02                | 0,28±0,01     | 2,08±0,02      | 0,21±0,01   | 0,06±0,01  |
| Муксун            | 27 | 8,98±0,21                  | 22,67±0,06 | 14,26±0,03 | 0,85±0,01   | 1,20±0,07                | 0,23±0,01     | 22,03±0,07     | 7,83±0,15   | 0,35±0,01  |
| Пелядь            | 23 | 8,47±0,21                  | 21,83±0,06 | 11,98±0,03 | 1,35±0,01   | 1,30±0,07                | 0,51±0,01     | 25,03±0,07     | 6,80±0,22   | 0,52±0,15  |
| Тугун             | 24 | 0,74±0,01                  | 2,23±0,01  | 0,10±0,01  | 0,01±0,01   | Следы                    | 0,05±0,01     | 0,25±0,01      | 0,33±0,01   | Следы      |
| Чир               | 24 | 7,70±0,21                  | 21,70±0,06 | 1,35±0,01  | 1,50±0,07   | 1,19±0,01                | 0,65±0,15     | 24,56±0,07     | 5,65±0,22   | 0,66±0,01  |
| Сиг жил.          | 29 | 9,09±0,26                  | 21,93±0,06 | 14,74±0,23 | 1,17±0,02   | 1,22±0,19                | 0,42±0,01     | 22,53±0,21     | 6,92±0,21   | 0,44±0,01  |
| Сиг полу-прох.    | 29 | 0,81±0,01                  | 2,29±0,02  | 0,09±0,01  | 0,04±0,01   | 0,96±0,01                | 0,48±0,01     | 2,21±0,01      | 0,18±0,01   | 0,06±0,01  |
| Нельма            | 21 | 1,78±0,02                  | 7,00±0,06  | 1,13±0,01  | 0,1±0,01    | Следы                    | 0,31±0,01     | 2,13±0,27      | 1,32±0,09   | 0,01±0,01  |
| Налим             | 26 | 6,24±0,01                  | 21,64±0,06 | 13,57±0,21 | 1,65±0,09   | 1,18±0,07                | 0,71±0,01     | 26,24±0,26     | 6,03±0,01   | 0,78±0,01  |
| Окунь             | 23 | 1,23±0,01                  | 2,29±0,19  | 1,66±0,01  | 0,04±0,01   | 1,33±0,01                | Следы         | 1,86±0,02      | 0,29±0,01   | 0,02±0,01  |
| Елец си-бирский   | 24 | 8,64±0,21                  | 45,32±0,09 | 1,18±0,07  | 0,13±0,01   | 1,15±0,01                | 0,47±0,01     | 21,70±0,07     | 6,22±0,01   | 0,06±0,01  |
| Щука              | 28 | 4,78±0,02                  | 20,19±0,06 | 8,09±0,21  | 1,26±0,01   | 1,13±0,01                | 0,32±0,01     | 15,12±0,03     | 1,13±0,01   | 0,46±0,01  |
| Корюшка азиатская | 26 | 8,47±0,21                  | 45,22±0,09 | 11,14±0,03 | 1,21±0,07   | 1,11±0,01                | 0,44±0,01     | 22,67±0,07     | 6,63±0,15   | 0,56±0,01  |

\* количество исследованных образцов

Во всех исследованных образцах отмечен высокий коэффициент отношения ненасыщенных жирных кислот к насыщенным, что свидетельствует о высокой биологической эффективности (табл. 4).

Таблица 4. Отношение ненасыщенных к насыщенным жирным кислотам в мясе некоторых видов рыб низовий бассейна р. Енисей

Table 4. Ratio of unsaturated to saturated fatty acids in the meat of some fish species from the lower reaches of the Yenisei River basin, Yenisei River, g/100g

| Вид рыб                   | Отношение |
|---------------------------|-----------|
| Таймень                   | 2,1       |
| Осетр сибирский           | 2,8       |
| Ряпушка сибирская         | 1,2       |
| Омуль арктический         | 0,8       |
| Муксун                    | 1,4       |
| Пелядь                    | 1,3       |
| Тугун                     | 4,9       |
| Чир                       | 0,98      |
| Сиг — жилая форма         | 1,5       |
| Сиг — полупроходная форма | 0,8       |
| Нельма                    | 2,6       |
| Корюшка азиатская         | 2,1       |
| Щука                      | 1,9       |
| Елец сибирский            | 1,9       |
| Налим                     | 1,2       |
| Окунь                     | 1,5       |

Исходя из условий поставленной цели, во всех образцах определили сумму кислот, составляющих комплекс Омега (табл. 5).

Таблица 5. \*Сумма незаменимых жирных кислот в мясе некоторых видов рыб низовий бассейна р. Енисей, г/100г

Table 5. \*The sum of essential fatty acids in the meat of some fish species from the lower reaches of the Yenisei River basin, g/100g

| Вид рыб           | Линолевая  | Линоленовая | Сумма |
|-------------------|------------|-------------|-------|
| Таймень           | 1,13±0,09  | 0,12±0,01   | 1,25  |
| Осетр сибирский   | 1,37±0,09  | 0,01±0,01   | 1,38  |
| Ряпушка сибирская | 1,69±0,09  | 0,67±0,01   | 2,36  |
| Омуль             | 0,03±0,01  | 0,05±0,01   | 0,08  |
| Муксун            | 14,26±0,03 | 0,85±0,01   | 15,11 |
| Пелядь            | 11,98±0,03 | 1,35±0,01   | 13,33 |
| Тугун             | 0,10±0,01  | 0,01±0,01   | 0,11  |
| Чир               | 1,35±0,01  | 1,50±0,07   | 2,85  |
| Сиг жил.          | 14,74±0,23 | 1,17±0,02   | 15,91 |
| Сиг полупрох.     | 0,09±0,01  | 0,04±0,01   | 0,13  |
| Нельма            | 1,13±0,01  | 0,1±0,01    | 1,23  |
| Налим             | 13,57±0,21 | 1,65±0,09   | 15,22 |
| Окунь             | 1,66±0,01  | 0,04±0,01   | 1,7   |
| Елец сибирский    | 1,18±0,07  | 0,13±0,01   | 1,31  |
| Щука              | 8,09±0,21  | 1,26±0,01   | 9,35  |
| Корюшка азиатская | 11,14±0,03 | 1,21±0,07   | 12,35 |

\* — в исследованиях не учтена арахидоновая кислота

Анализ результатов указывает, что среди исследованных рыб, обитающих в низовьях бассейна р. Енисей, наиболее высокие показатели содержания полиненасыщенных жирных кислот отмечен у следующих видов: муксун (15,11), пелядь (13,33), сиг жилой формы (15,91), налим (15,22), корюшка (12,35).

Показатели содержания полиненасыщенных жирных кислот не указывают на видовое преимущество, а только подчеркивают различия в составе рыб по региональному признаку — в разных условиях биохимия рыб изменяется.

Для сравнения проведен анализ усредненных — ориентировочных — данных о содержании Омега 3 в различных видах рыб (табл. 6).

Таблица 6. \*Содержание полиненасыщенных жирных кислот Омега 3 в некоторых видах рыб, г/100 г  
Table 6. \*Content of polyunsaturated fatty acids Omega 3 in some types of fish, g/100 g

| Вид рыб         | Содержание |
|-----------------|------------|
| Морские         |            |
| Скумбрия        | 2,70       |
| Тунец           | 2,94       |
| Сельдь          | 2,79       |
| Палтус          | 1,76       |
| Лосось          | 2,29       |
| Сардины         | 1,64       |
| Хамса           | 1,63       |
| Семга           | 1,4        |
| Горбуша         | 0,69       |
| Морская корюшка | 0,94       |
| Морской угорь   | 0,76       |
| Камбала         | 0,69       |
| Треска          | 0,28       |
| Хек             | 0,28       |
| Кефаль          | 0,5        |
| Пресноводные    |            |
| **Сиг           | 1,47       |
| Форель          | 2,47       |
| Окунь           | 0,46       |
| Сом             | 0,24       |
| Карась          | 0,17       |
| Налим           | 0,14       |
| Судак           | 0,12       |
| Лещ             | 0,11       |

\* — По данным USDA (Департамент сельского хозяйства США)

\*\* — происхождение не уточняется

Анализ данных таблицы 6 указывает на сравнительно небольшую разницу в показателях между морской и пресноводной рыбой. Если сравнить показатели форели (2,47 г/100г) и сига (1,47 г/100г), то они даже превосходят некоторых морских представителей.

Представленные данные по причине статистической усредненности не могут дать определенного ответа на вопрос: какая рыба, морская или пресноводная, содержит больше полиненасыщенных жирных кислот. Но, опосредовано указывают на изменчивость показателей в зависимости от региона и сезона вылова рыбы.

Высокие значения по содержанию комплексов Омега 3 в северных рыбах также только указывают на изменчивость химического состава в зависимости от мест обитания.

**Заключение.** На основании проведенных исследований установлено, что мясо всех исследованных видов рыб относится к высокобелковым и калорийным продуктам. Отмечена разница по содержанию жира: налим относится к маложирным рыбам, полупроходная форма сига — к среднежирным, тугун, чир, корюшка, щука, елец — к жирным, остальные рыбы — к особожирным.

Биологическая эффективность отражается содержанием и сбалансированностью жирных кислот. Независимо от общего содержания жира в мышечной ткани исследованных рыб прослеживается существенная разница по сумме их содержания.

Установлено, что у ряпушки, муксуна, пеляди и жилой формы сига наблюдается адекватное, пропорциональное содержание жира и суммы жирных кислот, у ельца, щуки, корюшки, чира — пропорциональность содержания жирных кислот относительно жира несколько ниже. Независимо от высокого содержания жира, весьма невысокая сумма жирных кислот наблю-

дается у осетра, тайменя, омуля, нельмы и окуня. Такие виды, как тугун и полупроходная форма сига имеют очень незначительный набор жирных кислот.

Практически во всех исследованных образцах отмечен высокий коэффициент отношения ненасыщенных жирных кислот к насыщенным, что свидетельствует о высокой биологической эффективности. Мясо тугуна, жилой формы сига и налима не совсем отвечает этому критерию.

В результате сравнительного анализа имеющихся данных можно сделать вывод, что полиненасыщенные жирные кислоты, составляющие комплексы Омега 3 и Омега 6, содержатся в мясе практически всех видов рыб, как морских, так и пресноводных. Но их количественное значение варьирует в зависимости от мест обитания типа питания, времени вылова и т. д. Поэтому прямое сравнение разных видов рыб, выловленных в различных водоемах, не является корректным.

### Список использованных источников

1. N, Green A. Epidemiological studies in Upernavik district, Greenland. *Acta Med Scand* 1980; 208:401–06.
2. P, Dyeberg J. Mortality from ischaemic heart disease and cerebrovascular disease in Greenland. *Int J Epidemiol* 1988; 17:514–20.
3. J, Bang HO, Stoffersen E, et al. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis? *Lancet* 1978; 2:117–19.
4. Jan Eritsland. Safety considerations of polyunsaturated fatty acids. *Am J Clin Nutr* 2000 71: 197–201.
5. Масуев, К. А. Влияние полиненасыщенных жирных кислот омега-3 класса на позднюю фазу аллергической реакции у больных бронхиальной астмой // *Тер. архив.* — 1997. — № 3. — С. 31 — 33.
6. Гаврисюк, В. К. Применение Омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в медицине // *Укр. пульмон. журн.* — 2001. — № 3. — С. 5 — 10.
7. Ворслов, Л. О. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты как источник долголетия. *Вопросы диетологии.* 2017. 7(1): 36–41. DOI: 10.20953/2224-5445-2017-1-36-41
8. Круглова, И. В., Давидян О. В. Оценка эффективности применения Омега-3-полиненасыщенных жирных кислот у спортсменов в комплексе восстановительных мероприятий. *Вопросы диетологии.* 2017. 7(3): 20–27. DOI: 10.20953/2224-5448-2017-3-20-27
9. ГОСТ 1368-2003 Рыба. Длина и масса.
10. ГОСТ 31339-2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб.
11. ГОСТ 7631-2008 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей.
12. ГОСТ Р 52421-2005 Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы.
13. Плохинский, Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. — М.: Колос, 1969 — С. 255
14. Родина, Т. Г. Справочник по товароведению продовольственных товаров. М. Колос С. — 2003. — С. 608: ил.
15. Гнедов, А. А. Товароведная оценка качества северных видов рыбы — сырца / А. А. Гнедов, В. М. Позняковский / *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* 2010. — № 12. С. 83–88.
16. Гнедов, А. А. Показатели качества продукции осетра сибирского / А. А. Кайзер // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* 2013. № 2. — С. 68–75.
17. Гнедов, А. А. Сравнение некоторых показателей пищевой ценности жилой и полупроходной форм сига сибирского (*Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin)), вылавливаемых на Енисейском Севере / А. А. Кайзер, Е. В. Марцеха // *Достижения науки и техники АПК* М.: № 11. 2013. — С. 68–71.
18. Гнедов, А. А. Анализ показателей качества и пищевой ценности нельмы (*STENODUS LEUCICHTHYS NELMA* (PALLAS)), вылавливаемой в низовьях акватории реки Енисей / А. А. Кайзер // *Ученые Записки УО ВГАВМ*, т.51, вып. 1, ч. 1, 2015. — С. 12–16.

### Информация об авторах

Гнедов Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, УО «Витебская академия «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» (ул. 1-я Доватора 7/11, 210026, г. Витебск, Республика Беларусь)

E-mail: mangaxeia@mail.ru

### Information about authors

Gnedov Alexander Alexandrovich, doctor of technical sciences, professor “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine” (7/11, 1 Dovator Street, 210026, Vitebsk, Republic of Belarus)

E-mail: mangaxeia@mail.ru

УДК 664.022.3.014:613.2

Поступила в редакцию 06.01.2025  
Received 06.01.2025**И. М. Почицкая***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольству», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕМЯН,  
ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ  
ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования семян, используемых в качестве продуктов здорового питания. Установлено, что содержание белка в семенах киноа, горчицы, канихуа и конопли составило 14,2 %, 16,3 %, 20,3 % и 30,7 %, соответственно. Высоким содержанием жира отличались семена конопли (32,5 %) и горчицы (36,0 %), его количество в семенах киноа и канихуа было гораздо ниже, всего 3,8 % и 7,4 %, соответственно. Семена могут быть источником минеральных веществ: горчицы — кальция, магния, фосфора и марганца; конопли — магния, фосфора, марганца и железа; киноа — марганца; канихуа — марганца и железа.

**Ключевые слова:** семена, химический состав, пищевая ценность, белок, жир, макро- и микроэлементы.

**I. M. Pochitskaya***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***RESEARCH OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SEEDS USED  
IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF HEALTHY FOOD PRODUCTS**

**Abstract.** The article presents the results of a study of seeds used as healthy food products. It was found that the protein content in quinoa, mustard, canihua and hemp seeds was 14,2 %, 16,3 %, 20,3 % and 30,7 %, respectively. Hemp seeds (32,5 %) and mustard (36,0 %) had a high fat content, while its amount in quinoa and canihua seeds was much lower, only 3,8 % and 7,4 %, respectively. The seeds can be a source of minerals: mustard — calcium, magnesium and phosphorus, manganese; hemp — magnesium, phosphorus, manganese and iron; quinoa — manganese; canihua — manganese and iron.

**Keywords:** seeds, chemical composition, nutritional value, protein, fat, macro- and microelements.

**Введение.** В настоящее время в связи с растущей популярностью здорового питания перспективным направлением является использование в пищу продуктов, содержащих ингредиенты, обладающие биологической активностью. Приобретает популярность употребление различных семян, таких как горчица, конопля, киноа и канихуа.

**Горчица** (лат. *Sinapis*) — род растений семейства Капустные (*Brassicaceae*) [1].

Общее производство горчичных семян в мире в 2022 году превысило 850 тысяч тонн, основными производителями являются Непал, Россия, Канада и Малазия [2].

Семена горчицы являются одной из древнейших приправ, кроме того они обладают рядом полезных свойств. Доказано противовоспалительное и антимикробное свойство семян горчицы [3]. Содержащиеся в семенах горчицы глюкозинолаты и Омега-3 жирные кислоты оказывают положительное действие при рассеянном склерозе [4], сердечно-сосудистых заболеваниях, гипертонии [5,6].

Применяются семена горчицы для профилактики и лечения диабета, онкозаболеваний, нарушениях сна, тревоге. Они являются сильными антиоксидантами и подавляют рост сальмонеллы и кишечной палочки [7].



**Конопля** (лат. *Cannabis*) — род растений семейства Конопцевые (*Cannabaceae*), культивировалась в Китае еще 4800 лет назад. Выращивание ее в большинстве стран мира строго регламентируется с целью предотвращения распространения наркотиков [8].

Семена конопли, в отличие от соцветий и листьев, не содержат психотропное вещество тетрагидроканнабинола (ТГК), которое оказывает наркотическое действие.

Конопля (лат. *Cannabis sativa* Linn) с низким содержанием ТГК выращивается повсеместно для получения волокна и семян. Крупнейшими производителями технической конопли и продукции из нее являются Китай, Франция, Канада, Египет, Австралия и Чили [9].

В Российской Федерации разрешены к возделыванию сорта с низким содержанием в сухой массе листьев ТГК (не более 0,1 %) [10–12].

Очищенные семена конопли являются источником незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, минералов и витаминов [13–15].

**Киinoa** (лат. *Chenopodium quinoa*) — псевдозерновая культура, которая изначально выращивалась в Андах, преимущественно в Боливии и Перу. В настоящее время киноа выращивается более чем в 120 странах. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) объявила 2013 год — Международным годом киноа [16].

Семена киноа обладают онкопротекторными [17] и гепатопротекторными свойствами [18], укрепляют иммунную систему [19, 20].

**Канихуа** (лат. *Chenopodium pallidicaule*) — так же представляет собой псевдозерновую культуру, является родственником киноа. Тысячелетия выращивается в Андах, преимущественно Южном Перу и Боливии. Культура очень неприхотлива в выращивании, устойчива к засухе [21].

Канихуа считается забытой культурой, однако в последние годы спрос на нее существенно вырос, в первую очередь потому, что ее семена являются хорошим источником белка, жира, минералов и витаминов. В отличие от киноа семена канихуа мельче и содержат меньше сапонинов [22].

Самым популярным способом приготовления канихуа в Южной Америке по настоящее время является обжаривание семян и измельчение их в муку, которая используется в качестве гарнира, каш, супов и напитков [23].

**Целью исследований** являлось исследование химического состава семян, используемых в технологии производства продуктов здорового питания.

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

Объектом исследования являлись образцы семян горчицы, конопли, киноа белого, канихуа, представленные в торговой сети г. Минска.

В образцах исследовали содержание жира по ГОСТ 26183-84 [24], белка по ГОСТ 13496.4-2019 [25].

Минеральный состав определяли методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой по МУК 4.1.1482-2003 [26].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Внешний вид и органолептические показатели исследуемых семян представлены на рис 1 и в табл. 1.

Таблица 1. Органолептические показатели образцов исследуемых семян  
Table 1. Organoleptic characteristics of the studied seed samples

| Наименование показателя | Наименование семян                                                             |                                          |                                                  |                                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                         | горчица                                                                        | конопля                                  | киноа                                            | канихуа                                                |
| внешний вид             | мелкие круглые, размер 1-2 мм                                                  | форма овальная, ребристые, размер 2-5 мм | мелкие круглые, размер — 2-4 мм                  | форма овальная, очень мелкие, размер 0,5-1,5 мм        |
| цвет                    | от желтого до светло-коричневого, иногда с сизым налетом                       | от темно-коричневого до серо-зеленого    | светло-бежевый, с блестящей гладкой поверхностью | от темно-коричневого с красноватым оттенком до черного |
| запах                   | Свойственный данным семенам, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый |                                          |                                                  |                                                        |
| вкус                    | пряный, слегка жгучий, с легким ореховым или сладковатым привкусом             | приятный ореховый с легкой горчинкой     | крупной с ореховым оттенком и легкой горчинкой   | тонкий ореховый, сладковатый                           |



Рис. 1. Внешний вид исследуемых образцов семян: а) горчицы, б) конопли, в) киноа белое, г) канихуа  
Fig. 1. Appearance of the studied seed samples: a) mustard, b) hemp, c) white quinoa, d) canihua

Органолептические характеристики являются важными показателями семян, определяющими способы их использования в пищу.

Семена горчицы используются в качестве приправы, для приготовления соусов и подлив, маринадов к овощам, мясу и рыбе, а так же для производства горчичного масла [27, 28]

Ядра семян конопли применяются в качестве растительных добавок при производстве мясных и хлебобулочных изделий, в практике здорового питания, для приготовления каш и гарниров [29–31].

Семена киноа и канихуа преимущественно используются в качестве гарниров, каш, а также для приготовления продуктов здорового питания, употребляются сырыми после проращивания [32–34].

Анализ пищевой ценности исследованных образцов семян представлен на рис. 2.

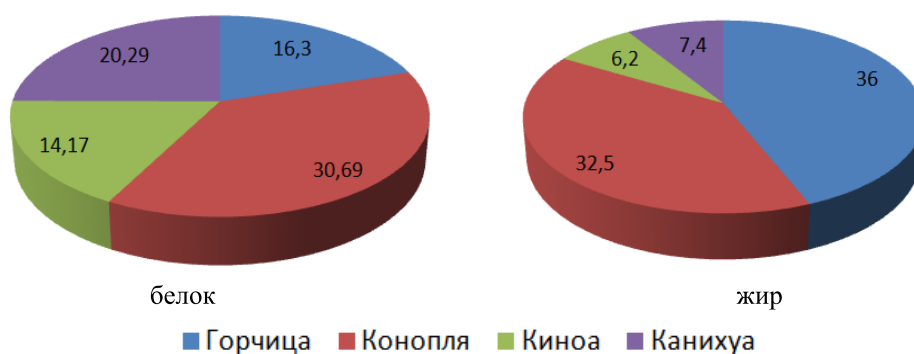


Рис. 2. Содержание белка и жира в исследованных образцах семян, %  
Fig. 2. Protein and fat content in the studied seed samples, %

Результаты исследований показали, что все семена отличались высоким содержанием белка. Максимальное его количество отмечено в семенах конопли (30,7 %) и канихуа (20,3 %).

Содержание жира сильно отличалось от вида семян — от 6,2 % до 36,0 %. Более 30 % жира установлено в семенах конопли (32,5 %) и горчицы (36,0 %).

На рис. 3 представлены результаты по содержанию макро- и микроэлементов в исследованных семенах.

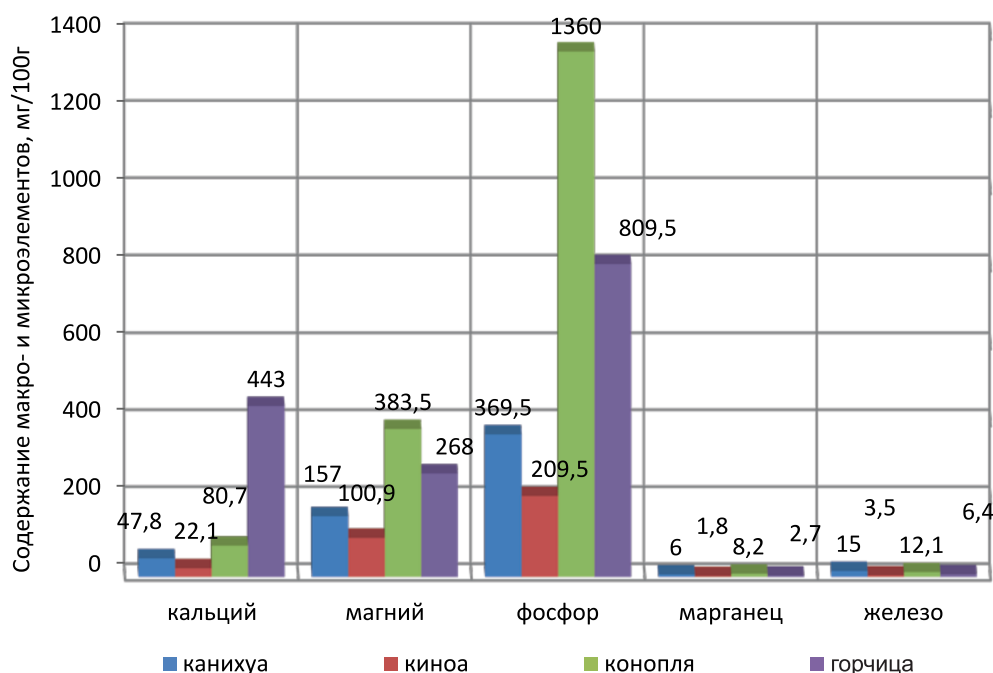


Рис. 3. Минеральный состав исследованных образцов семян

Fig. 3. Mineral composition of the studied seed samples

Результаты исследования минерального состава, представленные на рис. 3 показали, что максимальным содержанием кальция отличались семена горчицы, употребление 100 г которых обеспечивает среднесуточную суточную потребность (ССП) в данном элементе на 44,3 %. Наименьшее количество кальция установлено в семенах киноа и канихуа, 22,1 мг/100 г и 47,8 мг/100 г, соответственно.

Наибольшее содержание магния установлено в семенах конопли и горчицы, так среднесуточную потребность в этом элементе удовлетворяет употребление 100 г семян: конопли — на 96 %, горчицы — на 67 %. Семена киноа и канихуа могут быть источником магния.

Содержание фосфора имело сильные различия в зависимости от вида семян — от 209,5 мг/100 г у киноа, что составляет более 25% от среднесуточной потребности до 1360,0 мг/100 г у семян конопли, что почти в два раза выше суточной потребности в этом элементе.

Анализ данных минерального состава семян показал, что практически все исследованные семена содержали достаточное количество марганца для обеспечения суточной потребности. Максимальное количество его отмечено в ядрах конопли (8,2 мг/100 г), канихуа (6,0 мг/100 г). В 100 г таких семян содержится марганца в 4 раза (конопля), в 3 раза (канихуа) больше от среднесуточной потребности.

Максимальное содержание железа установлено в семенах канихуа (15,0 мг/100 г) и ядрах конопли (12,1 мг/100 г), что позволяет покрыть суточную потребность на 107% и 86%, соответственно (согласно ТР ТС 022/2011). Количество железа в остальных исследованных семенах было невысоким — 3,5–15,0 мг/100 г.

**Заключение.** В семенах горчицы установлено содержание белка 16,3 %, жира — 36,0 %. Семена отличались высоким содержанием кальция (443,0 мг/100г, что обеспечивает более, чем на 40 % среднесуточную потребность (ССП), магния (268,0 мг/100 г или 67% ССП), фосфора (809,5 мг/100 г или 101% ССП).

Семена конопли отличались максимальным содержанием белка (30,7 %) и жира (32,5 %). Установлено высокое содержание в семенах магния (383,5 мг/100 г, что позволяет обеспечить суточную потребность в данном элементе на 96 %), фосфора (1360,0 мг/100 г или 170% ССП), марганца (8,2 мг/100 г или 410 % ССП) и железа (12,1мг/100 г или 86% ССП).

Семена киноа содержали достаточно высокое содержание белка — 14,2% и небольшое количество жира — 3,75%. Семена характеризуются достаточно содержанием марганца — 1,8 мг/100 г, что обеспечивает 90% среднесуточной потребности в этом элементе.

В семенах канихуа установлено содержание белка более 20%, жира всего 7,36%. Отмечено большое количество марганца (6,0 мг/100 г или в 3 раза больше среднесуточной потребности) и железа (15,0 мг/100 г, что позволяет покрыть суточную потребность на 107%.

## Список использованных источников

1. Горчица (растение). — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица\\_\(растение\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица_(растение)) (дата обращения: 15.01.2025).
2. Which Country Produces the Most Mustard Seeds?: — URL: <https://www.helgilibrary.com/charts/which-country-produces-the-most-mustard-seeds-16/#:~:text=Total%20mustard%20seed%20production%20reached,of%20170%2C905%20tonnes%20in%201975.> (дата обращения: 15.01.2025).
3. Bajpai, D. Evaluation of anti-inflammatory and antimicrobial properties of mustard seed extract-based hydrogel: An In Vitro Study / D. Badjpai, S. Malaiappan, S. Rajeshkumar // An in vitro study. *Cureus*. 2023. — 15(9): e45146
4. Bjornevik, K.  $\alpha$ -Linolenic acid is associated with MRI activity in a prospective cohort of multiple sclerosis patients. / K. Bjornevik, K.-M. Myhr, A. Beiske A. [et. al.] // *Mult. Scler. J.* 2019. — 25. — P. 987–993.
5. Burak, C. Effect of alpha-linolenic acid in combination with the flavonol quercetin on markers of cardiovascular disease risk in healthy, non-obese adults: A randomized, double-blinded placebo-controlled crossover trial. / C. Burak, S. Wolfram, B. Zur [et. al.] // *Nutrition*. — 2019. — 58. — P. 47–56.
6. Pieters, D. J. Effect of  $\alpha$ -linolenic acid on 24-h ambulatory blood pressure in untreated high-normal and stage I hypertensive subjects. / D. J. Pieters, P. L. Zock, D. Fuchs [et. al.] // *Br. J. Nutr.* — 2019. — 121. — P. 155–163.
7. Das, G. Glucosinolates and Omega-3 Fatty Acids from Mustard Seeds: Phytochemistry and Pharmacology / G. Das, O. A. G. Tantengco, R. Tundis [et. al.] // *Plants (Basel)*. — 2022/ — 11(17):2290.
8. Конопля посевная. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Конопля\\_посевная](https://ru.wikipedia.org/wiki/Конопля_посевная) (дата обращения 15.01.2025).
9. Конопля в Европе и мире. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/1761>. (дата обращения 15.01.2025).
10. Зеленина, О. Н. Динамика содержания каннабиноидов в растениях конопли / О. Н. Зеленина, А. А. Смирнов // *Нива Поволжья*. — 2010. — № 4 (17). — С. 16–20.
11. Давыдова, С. А. Техническое обеспечение возделывания и уборки безнаркотической конопли / С. А. Давыдова, Р. А. Попов, И. Г. Голубев // *Техника и оборудование для села*. — 2020. — № 8(278). — С. 12–17.
12. Серков, В. А. Аспекты создания новых безнаркотических сортов конопли посевной в рамках деятельности селекционно-семеноводческого центра лубяных культур / В. А. Серков // *Международный сельскохозяйственный журнал*. — 2023. — № 6 (396). — С. 599–602.
13. Ущаповский, В. И. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли / В. И. Ущаповский, А. А. Гончарова, И. Э. Миневиц // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. — 2022. — 84(1). — С. 66–72.
14. Leonard, W. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications / W. Leonard, P. Zhang, D. Ying, Z. Fang // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. — 2019. — № 19 (1). — P. 282–308.
15. Wang, Q. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. / Q. Wang, Y. L. Xiong // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. — 2019. — № 18 (4). — P. 936–952.
16. Organic Quinoa: a global emerging growing market. URL: <https://www.bioecoactual.com/en/2021/04/27/organic-quinoa-global-emerging-growing-market/> (дата обращения 17.01.2025).
17. Majnooni, M.B. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36984763/> Inhibiting Angiogenesis by Anti-Cancer Saponins: From Phytochemistry to Cellular Signaling Pathways. // M.B. Majnooni, S. Fakhri, S.M. Ghanadian [et. al.] // *Metabolites*. — 2023. — 22;13(3):323.
18. Zhong, L. Quinoa ameliorates hepatic steatosis, oxidative stress, inflammation and regulates the gut microbiota in nonalcoholic fatty liver disease rats / L. Zhong, W. Lyu, Z. Lin [et. al.] // *Foods*. — 2023. — 12(9):1780.
19. Pereira, E. Chemical and nutritional characterization of Chenopodium quinoa Willd (quinoa) grains: a good alternative to nutritious food / E. Pereira, C. Encina-Zelada, L. Barros [et. al.] // *Food Chemistr.* — 2019. — 280. — P. 110 — 114.
20. Tang, Y. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review / Y. Tang, R. Tsao // *Molecular Nutrition & Food Research*. — 2017 — 61 (7):1600767.
21. Канихуа. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Chenopodium\\_pallidicaule](https://en.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_pallidicaule) (дата обращения: 17.01.2025r).
22. Repo-Carrasco-Valencia Chemical and functional characterization of Kañiwa (Chenopodium pallidicaule) grain, extrudate and bran / Repo-Carrasco-Valencia, A. Acevedo de la Cruz; J. Cesar Icochea Alvarez; Heikki Kallio // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2009. — 64 (2). — P. 94–101.
23. Канихуа — братовчедката на киноата, с по-голяма хранителна стойност. URL: <https://burel.bg/канихуа-братовчедката-на-киноата-с-по/> (дата обращения: 20.01.2025).
24. Продукты переработки плодов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения жира ГОСТ 26183-84 — Взамен ГОСТ 8756.21-70; Введ. 1985-07-01.- М.: Изд-во стандартов, 1984. — С.5.



25. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина ГОСТ 13496.4-2019. — Взамен ГОСТ 13496.4 — 93. — Введ. 01.08.2020.- М.: Стандартинформ, 2019. — С. 22
26. МУК 4.1.1482-2003. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой. — Москва: Минздрав России —2003. — С. 28
27. Федорова, К. И. Использование семян горчицы в производстве пищевых продуктов / К.И. Федорова, Н.В. Кияшко // Инновации молодых — развитию сельского хозяйства: Матер. 57 Всероссийской науч. студ. конф., Уссурийск, 15–26 марта 2021 года, в 3-х частях. Ч. II., отв. редактор И.Н. Ким. Изд-во: Приморская ГСХА. — 2021. — С. 324-327.
28. Русакова, М. М. Логистическая цепь переработки семян сарептской горчицы / М. М. Русакова, Г. Г. Русакова, Е. Д. Парахневич [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. — 2018. — С. 31-36.
29. Галушина П. С. Опыт применения семян конопли в продуктах питания / П. С. Галушина // Тенденции развития науки и образования. — 2021. — № 79-6. — С. 153-156.
30. Кравчук, А. А. Морфологические признаки посевной конопли. использование семян посевной конопли в пищевой промышленности / А. А. Кравчук, Т. Л. Чапалда // Аграрное образование и наука. — 2022. — № 4. — С. 9
31. Серков, В. А. Конопля посевная — перспективный сырьевой ресурс для масложировой промышленности России / В. А. Серков, И. В. Кабунина // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2023. — № 2 (392). — С. 188-191.
32. Новикова, Ж.В. Конструирование поликомпонентного кулинарного изделия для киберспортсменов / Ж.В. Новикова, А.А. Максимкин, С.М. Сергеева, Е.В. Муханов // Индустрия питания / Food Industry. — 2020. — Т. 5, № 3. — С. 52–60.
33. Бобренева, И.В. Растительная добавка киноа, ее характеристика и возможность и спользования в мясных продуктах / И.В. Бобренева, А.А. Баюми, В.Л. Лапшина // Все о мясе. — 2019. — 3. — С.20-22.
34. Маркова, Ю.М. Зерновые продукты из амаранта, киноа и гречихи: роль в питании человека и поддержании кишечного микробиома / Ю.М. Маркова, Ю.С. Сидорова // Вопросы питания. — 2022. — Т. 91, № 6. — С. 17–29.

#### Информация об авторах

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

#### Information about the authors

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

E-mail: pochitskaja@yandex.ru



УДК 664.788.014

Поступила в редакцию 14.02.2025  
Received 14.02.2025**И. М. Почицкая***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРУПЫ КИНОА**

**Аннотация.** В статье представлены данные исследования химического состава крупы киноа. Установлено значительное содержание белка, низкое количество жира, что позволяет отнести ее к продуктам здорового питания. Белок крупы киноа отличается высоким содержанием аминокислот, в том числе незаменимых, особенно лейцина и лизина. Результаты исследования подтверждают высокую биологическую ценность крупы киноа и возможность использования ее в качестве основы при создании продуктов функциональной направленности.

**Ключевые слова:** крупа киноа, химический состав, аминокислотный состав, макро- и микроэлементы

**I. M. Pochitskaya***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF QUINOA CEREALS**

**Abstract.** The article presents the results of a study of the chemical composition of quinoa. It has been established that it has a significant protein content and a low amount of fat, which allows it to be classified as a healthy food product. Quinoa protein is distinguished by a high content of amino acids, including essential ones, especially leucine and lysine. The results of the study confirm the high biological value of quinoa and the possibility of using it as a basis for creating functional products.

**Keywords:** quinoa cereal, chemical composition, amino acid composition, macro- and microelements

**Введение.** Вопрос правильного и рационального питания играет ключевую роль в обеспечении здоровья и полноценной жизни человека. Важной составляющей правильного питания является введение в рацион круп, которые благодаря содержанию сложных углеводов, дают длительное насыщение, снижают потребность организма в сладком, являются источником витаминов и минеральных веществ.

В последнее время в питании широкое применение получила крупа киноа.

Киноп (Chenopodium quinoa) — псевдозерновая культура, принадлежит к семейству амарантовые (Amaranthaceae) [1].

Культура киноа издавна выращивалась еще древними инками в Андах, преимущественно в Боливии и Перу. Высокая урожайность (до 250 г на растение) и неприхотливость делают эту культуру одной из наиболее ценных сельскохозяйственных культур, возделывание которой набирает популярность в мире [2].

После объявления Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) 2013 года Международным годом киноа, в последние десятилетия производство киноа осуществляется в более 120 странах [3].

В зависимости от сорта зерна киноа различаются по цвету, они могут быть белого, бежевого, красного, коричневого, черного, фиолетового цвета с различными оттенками [4].

Химический состав семян киноа отличается большим содержанием белка с высокой концентрацией аминокислот, содержит жир, много клетчатки, минералы, витамины, флавоноиды, фенольные кислоты, беталаины и каротиноиды [5–7].

Известны полезные свойства киноа. Она обладает противовоспалительными и антиоксидантными свойствами, способствует укреплению иммунной системы [8–11], помогает в профилактике онкологии [12], улучшает работу печени [13].

Киноа относится к продуктам с низким гликемическим индексом (менее 55), поэтому может служить профилактикой ожирения, сахарного диабета [14].

В киноа не содержится глютен, что делает эту крупу пригодной для питания больных целиакией [15].

Отмечая преимущества и достоинства крупы киноа, следует знать, что в ней содержатся вещества, которые обладают антипитательными свойствами.

В различных частях киноа обнаружены триптереновые сапонины, придающие горький вкус. По одним данным сапонины обладают противовоспалительными, онкопротекторными свойствами [16–17].

По другим — сапонины могут вызывать аллергию, оказывать токсическое воздействие на организм человека [18–20].

С целью снижения содержания сапонинов семена киноа подвергают шлифовке для удаления оболочки, перед употреблением рекомендуется крупу киноа замачивать.

Также, в киноа содержится фитиновая кислота — антинутриент, который блокирует усвоение минеральных веществ, особенно фосфора, кальция, магния, железа и цинка. Кроме того, фитиновая кислота подавляет работу отдельных ферментов, необходимых для переваривания пищи — пепсина и трипсина, расщепляющих белки и амилазы, расщепляющих крахмал до сахаров. Для снижения содержания фитиновой кислоты применяют ряд способов: замачивание, проращивание, ферментация, обжаривание [20, 21].

**Целью исследований** являлось изучение показателей пищевой ценности и химического состава крупы киноа для оценки потенциала ее использования в качестве основы при создании продуктов функциональной направленности.

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

Объекты исследования — крупа киноа (белая, красная и черная), представленная в торговой сети г. Минска.

Органолептические показатели определяли по ГОСТ 35051-2023 «Крупа киноа. Технические условия» [22].

Массовую долю жира устанавливали путем извлечения растворителем (этиловый эфир) из исследуемого образца в экстракционном аппарате (Soxtherm SOX 416) и последующем удалением растворителя и подсушиванием при  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$  до постоянной массы согласно ГОСТ 26183-84 [23].

Массовую долю белка определяли по методу Кьельдаля, сущность которого заключается в разложении вещества растительной пробы, кипящей концентрированной серной кислотой с образованием солей аммония, переводе аммония в аммиак, отгонке его в раствор кислоты, количественном учете аммиака титриметрическим методом и расчете содержания азота в исследуемом материале по ГОСТ 13496.4-2019 [24].

Определение аминокислот проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором по МВИ. МН. 1363-2000 [25].

Минеральный состав определяли методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой по МУК 4.1.1482-2003 [26].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Большое значение в оценке крупы киноа имеют органолептические показатели (табл. 1).

Внешне крупа киноа напоминает пшено, в зависимости от сорта бывает различного цвета: белого (бежевого), кремового, красного, черного, фиолетового. Однако в торговой сети чаще представлено белое, красное, черное киноа или их смеси.

При приготовлении киноа сильно увеличивается в объеме (почти в 3 раза), вкус крупяной с ореховым оттенком и легкой горчинкой.

Содержание питательных веществ и основных биологически полезных компонентов в киноа имеет существенное различие ввиду сортовых особенностей и условий выращивания [9, 27, 28].

Анализ показателей пищевой ценности исследованных образцов крупы киноа представлен на рис. 1.

Результаты исследований, представленные на рисунке 1, показали, что крупа киноа содержит большое количество белка — 14% и более. Наибольшее содержание белка установлено в крупе киноа красная — 17,3%. При этом в крупе киноа отмечено невысокое содержание жира — 5,1–6,2%, величина которого незначительно отличалась в различных видах киноа.

Ввиду высокого содержания белка в крупе киноа представляет интерес изучение качественного состава аминокислот, результаты исследований которого представлены в табл. 2.

Таблица 1. Характеристика органолептических показателей крупы киноа  
Table 1. Characteristics of organoleptic indicators of quinoa cereal

| Наименование показателя | Крупа киноа                                                                                                                       |                          |                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                         | белая                                                                                                                             | красная                  | черная                  |
| Внешний вид             |                                                 |                          |                         |
|                         | Мелкие круглые семена в виде зерен, с блестящей, гладкой поверхностью. Размер 2-4 мм                                              |                          |                         |
| Цвет                    | Белый, кремовый разных оттенков.                                                                                                  | Красный, разных оттенков | Черный, разных оттенков |
| Запах                   | Свойственный крупе киноа, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый                                                       |                          |                         |
| Вкус                    | Свойственный крупе киноа, без посторонних привкусов, не кислый, не горький; допускается легкая горчинка, свойственная крупе киноа |                          |                         |

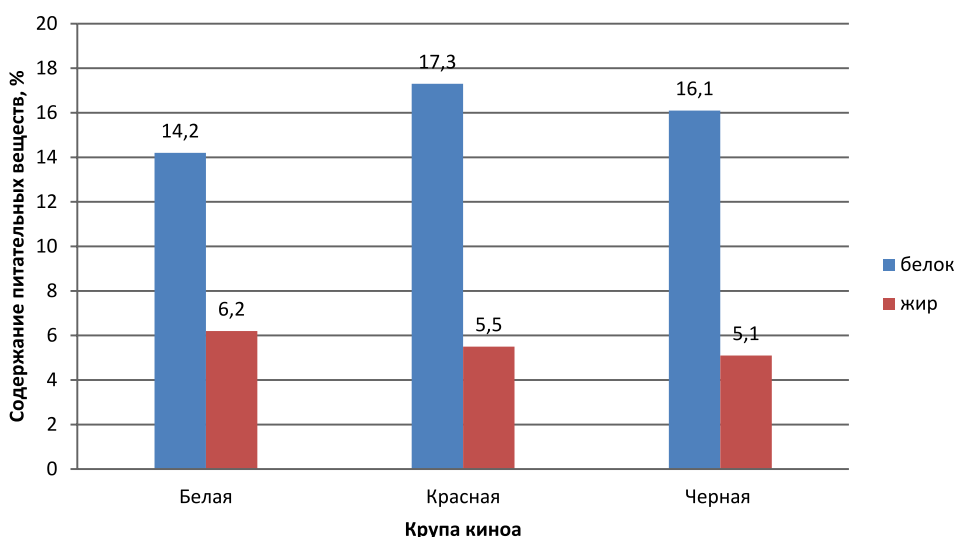


Рис. 1. Содержание белка и жира в крупе киноа

Fig. 1. Protein and fat content of quinoa

Аминокислоты выполняют значительное количество функций в организме человека, принимая участие во многих процессах.

Из полученных данных (табл. 2) видно, что в крупе киноа содержится достаточно большое количество заменимых и незаменимых аминокислот.

Преобладающими заменимыми аминокислотами являются аспарагиновая и глутаминовая в количестве 0,986-1,398 г/100 г и 1,766-1,952 г/100 г, соответственно.

Незаменимые аминокислоты могут в небольших количествах синтезироваться в результате реакции трансаминирования, кроме лизина и треонина, которые являются абсолютно незаменимыми.

Среди незаменимых аминокислот, отмечено особенно большое содержание лейцина — более 0,8 г/100 г. **Лейцин** обладает способностью стимулировать синтез белков, регулирует работу иммунной и эндокринной систем. Максимальное количество лейцина установлено в крупе киноа красной — 0,913 г/100 г.

Крупа киноа, как псевдозерновая культура содержит в два раза больше лизина в сравнении с настоящими зерновыми, такими как рис, пшеница и др. [29]. **Лизин** помогает усвоению кальция, укреплению костной ткани и контролирует рост детей; принимает участие в син-

тезе коллагена и эластина; снижает содержание холестерина, что положительно действует на сердечно-сосудистую систему; оказывает противовоспалительное действие, участвует в образовании антител, что способствует повышению иммунитета; стимулирует выработку карнитина и избавлению от избыточного жира. Результаты исследования показали достаточно высокое содержание лизина в крупе киноа — 0,632 г/100 г (белая), 0,643 г/100 г (черная) и 0,648 г/100 г (красная).

Таблица 2. Содержание аминокислот в крупе киноа  
Table 2. Amino acid content in quinoa

| Содержание аминокислот,<br>г/100 г | Крупа киноа |            |            |
|------------------------------------|-------------|------------|------------|
|                                    | белая       | красная    | черная     |
| 1                                  | 2           | 3          | 4          |
| Незаменимые                        |             |            |            |
| валин                              | 0,528±0,16  | 0,592±0,18 | 0,582±0,17 |
| изолейцин                          | 0,319±0,10  | 0,398±0,12 | 0,377±0,11 |
| лейцин                             | 0,846±0,25  | 0,913±0,25 | 0,880±0,26 |
| лизин                              | 0,632±0,19  | 0,648±0,17 | 0,643±0,19 |
| метионин                           | 0,296±0,09  | 0,317±0,10 | 0,303±0,09 |
| треонин                            | 0,495±0,15  | 0,607±0,20 | 0,578±0,17 |
| фенилаланин                        | 0,533±0,16  | 0,515±0,15 | 0,513±0,15 |
| гистидин                           | 0,352±0,11  | 0,379±0,11 | 0,373±0,11 |
| Заменимые                          |             |            |            |
| аспарагиновая                      | 0,986±0,30  | 1,398±0,12 | 1,367±0,11 |
| глутаминовая                       | 1,766±0,53  | 1,846±0,55 | 1,952±0,59 |
| серин                              | 0,634±0,19  | 0,624±0,19 | 0,650±0,20 |
| глицин                             | 0,674±0,20  | 0,649±0,19 | 0,690±0,21 |
| тирозин                            | 0,275±0,08  | 0,293±0,09 | 0,285±0,09 |
| цистеин                            | 0,194±0,05  | 0,245±0,07 | 0,199±0,05 |

**Треонин** — аминокислота, которая играет важную роль в усвоении белка, образовании коллагена и поддержании белкового баланса, оказывает положительное действие на сердечно-сосудистую и нервную системы, работу желудочно-кишечного тракта, укрепление иммунитета. Крупа киноа красная отличалась наибольшим содержанием треонина (0,607 г/100 г), в то время как в киноа белой, его количество было почти на 20 % ниже, чем в красной.

Из некоторых незаменимых аминокислот могут синтезироваться заменимые, так метионин является предшественником для цистеина, а фенилаланин — тирозина. Причем, для этого расходуется значительное количество незаменимых аминокислот — около 90% метионина может трансформироваться в цистеин, а более 70% фенилаланина — в тирозин, что требует большего поступления этих аминокислот с пищей [30].

**Метионин** участвует в обменных процессах, синтезе гемоглобина, регуляции функции щитовидной железы, препятствует развитию жировой дистрофии печени, является сильным антиоксидантом, обладает защитными свойствами, применяется при остеопорозе и токсикозе беременных. В крупе киноа белой, красной и черной отмечено меньше всего данной аминокислоты — 0,296 г/100 г, 0,317 г/100 г и 0,303 г/100 г, соответственно.

**Фенилаланин** — аминокислота, необходимая для поддержания функций щитовидной железы и надпочечников, синтеза белка, адреналина и тирозина, оказывает антидепрессантное действие, улучшает память и внимание. В крупе исследуемых образцов крупы киноа выявлено от 0,513 г/100 г (черная) до 0,533 г/100 г (белая) фенилаланина.

**Валин** служит энергетическим ресурсом организма, необходим для поддержания баланса азота, помогает восстановлению тканей печени и желчного пузыря, укреплению мышечной мускулатуры. Отмечено высокое содержание валина в крупе киноа — от 0,528 г/100 г (белая) до 0,592 г/100 г (красная).

**Гистидин** — условно незаменимая аминокислота, участвует в образовании гемоглобина, необходим для нормального функционирования спинного мозга и нервной системы, обладает возможностью защищать организм от радиации, способствует выведению токсичных металлов. Количество данной незаменимой аминокислоты в крупе киноа составило от 0,352 г/100 г (белая) до 0,379 г/100 г (красная).

**Изолейцин** участвует в обмене углеводов, помогает снижать содержание холестерина в крови, выработке гемоглобина, необходим для образования гемоглобина, повышает выносливость организма человека. Количество изолейцина в крупе киноа было невысоким, максимальным содержанием отличилась крупа киноа красная — 0,398 г/100 г.

В целом установлено более высокое содержание аминокислот в киноа красном и черном по сравнению с белым, что отмечено в ряде исследований [27, 28].

Для оценки биологической ценности белка крупы киноа был проведен пересчет количества аминокислот на 100 г. белка и рассчитан аминокислотный скор (табл. 3).

Согласно ФАО/ВОЗ в 100 г идеального белка содержится: гистидина — 1,6 г; изолейцина — 3,0 г; лейцина — 6,1 г; лизина — 4,8 г; метионин+цистеин — 2,3 г; фенилаланин+тирозина — 4,1 г; треонина — 2,5 г; триптофана — 0,66 г; валина — 4,0 г [31].

Поскольку в организме человека аминокислоты преобразуются метионин в цистеин, а фенилаланин в тирозин они представлены парами: метионин + цистеин и фенилаланин + тирозин [30].

Таблица 3. Биологическая ценность белка крупы киноа  
Table 3. Biological value of quinoa protein

| Наименование незаменимых аминокислот | Содержание аминокислот в крупе киноа |            |               |            |               |            | ФАО/ВОЗ, 2011, г/100г белка [31] |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|----------------------------------|
|                                      | белая                                |            | красная       |            | черная        |            |                                  |
|                                      | г /100г белка                        | АК скор, % | г /100г белка | АК скор, % | г /100г белка | АК скор, % |                                  |
| валин                                | 3,7                                  | 92,5       | 3,4           | 85,0       | 3,6           | 90,0       | 4,0                              |
| изолейцин                            | 2,2                                  | 73,3       | 2,3           | 76,6       | 2,3           | 76,6       | 3,0                              |
| лейцин                               | 6,0                                  | 98,3       | 5,3           | 86,8       | 5,5           | 90,1       | 6,1                              |
| лизин                                | 4,5                                  | 93,7       | 3,7           | 77,0       | 4,0           | 83,3       | 4,8                              |
| метионин+ цистеин                    | 3,5                                  | 152,1      | 3,2           | 139,1      | 3,1           | 134,7      | 2,3                              |
| треонин                              | 3,5                                  | 140,0      | 3,5           | 140,0      | 3,6           | 144,0      | 2,5                              |
| фенилаланин+ тирозин                 | 5,7                                  | 139,0      | 4,7           | 114,6      | 5,0           | 121,9      | 4,1                              |
| гистидин                             | 2,5                                  | 156,2      | 2,2           | 137,5      | 2,3           | 143,7      | 1,6                              |

Установлено, что в белке крупы киноа больше всего содержится аминокислот — лейцина, фенилаланина+тирозина, лизина, при этом крупа киноа белая является лидером по содержанию этих аминокислот — 6,0 г/100 г, 5,7 г./100 г и 4,5 г/100 г, соответственно.

Степень усвоения аминокислот определяет значение скоры лимитирующей аминокислоты, поскольку аминокислоты со скором выше лимитирующей не используются в биосинтезе белка.

Из результатов исследований следует, что лимитирующей аминокислотой в крупе белой, красной и черной киноа является изолейцин — 73,3%, 76,6% и 76,6%, соответственно.

Крупа киноа была исследована по содержанию макро- и микроэлементов (табл. 4).

Таблица 4. Минеральный состав крупы киноа  
Table 4. Mineral composition of quinoa cereal

| Наименование крупы киноа                     | Минеральные вещества, мг/100г |           |            |          |         |
|----------------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|---------|
|                                              | кальций                       | магний    | фосфор     | марганец | железо  |
| Белая                                        | 22,1±1,3                      | 100,9±6,0 | 209,5±12,6 | 1,8±0,1  | 3,5±0,2 |
| Красная                                      | 24,9±1,5                      | 142,0±8,4 | 363,5±21,6 | 1,7±0,1  | 3,8±0,2 |
| Черная                                       | 49,7±3,0                      | 130,0±7,8 | 302,0±18,0 | 2,1±0,3  | 7,1±0,4 |
| Средняя суточная потребность, мг (18-59 лет) |                               |           |            |          |         |
| ТР ТС 022/2011 [32]                          | 1000                          | 400       | 800        | -        | 14      |
| СанПиНигН № 180 [33]                         | 1000                          | 400       | 800        | 2        | 10-18   |

Результаты исследования минерального состава крупы киноа показали, что содержание кальция было невелико — менее 50 мг/100 г., причем наибольшее его значение отмечено у крупы киноа черной (49,7 мг/100г).

Установлено, что употребление 100 г. крупы киноа позволит обеспечить среднесуточную суточную потребность (ССП) в магнии на 25,2% (белая), 32,5% (черная) и 35,5% (красная).



Количество фосфора варьировало от 209,5 мг/100 г. до 363,5 мг/100 г. Так, среднесуточную потребность в этом элементе удовлетворяет употребление 100 г киноа красного на 45,44%, черного 37,75 %, и белого на 26,19%,

Содержание марганца в крупе киноа достаточное, чтобы при употреблении 100г крупы киноа черной полностью удовлетворить среднесуточную потребность в этом элементе.

Позволяет удовлетворить среднесуточную потребность в железе на 20–35% употребление 100 г крупы киноа белой и красной, и на 40–70 % употребление киноа черной.

**Заключение.** Таким образом, установлено, что крупа киноа содержит достаточно большое количество белка — более 14 %, максимальное его количество отмечено в крупе киноа красная — 17,3%. При этом для крупы киноа характерно невысокое содержание жира — 5,1-6,2%, величина которого незначительно отличалась в различных видах киноа.

Преобладающими аминокислотами в белке крупы киноа являются: среди заменимых — аспарагиновая 0,986–1,398 г/100 г и глутаминовая 1,766–1,952 г/100 г; незаменимых — лейцин (0,846–0,913 г/100 г) и лизин (0,632–0,648 г/100 г).

Крупа киноа является источником минеральных веществ: употребление 100 г. крупы позволяет удовлетворить суточную потребность в марганце на 100%, фосфоре на 25–45%, магнии на 25–35%, железе — 20–70%.

Результаты исследования химического состава крупы киноа подтверждают высокую биологическую ценность данной культуры и возможность использования ее в качестве основы при создании продуктов функциональной направленности.

#### Список использованных источников

1. Киноа [Электронный ресурс] // Киноа — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Киноа>. — Дата доступа: 15.12.2024.
2. Султанова, З. С. Возделывание киноа в условиях Южного Приаралья / З. С. Султанова, К. Н. Тодерич // *Science Review*. — 2019. — 8(25). — С. 16-18.
3. Organic Quinoa: a global emerging growing market: [Электронный ресурс] // — Режим доступа: <https://www.bioecoactual.com/en/2021/04/27/organic-quinoa-global-emerging-growing-market/> — Дата доступа: 15.12.2024.
4. Wang, S. Formulation and quality attributes of quinoa food products / S. Wang, F. Zhu // *Food and Bioprocess Technology*. — 2016. — №9. — P. 49–68.
5. Mu, H. Research Progress of Quinoa Seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.): Nutritional Components, Technological Treatment, and Application / H. Mu, S. Xue, Q. Sun [et. al.] // *Foods*. — 2023. — 12(10): 2087.
6. Filho, A. M. M. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects / A. M.M. Filho, M.R. Pirozi, J.T.D.S. Borges Q. Sun [et. al.] // *Food Sci. Nutr*. — 2017. — №57. — P.1618–1630.
7. Елисеева, Л. Г. Исследование жирнокислотного состава семян киноа различных торговых марок / Л. Г. Елисеева, Е. В. Жиркова, Д. С. Кокорина // Матер. межд. науч.-практ. конф. посвящ. памяти В. М. Горбатова. — 2018. — С. 79-80.
8. Yao, Y. Anti-inflammatory activity of saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages cells / Y. Yao, X. Yang, Z. Shi, G. Ren // *J. Food Sci*. — 2014. — 79(5). — P. 1018-1023.
9. Chen, X. Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed varieties. / X. Chen, Y. Y. Zhang, B. E. Cao [et. al.] // *Food Chemistry-X*. — 2023. — P. 19.
10. Pereira, E. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: a good alternative to nutritious food / E. Pereira, C. Encina-Zelada, L. Barros [et. al.]. // *Food Chemistr*. — 2019. — 280. — P. 110 — 114.
11. Tang, Y. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review / Y. Tang, R. Tsao // *Molecular Nutrition & Food Research*. — 2017. — 1(7): 1600767.
12. Majnooni, M. B. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36984763/> Inhibiting Angiogenesis by Anti-Cancer Saponins: From Phytochemistry to Cellular Signaling Pathways // M. B. Majnooni, S. Fakhri, S. M. Ghanadian [et. al.] // *Metabolites*. — 2023. — 3(3): 323.
13. Zhong, L. Quinoa Ameliorates Hepatic Steatosis, Oxidative Stress, Inflammation and Regulates the Gut Microbiota in Nonalcoholic Fatty Liver Disease Rats / L. Zhong, W. Lyu, Z. Lin [et. al.] // *Foods*. — 2023 Apr 25. — 12(9): 1780.
14. Киноа — польза и вред — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mir-krup.ru/polezno/kinoa/kinoa-polza-i-vred/>. — Дата доступа: 15.12.2024г.
15. Маркова, Ю. М. Зерновые продукты из амаранта, киноа и гречихи: роль в питании человека и поддержании кишечного микробиома / Ю. М. Маркова, Ю. С. Сидорова // *Вопросы питания*. — 2022. — Т. 91, №6. — С. 17 — 29.

16. Hu, Y. Chemical characterization, antioxidant, immune regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from *Chenopodium quinoa* seeds / Y. Hu, J. Zhang, L. Zou [et. al.] // International Journal of Biological Macromolecules, 2017. — 99. — P.622–629.
17. Yao, Y. Antioxidant and immunoregulatory activity of polysaccharides from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) / Y. Yao, Z. Shi, G. Ren // International Journal of Molecular Sciences, 2014. — 15(10). — P. 19307–19318.
18. Xue, P. Reducing the damage of quinoa saponins on human gastric mucosal cells by a heating process / P. Xue, L. Zhao, Y. J. Wang [et. al.] // Food Sci. Nutr. — 2019. — 8(1). — P.500–510.
19. Lin, B. In vivo acute toxicity and mutagenic analysis of crude saponins from *Chenopodium quinoa* Willd husks / B. Lin, X. Qi, L. Fang [et. al.] // RSC Adv. 2021. — №26;11(8). — P.4829–4841.
20. Орлова, Т. В. Сапонины квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd): строение, очистка, биоактивная роль и применение в пищевой промышленности: обзор / Т. В. Орлова // Ползуновский вестник. 2020. — № 3. — С. 16–23.
21. Maldonado-Alvarado, P. Effect of Germination on the Nutritional Properties, Phytic Acid Content, and Phytase Activity of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) / P. Maldonado-Alvarado, D. J. Pavón-Vargas, J. Abarca-Robles, [et. al.] // Food. — 2023. — 12(2):389.
22. Крупа киноа. Технические условия ГОСТ 35051-2023. — Введ. 01.01.2025. — Минск : Гос. комитет по стандартизации РБ, 2024. — С. 12.
23. Продукты переработки плодов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения жира ГОСТ 26183-84 — Взамен ГОСТ 8756.21-70; Введ. 1985-07-01.-М.: Изд-во стандартов, 1984. — С. 5
24. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина ГОСТ 13496.4-2019. — Взамен ГОСТ 13496.4 — 93. — Введ. 01.08.2020.-М.: Стандартиформ, 2019. — С. 22
25. Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии : МВИ.МН 1363-2000 : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 14.07.00. — Минск : [б. и.], — 2000. — С. 23.
26. МУК 4.1.1482-2003. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой. — Москва: Минздрав России –2003. — С. 28
27. Chen, Z. J.(2020). Comparative of 7 different varieties of *Chenopodium quinoa* / Z. J. Chen, C. S. Liao// Science and Technology of Food Industry, 2020. — 41(23). — P. 266–271. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020020197>
28. Tang, Y.-M. A comparative analysis of the nutrient and phytochemical richness among different varieties of quinoa in China / Y.-M. Tang, Yi-Zhi Liu, Y.-H. Zhang [et. al.]. // Food Science& Nutrition. — 2024. — Volume12, Issue 6/ — P. 4473-4485.
29. Щеколдина, Т. В. Изучение биологической ценности семян квиноа (*chenopodium quinoa* willd.) для создания специализированных продуктов питания / Т. В. Щеколдина, Е. А. Черниковец, А. Г. Христенко // Техника и технология пищевых производств. — 2016. — Т. 42. № 3. — С. 90-97.
30. Кольман Я., Рем К.-Г. Наглядная биохимия. — М.: Мир, 2000. — С.469
31. Dietary protein quality assessment in human nutrition: report of an FAO Expert Consultation March 31 — April 2, 2011. Auckland, 2013. — P. 68.
32. Пищевая продукция в части маркировки: Технический Регламент Таможенного Союза: ТР ТС 022/2011 — Введ. 01.07.2013. — Минск: БелГИСС: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. — С. 18.
33. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 № 180.—Минск: Минздрав РБ, 2012. — С. 21.

#### Информация об авторах

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

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

#### Information about the authors

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

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

УДК 621.86.04

Поступила в редакцию 09.01.2025  
Received 09.01.2025**З. В. Ловкис***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***К РАСЧЕТУ ЗАКРЫТОГО ГИДРОТРАНСПОРТА ПОЛУФАБРИКАТОВ И ПРОДУКТОВ**

**Аннотация.** Приведены новые научные данные по транспортировке полуфабрикатов и продуктов по закрытым трубопроводам при насыщении смеси пузырьками растворенного и нерастворенного воздуха. Предложено при расчетах потерь по длине трубопровода применять дополнительный коэффициент неоднородности смеси.

Приведенные коэффициенты трения и методика расчета и обоснования параметров могут быть использованы при проектных расчетах гидротранспортных установок.

**Ключевые слова:** гидротранспорт, коэффициенты, смеси, характеристики, расчет, жидкость, кислород.

**Z. V. Lovkis***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***TO THE CALCULATION OF CLOSED HYDROTRANSPORT OF SEMI-FINISHED PRODUCTS AND PRODUCTS**

**Abstract.** New scientific data are presented for the transportation of semi-finished products and products through closed pipelines when the mixture is saturated with bubbles of dissolved and undissolved air. It is proposed to use an additional coefficient of mixture heterogeneity when calculating losses along the length of the pipeline.

The given friction coefficients and the calculation and justification methods for the parameters can be used in design calculations of hydrotransport installations.

**Keywords:** hydrotransport, coefficients, mixtures, characteristics, calculation, liquid, oxygen.

**Введение.** Гидравлический трубопроводный транспорт нашел широкое применение в технологических процессах при передаче продукта на различные расстояния. По закрытым трубопроводам могут перемещаться вода, топливо и смазочные материалы, строительные материалы (песок, смеси), овощи, плоды и ягоды, газовые продукты и др.

Гидравлический трубопроводный транспорт обладает высокой производительностью, возможностью совмещения транспортирования с другими технологическими операциями, относительно низкой удельной металлоемкостью оборудования и доступностью в обслуживании, возможностью автоматизации и высокими экономическими показателями.

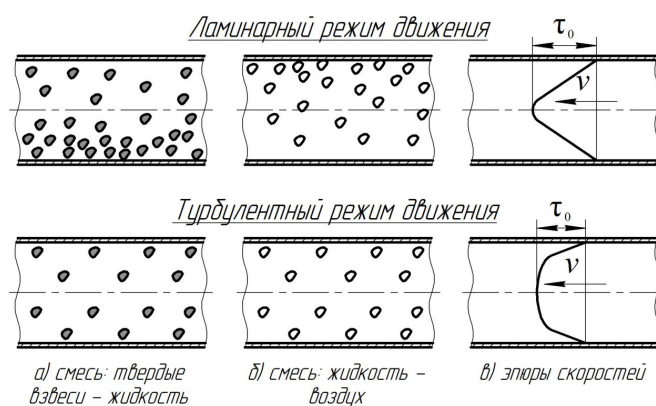
**Результаты исследований и их обсуждение.** При проектировании систем закрытого гидротранспорта необходимо знать характеристики транспортируемого продукта: параметры, плотность, твердость, вязкость, коэффициент трения о поверхность (табл. 1)

По закрытым трубопроводам перемещаются как жидкости с разной плотностью (вода, молоко, топливо), так и с твердыми, нерастворенными включениями (корм, фрукты, овощи, песок, канализационные отходы) и газовыми (кислород, озон, воздух).

При ламинарном режиме движения твердые частицы смеси стремятся осесть в нижней части трубопровода, что приводит к образованию отложений, уменьшению проходного сечения и требует регулирования (увеличения) скорости потока. При перемещении жидкости, в которой находятся пузырьки нерастворенного воздуха наблюдается обратное явление — пузырьки воздуха стремятся подняться в верхнюю часть трубопровода. При турбулентном скоростном режиме движения в трубопроводе образуются равномерные по всему контуру смеси как твердых, так и воздушных составляющих

Таблица 1. Характеристики отдельных видов транспортируемого продукта  
Table 1. Characteristics of individual types of transported product

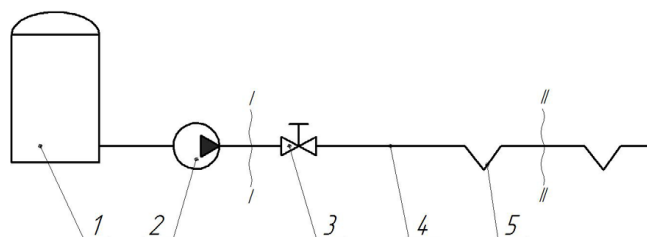
| Транспортируемый продукт   | Параметры (эквивалентный диаметр), мм | Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | Твердость поверхности, Н, мПа | Коэффициент трения (скольжения) по поверхности, $\mu$ |             | Коэффициент динамической вязкости $\mu$ , мПа*с |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------|
|                            |                                       |                                       |                               | Сталь                                                 | Пластик     |                                                 |
| Вода                       |                                       | 1000                                  | -                             | 0,08...0,1                                            | 0,1...0,12  | 1,0...1,8                                       |
| Пиво                       |                                       | 1016-1067                             | -                             | 0,1...0,15                                            | 0,15...0,17 | 1,45...2,4                                      |
| Спирт                      |                                       | 790                                   | -                             | 0,08...0,1                                            | 0,12...0,15 | 1,5...2,9                                       |
| Молоко                     |                                       | 1026                                  | -                             | 0,12...0,16                                           | 0,18...0,2  | 1,4...2,5                                       |
| Масло рапсовое             |                                       | 970                                   | -                             | 0,1...0,15                                            | 0,2...0,24  | 47...98                                         |
| Соки, напитки с включением | 0,005...0,01                          | 1010 — 1054                           | -                             | 0,12 - 0,16                                           | 0,1 — 0,15  | 1,7...1,9                                       |
| Пюре для детского питания  | 0,01...0,1                            | 1040 — 1300                           | -                             | 0,3 — 0,4                                             | 0,28 - 0,35 | 250...400                                       |
| Горошек, клюква, голубика  | 5-15                                  | 980 — 1100                            | 0,8...1,1                     | 0,42 - 0,45                                           | 0,4 — 0,5   | -                                               |



$\tau_0$  — касательные напряжения трения по поверхности трубопровода, Н/м<sup>2</sup>;  $v$  — средняя скорость потока, м/с

Рис. 1. Общий вид перемещаемой смеси по закрытому трубопроводу  
Fig. 1. General view of the mixture being moved through a closed pipeline

Для выбора, расчета и конструирования закрытого гидротранспорта жидкотекучих смесей различной консистенции решающее значение имеют расход смеси и гидравлические потери, которые определяют необходимые напор, КПД, мощность, надежность работы от установленных значений расхода и дальности транспортирования (рис.2)



1 — емкость-смеситель; 2 — насос; 3 — кран-задвижка; 4 — трубопровод; 5 — потребитель

Рис. 2. Схема к расчету гидравлических транспортных систем  
Fig. 2. Scheme for calculating hydraulic transport systems

Характер движения рабочей смеси по закрытому трубопроводу зависит от значения критерия Рейнольдса ( $R_e$ ), который определяется по формуле [1].

$$R_e = \frac{v_{cp} \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.27 Q}{dv} \quad [1]$$

где  $v_{cp}$  — средняя скорость движения смеси на данном участке, м/с;  $Q$  — секундный расход смеси,

$$Q = S v_{cp}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения потока,  $\text{м}^2$ , ( $S = \frac{\pi d^2}{4}$ );  $d$  — внутренний диаметр трубопровода,

м;  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости, МПа·с;  $\rho$  — плотность смеси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $R_{e\text{кр}} = 2000 \dots 2300$  для ламинарного режима течения смеси.

Коэффициенты кинематической ( $\nu$ ) и динамической ( $\mu$ ) вязкости связаны отношением  $\nu = \mu / \rho$ , где  $\mu$  (Па·с),  $\nu$  ( $\text{м}^2/\text{с}$ ), а плотность  $\rho$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ). Коэффициенты вязкости зависят от состава смеси, температуры, давления и др. параметров.

Для ламинарного режима движения смеси расчетный внутренний диаметр трубопровода определяется зависимостью

$$1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v_{cp}}} \geq d \geq \frac{R_e \nu}{v_{cp}} \quad [2].$$

Согласно ГОСТ, трубопроводы для транспортировки пищевой продукции бывают диаметром 12, 18, 22, 28, 34, 40, 52, 70, 85, 104, 129, 154 и 204 мм. Рекомендуемая средняя скорость  $v_{cp} = 0,5 \dots 1,4$  м/с.

Секундный объем смеси, перемещаемой гидравлически в закрытом трубопроводе, наполненном водой, можно определить по формуле [4]:

$$Q = (W + q) / \rho,$$

где  $W$  — секундный расход воды,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $q$  — секундный расход продукта,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $\rho$  — удельная плотность гидросмеси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Формулу можно преобразовать

$$Q = \frac{q \left( \frac{W}{q} + 1 \right)}{\rho}; \quad [3];$$

$$\rho = \frac{\rho_T + \rho_{\text{ж}} + \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{ж}}}, \quad [4].$$

где  $\rho_T$  — плотность продукта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{ж}}$  — плотность воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воздуха —  $1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$  (кислорода  $\rho_{\text{к}} = 1,43 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; озона  $\rho_{\text{о}} = 2,14 \text{ кг}/\text{м}^3$ ).

В заполненном рабочей смесью (сухой продукт плюс вода) трубопроводе всегда присутствует газоздушная составляющая, которая может быть как в растворенном состоянии (фаза Р), так и в нерастворенном, в виде пузырьков (фаза Г). При работе гидротранспорта фазы «Г» и «Р» постоянно переходят одна в другую, а в неподвижном состоянии может происходить подъем и местная концентрация достаточно крупных пузырьков ( $d > 10$  мкм) фазы «Г», их всплытие и переход в фазу «Р» в соответствии с законом Генри [5]. Количественное содержание пузырьков определяется их свойствами (в первую очередь силами поверхностного натяжения), конкретными условиями образования пузырьков, давлением, местными сопротивлениями и скоростями движения.

При работающей системе содержание в жидком продукте фаз «Р» и «Г» нестабильно и оценивается отклонениями  $\alpha_p = V_p / V_c$  и  $\alpha_r = V_r / V_c$  при давлении 760 мм. рт. ст. и температуре 273°К, где  $V_c$  — объем смеси,  $V_p$  — объем растворенной части воздуха,  $V_r$  — объем нерастворенной части воздуха. По данным исследований [1,5] коэффициент ( $\alpha_p$ ) растворенного воздуха может достигать значений 7...11%, а  $\alpha_r$  по факту насыщения.

От содержания фаз «Р» и «Г» зависит вязкость ( $\nu$ ) и плотность ( $\rho$ ) перемещаемой смеси ( $\rho$ ), а также сила поверхностного натяжения ( $\sigma$ ).



Деформация пузырьков воздуха «Г» сопровождается ростом температуры, а рост давления приводит к росту температуры и переходу пузырьков воздуха с фазы «Г» в фазу «Р».

Для расчета потерь напора применением уравнения Бернулли для участка I-II (рис.1). При установившемся движении смеси изменение величины суммы трех напоров: скоростного  $\frac{v^2}{2g}$  (при ламинарном движении  $\frac{\alpha v^2}{2g}$ ), давления  $\frac{p}{\gamma}$  и высотного  $Z$  между двумя сечениями потока – равно потери напора между сечениями

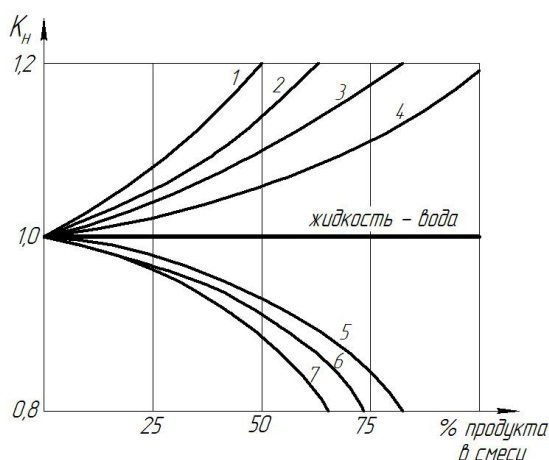
$$\left( \frac{\alpha v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left( \frac{\alpha v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 \right) = \Sigma \lambda \frac{lv^2}{d2g} + \Sigma b \xi \frac{v^2}{2g}, \quad [5].$$

где  $v_{1,2}$  – средняя скорость потока, м/с;  $\alpha$  – коэффициент скорости ( $\alpha=1-2$ );  $g$  – ускорение силы тяжести,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $P$  – абсолютное давление, Па;  $\gamma$  – удельный вес смеси,  $\text{Н/м}^3$ ;  $Z$  – уровень жидкости относительно принятого нулевого уровня, м;  $\lambda$  – коэффициент трения в трубопроводе;  $d$  – внутренний диаметр трубопровода, м;  $\xi$  – коэффициент местных потерь в коленах, кранах, при расширении (потреблении);  $b$  – поправочный коэффициент.

Значение коэффициента  $\lambda$  для однородной жидкости при ламинарном режиме движения, при изотермическом потоке можно определить по формуле  $\lambda = \frac{64}{Re}$ .

По более точным данным расчет величины коэффициента  $\lambda$  нужно вести с учетом относительной шероховатости стенок трубопровода  $\frac{\Delta}{d_s}$ , где  $\Delta$  – абсолютная шероховатость,  $d_s$  – внутренний диаметр трубопровода, мм. Абсолютная шероховатость для пластмассового трубопровода  $\Delta = 0,03 \text{ мм}$ , стального –  $\Delta = 0,04 \text{ мм}$ .

Для неоднородной смеси при определении трения по длине трубопровода автором предлагается ввести дополнительный коэффициент ( $K_n$ ) неоднородности смеси, рис.3.



1 — клюква; 2 — горошек; 3 — пюре яблочное; 4 — сок, напитки; 5 — озон; 6 — кислород; 7 — воздух

Рис. 3. К определению дополнительного коэффициента трения ( $K_n$ ) для неоднородной смеси  
Fig. 3. To determine the additional coefficient of friction ( $K_n$ ) for a heterogeneous mixture

Для расчета коэффициентов местных потерь пользуются опытными данными. При ламинарном потоке, где доля потерь на трение значительная, величину коэффициента местных потерь  $\zeta$  рекомендуют рассматривать с поправочным коэффициентом «в», который с уменьшением  $Re$  растет и для ламинарного режима движения в нашем случае  $b = 1,2...2,0$  [6].

Тогда для участка I — II потери напора составят

$$\Delta P = K_n \lambda \frac{lv^2}{d2g} + b(\zeta_1 + \zeta_2) \frac{v^2}{2g},$$

где  $\zeta_1$  – коэффициент местных потерь крана;  $\zeta_2$  – коэффициент местных потерь насадки потребителя [1].

Давление нагнетания с которым должен работать насос составит:

$$P = (\Delta_k - \Delta_n) \rho g + \Delta P,$$

где  $\Delta_k$  и  $\Delta_n$  — геодезические отметки конца и начала подъема гидросмеси, м<sup>2</sup>.

Для обеспечения работы закрытого гидротранспорта по сводному графику полей производительности и давления (Q-P) выбираем необходимый насос.

**Заключение.** Приведена методика расчета гидротранспорта закрытого типа, научно обосновано применение дополнительного коэффициента ( $\kappa_n$ ) для неоднородных смесей при расчетах потерь по длине трубопроводов.

#### Список использованных источников

1. Ловкис, З. В. Гидравлика: учеб. пособие / З. В. Ловкис. — Минск : Беларус. навука, 2012. — С. 439.
2. Ловкис З. В. Экспериментальное определение параметров системы гидротранспорта плодовоовощного сырья / З. В. Ловкис. — Доклады НАН Беларуси. — 2023. — Т. 67, №1. — С. 83–88.
3. Ловкис, З. В. Детское питание: наука, технологии, продукты: [монография] / З. В. Ловкис. — Минск: ИВЦ Минфина, 2023. — С. 355.
4. Ловкис, З. В. Гидравлика : учебное пособие / З. В. Ловкис, Б. А. Карташов, П. В. Лаврухин. — Ростов н/Д : Феникс, 2019. — С. 383.
5. Гиршфельдер, Дж. Молекулярная теория газов и жидкостей: пер. с англ. / Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд; Под ред. Е. В. Ступоченко. — Москва : Изд-во иностр. лит., 1961. — С. 929.
6. Хаймович Е. М. Гидроприводы и гидроавтоматика станков / Е. М. Хаймович. — Москва: Южное отделение машгиза, 1959. — С. 551.

#### Информация об авторах

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

#### Information about the authors

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

УДК 621.798.08

Поступила в редакцию 04.12.2024  
Received 04.12.2024**З. В. Ловкис, С. И. Корзан, К. С. Рябова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МИГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА  
МЕЖДУ САЛОМ СОЛЕНЫМ И УПАКОВОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований динамики миграций минерального состава между салом соленным и упаковочными материалами. Установлено изменение минерального состава сала соленного, хранящегося в различных видах упаковки, в том числе биоразлагаемой, а также минерального состава в упаковочных материалах. Определена динамика миграции минерального состава между салом соленным и упаковочными материалами. Приведенные данные наглядно показывают изменение минерального состава продукта в упаковочных материалах, сопровождающееся увеличением либо уменьшением содержания фосфора, цинка, меди, железа, калия, натрия, магния, кальция, марганца и хрома.

**Ключевые слова:** упаковка, миграция, состав, сало, методика, лабораторный стенд, испытание, спектрометр

**Z. V. Lovkis, S. I. Korzan, K. S. Ryabova***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE DYNAMICS OF MIGRATION OF MINERAL COMPOSITION  
BETWEEN SALTED LARD AND PACKAGING MATERIALS**

**Abstract.** The article presents the results of studies of the dynamics of migration of mineral composition between salted lard and packaging materials. A change in the mineral composition of salted lard stored in various types of packaging, including biodegradable, as well as the mineral composition in packaging materials has been established. The dynamics of migration of the mineral composition between salted lard and packaging materials was determined. The data presented clearly show a change in the mineral composition of packaging materials, accompanied by an increase or decrease in the content of phosphorus, zinc, copper, iron, potassium, sodium, magnesium, calcium, manganese and chromium.

**Keywords:** packaging, migration, composition, lard, methodology, laboratory bench, testing, spectrometer

**Введение.** Полимерные упаковочные материалы в настоящее время занимают третье место по объему производства, после бумажной и стеклянной упаковки. Основными факторами, определяющими огромные масштабы использования полимеров в качестве упаковочных материалов, выступают низкая стоимость, удобство и эстетичность. От общего объема производимых полимеров 47% используется для упаковки пищевых продуктов [1].

Среди большого разнообразия полимерных упаковок выделяются биоразлагаемые пленки, которые не нуждаются в индивидуальном сборе и специальных условиях утилизации.

Выбор упаковочного материала следует осуществлять после изучения их основных характеристик и свойств, а также сроков и условий хранения пищевой продукции, исключая возможность начала процесса деградации упаковки до момента окончания жизненного цикла продукта и ее миграции в пищевой продукт [2].

Исследование динамики миграции минерального состава между продуктом и упаковкой является актуальной и важной темой из-за нескольких факторов.

Во-первых, минеральный состав продуктов питания играет важную роль в их питательной ценности и влиянии на здоровье потребителей. Миграция минеральных веществ может привести к изменениям в составе продукта и, следовательно, его пищевой ценности. Это может

быть особенно важно для продуктов, богатых витаминами и минералами, таких как соки, молочные и зерновые продукты.

Во-вторых, миграция химических веществ может оказывать влияние на безопасность продуктов питания. Некоторые вещества, такие как свинец, кадмий и ртуть, могут быть токсичными при высоких концентрациях. Содержание их в упаковочных материалах может сопровождаться их миграцией в продукт, что представляет риск для здоровья потребителей.

В-третьих, проводимые исследования способствуют правильному выбору упаковочного материала сохраняющего гарантированное качество пищевого продукта и исключающего миграцию его минерального состава.

Исследованием динамики миграции минерального состава между салом соленным и упаковочными материалами ранее не занимались, а это может быть важным для определения потенциальных рисков, связанных с качеством упаковки и безопасностью продукта. Динамика миграции минералов зависит от различных факторов, включая состав упаковочного материала, время контакта и условия хранения.

Для проведения исследования требуется определить минеральный состав сала и анализировать изменения этого состава после контакта с упаковочными материалами. Соленое сало может содержать различные минералы, такие как натрий, калий, магний, железо и другие. Упаковочные материалы, в свою очередь, могут иметь различные свойства, включая их способность взаимодействовать с минеральными компонентами сала.

Для исследования динамики миграции минералов можно использовать различные методы и аналитические приборы, такие как спектрометрия атомно-абсорбционная, масс-спектрометрия, ионно-хроматография и другие. Эти методы позволяют определить содержание минералов в первоначальном сале и в упаковочных материалах, а также отследить изменения состава сала после контакта с упаковкой.

Цель исследований — установить изменение минерального состава сала соленого, хранящегося в различных видах упаковки, в том числе биоразлагаемой, определить динамику миграции минерального состава между салом соленным и упаковочными материалами.

**Объекты и методы исследований.** В качестве объектов исследования использовались сало соленное и упаковочные материалы: упаковочная пленка для заморозки из полиэтилена низкого давления (обр. №2), биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка (обр. №3), целлофановая пленка (обр. №4), пергамент (обр. №6), опытный образец биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. №9) и образец биоразлагаемой компостируемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. 10).

Общий вид образцов упаковочных материалов приведен на рис. 1.

Выбор исследуемых упаковочных материалов обусловлен их жиростойкостью, определенной в предыдущих исследованиях, так как сало содержит сложную органическую матрицу из-за высокого содержания жира порядка 90% [3].

Общий вид исследуемых образцов (соленого сала, упакованного в образцы упаковочных материалов) приведен на рис. 2.

Хранение сала соленного, расфасованного в образцы упаковочных материалов, проводилось на лабораторном стенде с контролируемыми условиями [4].

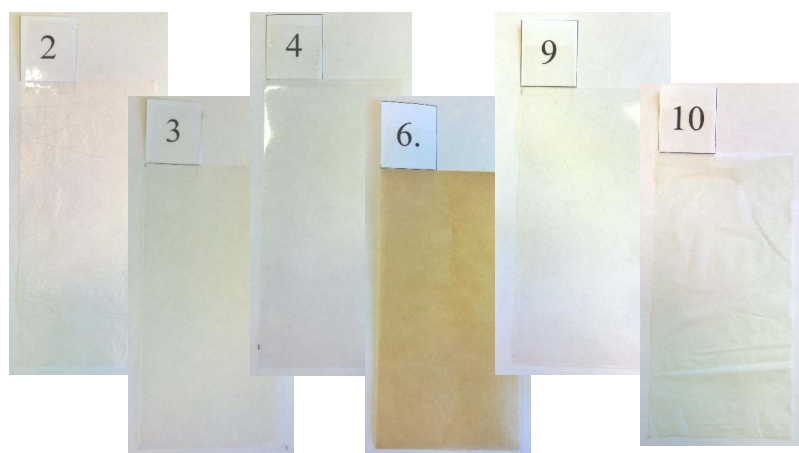


Рис. 1. Общий вид образцов упаковочных материалов

Fig. 1. General view of samples of packaging materials

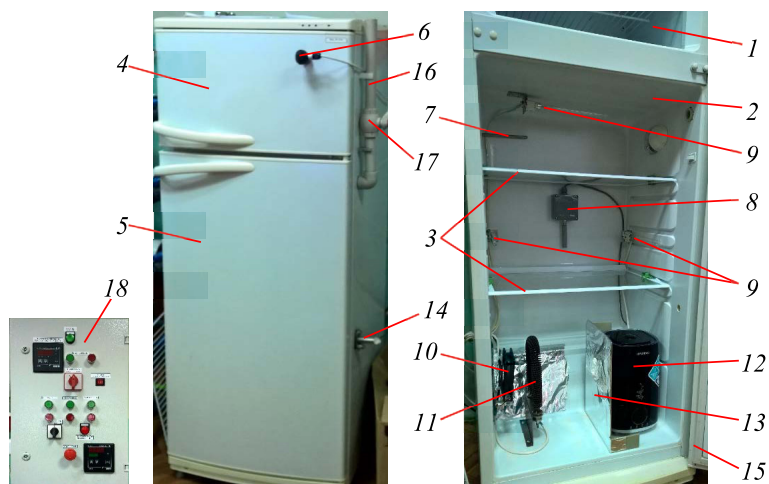


Рис. 2. Общий вид образцов сала, упакованного в исследуемые упаковки  
Fig. 2. General view of lard samples packed in test packages

Лабораторный стенд (рис. 3) представляет собой камеру, состоящую из двух секций: морозильной 1 и холодильной 2. Камера оборудована стандартным набором оборудования: компрессор, конденсатор, дроссель, испарители. Секции оборудованы контрольно-измерительными приборами и оборудованием. В секциях 1 и 2 установлены решетки 3 для укладки образцов. Морозильная и холодильная секции герметично закрываются дверцами 4 и 5.

В состав контрольно-измерительных приборов входят: датчик температуры 6, датчик температуры и влажности 7, система измерения и записи данных, состоящая из преобразователя относительной влажности и температуры ПВТ100-Н4.2.И 8, измерителя двухканального ТРМ200-Щ1, модуля сбора данных МСД-200 (установлены в пульте управления).

Дополнительно холодильная секция 2 оборудована УФ-лампами 9, вентилятором 10, ТЭН воздушным 11, увлажнителем 12, перегородкой 13, патрубком 14 для подачи различных газовых сред в камеру и вентиляционный трубопровод 15 соединяющий секцию 2 с окружающей средой. Вентиляционный трубопровод 15 снабжен задвижкой 16.



1 — морозильная секция; 2 — холодильная секция; 3 — решетка; 4, 5 — дверца; 6 — датчик температуры; 7, 8 — датчик температуры и влажности; 9 — УФ-лампа; 10 — вентилятор; 11 — ТЭН воздушный; 12 — увлажнитель; 13 — перегородка; 14 — патрубок; 15 — трубопровод вентиляционный; 16 — задвижка; 17 — уплотнитель; 18 — пульт управления

Рис. 3. Общий вид лабораторного стенда  
Fig. 3. General view of the laboratory stand



Для герметизации камеры, лабораторный стенд оборудован уплотнителем 17.

Управление работой лабораторного стенда осуществляется с пульта управления 18, согласно выбранному режиму работы.

Продолжительность хранения сала соленого составила 20 сут при температуре  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ .

По истечению 20 суток исследуемые образцы сала соленого и упаковочных материалов испытывались в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» по определению минерального состава: фосфор, цинк, медь, железо, калий, натрий, магний, кальций, марганец, хром.

При определении минерального состава образцов сала и упаковочных материалов использовался метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES), заложенный в спектрометре Optima 2100 DV, согласно методу МУК 4.1.1482-03 [5, 6].

Общий вид спектрометра Optima 2100 DV приведен на рис. 4.

Количественный анализ методом ICP-AES заключается в атомизации, при которой аналит переводят в атомарное состояние при распылении жидкого образца в пламени или плазме. Содержание неорганического аналита определяется количественно сравнением испускания монохроматического электромагнитного излучения с характерной длиной волны атомами определяемого элемента в пробе и стандартных растворах.



Рис. 4. Общий вид спектрометра Optima 2100 DV  
Fig. 4. General view of the Optima 2100 DV spectrometer

**Результаты исследований и их обсуждение.** Минеральный состав образцов сала соленого, упакованного в исследуемые образцы приведен в таб. 1.

Таблица 1. Минеральный состав сала соленого, упакованного в различные виды упаковки  
Table 1. Mineral composition of salted lard, packaged in various types of packaging

| Показатель, мг/кг | Исходный образец | № образца упаковочного материала |        |        |        |        |         |
|-------------------|------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                   |                  | обр. 2                           | обр. 3 | обр. 4 | обр. 6 | обр. 9 | обр. 10 |
| Калий             | 250              | 222                              | 231    | 241    | 225    | 232    | 226     |
| Кальций           | 200              | 290                              | 350    | 265    | 350    | 210    | 205     |
| Магний            | 60               | 83                               | 73     | 61     | 81     | 60     | 111     |
| Натрий            | 12000            | 12000                            | 12100  | 11900  | 12000  | 12000  | 11850   |
| Фосфор            | 275              | 285                              | 265    | 265    | 260    | 280    | 273     |
| Железо            | 4,4              | 3,6                              | 5,3    | 4,9    | 5,4    | 5,1    | 5,2     |
| Марганец          | 0,3              | 0,27                             | 0,3    | 0,3    | 0,8    | 0,23   | 0,31    |
| Медь              | 0,25             | 0,21                             | 0,27   | 0,24   | 0,18   | 0,26   | 0,16    |
| Хром              | 0,2              | 0,19                             | 0,2    | 0,19   | 0,21   | 0,2    | 0,21    |
| Цинк              | 4,0              | 3,7                              | 4,2    | 4,2    | 3,3    | 4,1    | 5,0     |

Приведенные данные в табл. 1 показывают, что во всех исследованных образцах сала соленого содержится относительно небольшое количество кальция, магния, фосфора, калия, марганца, железа, меди, хрома и цинка, но высокое количество натрия, обусловленное на-

личием поваренной соли на его поверхности, данные сопоставимы с другими исследованиями [7–9]. При хранении сала соленого, во всех образцах снижается содержание калия; содержание натрия и хрома практически не изменяется; содержание фосфора, железа, меди и цинка уменьшается и увеличивается в зависимости от используемой упаковки; содержание кальция, магния и марганца увеличивается. Особое внимание необходимо уделить образцу упаковки №6, так как при хранении в данном образце в сала соленном увеличивается содержание марганца. Это можно объяснить тем, что образец упаковки №6 содержит большое значение марганца (37 мг/кг) относительно других образцов упаковки (в среднем 1,6 мг/кг). Исследования в данном направлении продолжаются.

Доза, приводящая к отравлению марганцем, составляет 40 мг в день. Суточная потребность в марганце зависит от возраста и составляет для взрослых от 2,5 до 5 мг, детям до года — 1 мг, от 1 года до 15 лет — 2 мг [10–13]. Марганец активно влияет на обмен белков, углеводов и жиров. Важной также считается его способность усиливать действие инсулина и поддерживать определенный уровень холестерина в крови. В присутствии марганца организм полнее использует жиры, повышается усвояемость меди. Отрицательное влияние марганца в первую очередь сказывается на функционировании центральной нервной системы. Его избыточное накопление проявляется в виде постоянной сонливости, ухудшении памяти, повышенной утомляемости.

Согласно данным [14], максимально допустимое количество ежедневного употребления сала в день составляет не более 10 — 30 г. Следовательно, при употреблении сала соленого, упакованного в обр. №6, в организм человека поступит около 0,03 мг марганца, что не превышает суточной потребности в нем.

Дополнительно были проведены испытания исследуемых упаковочных материалов на минеральный состав до и после хранения в них продукта. Полученные данные приведены на рис. 5.

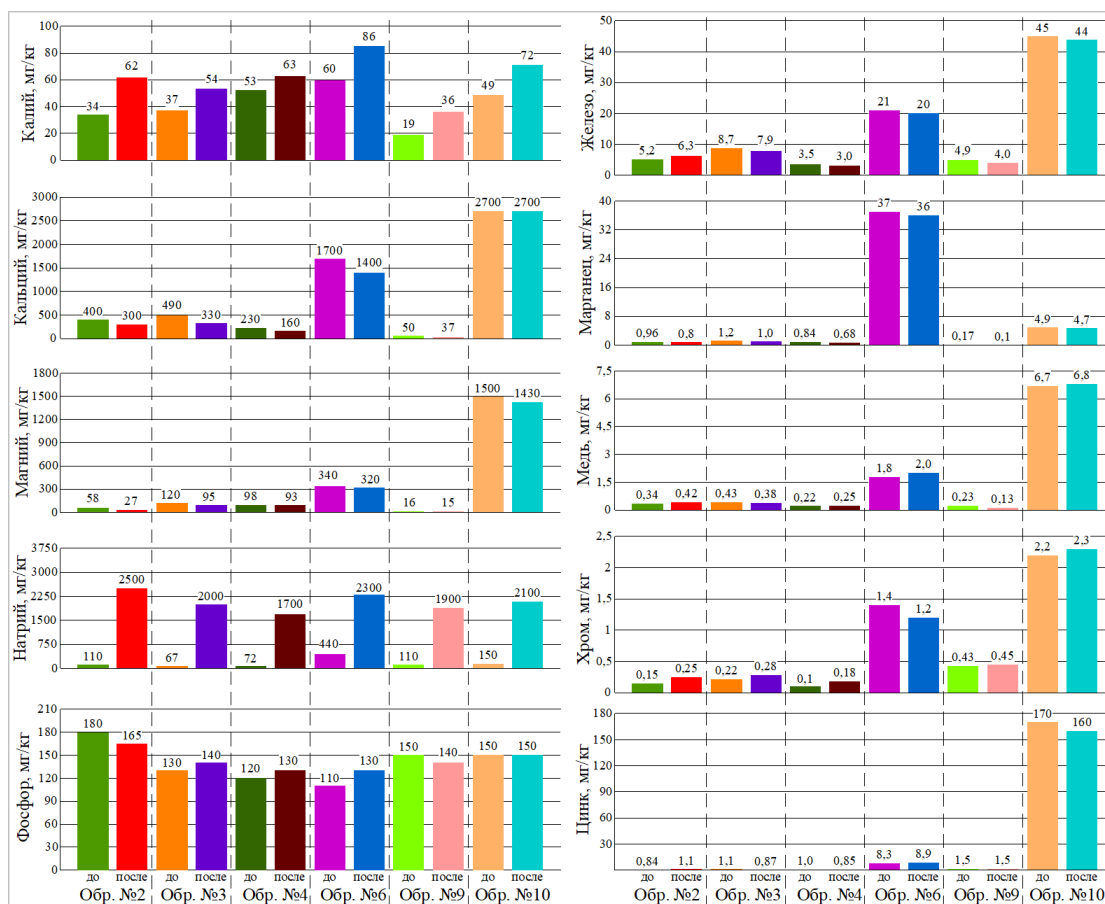


Рис. 5. Минеральный состав упаковочных материалов до и после хранения в них сала соленого

Fig. 5. Mineral composition of packaging materials before and after storing salted lard in them

Приведенные данные на рис. 5, показывают, что все исследуемые образцы сала в упаковочных материалах сохраняют содержание кальция, магния, фосфора, железа и хрома.

Химический состав упаковочных материалов, после хранения в них сала соленого, изменяется в противоположную сторону, т.е., например, содержание калия в сала снижается, следовательно в образцах упаковки его содержание увеличивается. Высокое содержание натрия в образцах упаковки обуславливается за счет образования соленой жировой пленки на их поверхностях в результате контакта с продуктом.

Анализ химического состава упаковочных материалов, до и после хранения в них сала соленого, позволяет установить следующее (после перехода элементов из продукта в упаковку):

- ♦ содержание калия в упаковочных материалах увеличивается в среднем в 1,3...1,8 раза, натрия — 12,2...25,4 раз;
- ♦ содержание кальция в упаковочном материале уменьшается в среднем в 1,4 раза, магния — 1,1 раза (для обр. №2 — 2,1 раза), железа и марганца — 1,2 раза;
- ♦ содержание фосфора, меди и цинка в образцах упаковочных материалов изменяется в среднем в  $\pm 1,2$  раза;
- ♦ содержание меди для ряда образцов упаковочных материалов увеличивается в среднем в 1,4 раза и уменьшается — 1,2 раза;
- ♦ содержание хрома для ряда образцов упаковочных материалов изменяется в среднем в  $\pm 1,4$  раза.

**Заключение.** В результате проведенных исследований было изучено изменение минерального состава сала соленого, хранящегося в различных видах упаковки, в том числе биоразлагаемой. Установлено, что во всех исследованных образцах сала соленого содержится относительно небольшое количество кальция, магния, фосфора, калия, марганца, железа, меди, хрома и цинка, но высокое количество натрия, обусловленное наличием поваренной соли на его поверхности. При определении минерального состава в упаковочных материалах после хранения, установлено, что все исследуемые образцы упаковочных материалов сохраняют продукт, однако элементы калия, железа, марганца, хрома и цинка частично мигрируют.

Определена динамика миграции минерального состава между салом соленным и упаковочными материалами. Приведенные данные наглядно показывают изменение минерального состава продукта в упаковочных материалах, сопровождающееся увеличением либо уменьшением содержания фосфора, цинка, меди, железа, калия, натрия, магния, кальция, марганца и хрома.

#### Список использованных источников

1. Любешкина, Е. Г. Полимерные материалы для упаковки пищевых продуктов: требования и принципы выбора / Е. Г. Любешкина // Полимерные материалы. Изделия. Оборудование. Технологии. — 2009. — № 4. — С. 4–10.
2. Федотова, О. Б. О старении и сроке годности упаковки / О. Б. Федотова // Молочная промышленность. — 2019. — № 6. — С. 12–13.
3. Ловкис, З. В. Исследование барьерных свойств упаковочных материалов, определение жиропроницаемости / З. В. Ловкис, С. И. Корзан // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2023. — № 4(62). — С. 69–74.
4. Корзан, С. И. Разработка лабораторного стенда для изучения сохранности пищевых продуктов в биоразлагаемой упаковке / С. И. Корзан, З. В. Ловкис // Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : сборник докладов XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 1 октября 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. — Минск, 2020. — С. 377–378.
5. Ловкис, З. В. Минеральный состав специализированного энергетического продукта на основе свиного шпика / З. В. Ловкис, И. В. Ксенович // Наука, питание и здоровье : сб. научн. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. — Минск: Беларуская навука, 2022. — С. 259–261.
6. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой : метод. указания. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. — С. 56
7. Погодаев, В. А. Химический состав и физико-химические свойства шпика свиней разной кровности по породам см1 и ландрас / В. А. Погодаев, И. Г. Рачков, Л. М. Смирнова // Сельскохозяйственный журнал. — 2016. — № 9. — С. 78–84.

8. Гришкова, А. П. Химический состав и физико-химические свойства мяса и сала свиней чистогорской породы / А. П. Гришкова, Н. А. Чалова, А. А. Аришин // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — Т. 32, № 12. — С. 59–61.
9. Козликин, А. В. Анализ физико-химических свойств мяса и шпика чистопородных и помесных свиней / А. В. Козликин // Научный журнал КубГАУ. — 2011. — № 73. — С. 218–227.
10. Влияние марганца на организм человека: вред или польза? [Электронный ресурс] // Компания BWT. — Режим доступа: <https://www.bwt.ru/useful-info/vliyanie-margantsa-na-organizm-cheloveka-vred-ili-polza/>. — Дата доступа: 7.02.2024.
11. Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения / Г. В. Шестова [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. — 2014. — № 4. — С. 59–65.
12. Елисеева, Т. А. Марганец (Mn) — значение для организма и здоровья + 25 лучших источников / Т. А. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. — 2022. — № 19. — С. 92–101.
13. Тменова, А. О. Биологическая роль марганца и его соединений / А. О. Тменова, Л. М. Кубалова // Современные наукоемкие технологии. — 2014. — № 7. — С. 92.
14. Сколько сала можно съесть в день: 80 % людей едят продукт неправильно [Электронный ресурс] // Белновости. — Режим доступа: <https://www.belnovosti.by/kulinariya/skolko-sala-mozhno-sedat-v-den-80-lyudey-edyat-produkt-nepravilno>. — Дата доступа: 7.02.2024.

#### 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: [info@belproduct.com](mailto:info@belproduct.com)

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

E-mail: [seroga.korzanmc@mail.ru](mailto:seroga.korzanmc@mail.ru)

*Рябова Кристина Святославовна*, кандидат технических наук, начальник 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: [rkik-npc@mail.ru](mailto:rkik-npc@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 Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [info@belproduct.com](mailto:info@belproduct.com)

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

E-mail: [seroga.korzanmc@mail.ru](mailto:seroga.korzanmc@mail.ru)

*Ryabova Kristina Svyatoslavna*, PhD (Technical), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [rkik-npc@mail.ru](mailto:rkik-npc@mail.ru)

УДК 664.22

Поступила в редакцию 27.01.2025  
Received 27.01.2025**А. В. Куликов***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛЬНЫХ  
СУСПЕНЗИЙ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ**

**Аннотация.** В статье описаны результаты исследований разделения различных крахмальных суспензий за счет изменения реологических свойств дисперсионной фазы путем внесения гидратов, позволяющие снизить производственные потери крахмала и повысить его качественные показатели. Осуществлено обоснование необходимого оборудования и сформированы рекомендации по использованию данных результатов для предприятий крахмалопаточных производств.

**Ключевые слова:** способ, разделение, крахмальные суспензии, дисперсионная среда, седиментационные свойства, гидраты

**A. V. Kulikou***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE SEPARATION PROCESS OF STARCH SUSPENSIONS  
BASED ON CHANGES IN THEIR RHEOLOGICAL PROPERTIES**

**Abstract.** The article describes the results of studies of separation of various starch suspensions by changing the rheological properties of the dispersion phase by introducing hydrates, which allows reducing production losses of starch and improving its quality indicators. The necessary equipment was substantiated and recommendations were developed for the use of these results for starch and syrup production enterprises.

**Key words:** method, separation, starch suspensions, dispersion medium, sedimentation properties, hydrates.

**Введение.** В процессе производства крахмала образуются различные крахмальные суспензии: измельченная картофельная кашка (смесь крахмала, мезги и клеточного сока), крахмальное молочко (смесь крахмала, воды и мелкой мезги), жидкие отходы (смесь мезги, соковых вод и крахмала). От степени разделения данных суспензий на отдельные фазы и эффективности извлечения крахмала зависят его качественные характеристики, а также экономические показатели работы предприятия.

Согласно ГОСТ 7699-78, содержание крапин (неизвлеченной мелкой мезги) в картофельном крахмале является основным показателем его пригодности в качестве крахмалов «экстра» (60 шт. на 1 дм<sup>2</sup> поверхности крахмала) и «медицинского» (должен вырабатываться без механических примесей с количеством крапин до 40 шт.), для получения которых необходима дополнительная очистка крахмала от мелкой мезги. Крахмал сорта «Экстра» в Республике Беларусь без изменения существующей технологии может вырабатывать лишь ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», на котором установлено современное шведское оборудование. Однако данный процесс является достаточно затратным из-за использования энергоемкого оборудования для дополнительной очистки от мелкой мезги. Разница в стоимости крахмала «экстра» и «высшего сорта» достигает 10% и более, поэтому поиск эффективных путей очистки суспензии крахмального молочка от мелкой мезги для крахмальных заводов РБ является актуальной задачей.



В то же время, для отдельных потребителей готового крахмала не требуется соблюдение всех стандартных показателей качества. В частности, для крахмала, используемого для технических целей — в составе флотационного реагента при производстве калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий», показатель относительного содержания мезги в крахмале практически не влияет на производственный процесс флотации калийной руды. И по действующему технологическому процессу получают 2 вида конечного продукта, которые используются на процессе флотации: реагент — сухой крахмал невысокой степени очистки от мелкой мезги в количестве 60% от всего крахмала, содержащегося в картофеле; влажная отпрессованная мезга с оставшимся невыделенным крахмалом (40%).

Данный процесс получения крахмала из измельченной картофельной кашки достаточно затратный из-за использования морально устарелого и энергоемкого центробежного оборудования. Поэтому актуальной задачей для этой технологии также является поиск путей по снижению затрат на выделение крахмала.

В дополнение к вышеизложенному, в крахмальном производстве РБ часть извлекаемого свободного крахмала с жидкой мезгой выводится из производства в виде отходов (в зависимости от степени измельчения картофеля и извлечения крахмала на гидроциклонных установках). В случае полного разделения суспензии жидких отходов крахмального производства можно будет получать крахмал без содержания мезги, снизить его производственные потери, а очищенную жидкую фазу можно будет использовать в системе гидротранспортирования картофеля или без существенных затрат сбрасывать на поля фильтрации, а также в канализационные сети ЖКХ.

На основании вышеизложенного **целью исследований** является решение обозначенных проблемных вопросов за счет разработки и апробации нового способа разделения крахмальных суспензий на основе изменения их реологических свойств.

**Материалы и методы исследований.** Объектами исследований являлись крахмальные суспензии ОАО «Рогозницкий крахмальный завод» — измельченная картофельная кашка, крахмальное молочко, жидкие отходы производства, которые представляют собой гетерогенную систему, состоящую из однородных частей (фаз): зерен крахмала, частиц мезги и клеточного сока. Все три фазы отличаются по составу, физико-химическим и реологическим свойствам.

Частицы мезги (клетчатки) в процессе технологической обработки не изменяют своих реологических свойств. Их физические свойства могут изменяться за счет изменения размера. При этом их плотность составляет 1,07–1,1 г/см<sup>3</sup> [1].

Зерна крахмала в процессе технологической обработки не изменяют физических, химических, реологических свойств. При этом их плотность составляет 1,55–1,6 г/см<sup>3</sup> [1].

Клеточный сок в процессе технологической обработки изменяет реологические свойства: плотность, концентрацию, вязкость.

В связи с чем для повышения эффективности разделения вышеуказанных крахмальных суспензий предложен способ, основанный на изменении свойств дисперсионной среды (клеточного сока, соковых вод картофеля). Т.е. искусственно внося в клеточный сок воду или растворенные химические вещества (например, солевые растворы) можно создать необходимую плотность дисперсионной среды крахмальных суспензий, которая должна быть больше плотности клетчатки и меньше плотности зерен крахмала, что способствовало бы разделению данных фаз, т.е. всплыванию частиц клетчатки в поверхностную часть крахмальной суспензии, как более легких, и осаждению зерен крахмала, как более тяжелых.

В связи с чем были подобраны наиболее доступные и безопасные вещества, способные растворяться в жидкой среде и изменять ее плотность — соли (KCl, NaCl). Выбор данных веществ неслучаен. Так, при производстве калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий» в огромном количестве образуются побочные продукты — водные растворы калийных солей различных концентраций. Аналогичная ситуация с образованием побочных продуктов в виде водных растворов натриевых солей на ОАО «Мозырьсоль».

**Результаты исследований и обсуждение.** Исследовано влияние растворенных веществ выбранных реагентов (NaCl, KCl) в дисперсионной среде на ее плотность в суспензии, в результате чего для проведения дальнейших исследований можно рекомендовать необходимую концентрацию реагентов для достижения требуемой плотности дисперсионной среды (>1,1 г/см<sup>3</sup> и <1,5 г/см<sup>3</sup>) — 150–300 г/л.

Далее проведены экспериментальные исследования по разделению крахмальных суспензий и определению седиментационных свойств картофельного крахмала и мезги в дисперсионных средах с различной плотностью. В качестве реагента использовали насыщенный раствор NaCl плотностью ≈1,25 г/см<sup>3</sup>.

*Разделение суспензии картофельной кашки.* Согласно типовой технологической схемы производства сырого картофельного крахмала [1,3,5], была осуществлена предварительная промывка кашки от клеточного сока с целью недопущения потемнения крахмала при последующих операциях, а также снижения плотности жидкой дисперсионной фазы получаемой суспензии (с 1,07-1,1 до 1-1,02 г/см<sup>3</sup>). Далее кашку помещали в мерный цилиндр, после чего добавляли подготовленный жидкий реагент плотностью  $\rho \approx 1,25$  г/см<sup>3</sup> в соотношении 1:2, перемешивали образующуюся крахмальную суспензию и давали отстояться. Результаты эксперимента представлены на рис. 1.



Рис. 1. Процесс разделения картофельной кашки в соляном растворе  $\rho \approx 1,25$  кг/м<sup>3</sup>

Fig. 1. The process of separating potato mash in a saline solution  $\rho \approx 1.25$  kg/m<sup>3</sup>

Из рис. 1 видно, что наблюдается четкое фазовое разделение компонентов измельченной картофельной кашки при помещении в солевой раствор: крахмал, как более плотный, осел на дно, а мезга — всплыла в поверхностную часть цилиндра. При этом в осевшем крахмале следов мезги визуальнo не обнаружено, запах и цвет также не изменились.

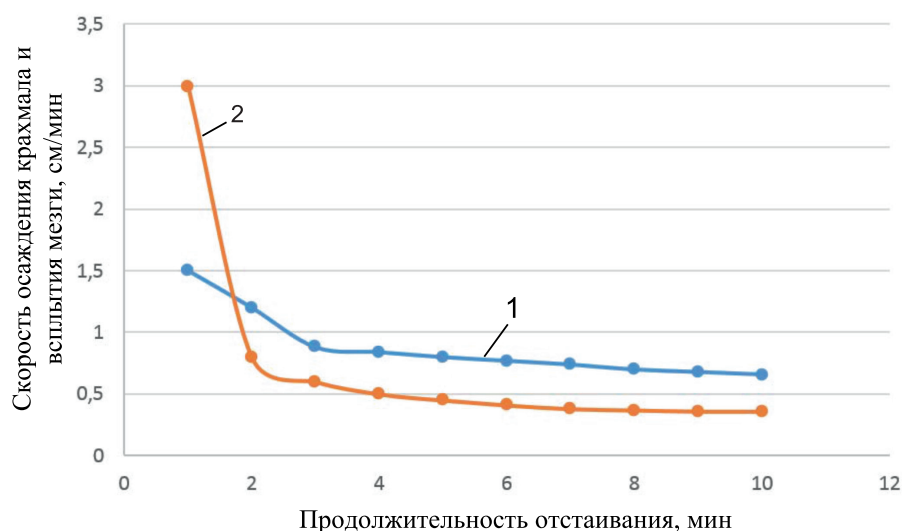


Рис. 2. Зависимость скорости осаждения крахмала (1) и скорости всплытия мезги (2) от продолжительности отстаивания в соляном растворе  $\rho \approx 1,25$  кг/м<sup>3</sup>

Fig. 2. Dependence of the starch sedimentation rate (1) and the pulp floating rate (2) on the duration of settling in a saline solution  $\rho \approx 1.25$  kg/m<sup>3</sup>

На рис. 2 представлены зависимости скорости осаждения крахмала и всплытия мезги от продолжительности отстаивания в соляном растворе. Изначально происходит интенсивное движение более крупных частиц крахмала ко дну цилиндра, и в течение около 30-40 сек начинает устанавливаться одна четкая граница раздела фаз, которая затем с убывающей

скоростью движется к низу мерного цилиндра. Аналогичная ситуация наблюдается при всплытии картофельной мезги в поверхностную часть цилиндра. При этом процесс осаждения крахмала и всплытия мезги можно считать окончанным по истечении 7–8 минут из-за сильного падения скоростей и незначительного прироста их объемов.

*Разделение суспензии крахмального молочка (рафинирование).* Согласно типовой технологической схемы производства крахмала [1,3], важным процессом является очистка крахмального молочка от остатков мелкой мезги (рафинирование), наличие которой влияет на сортность готового крахмала. Данный процесс в производственных условиях осуществляют на непрерывнодействующих гидроциклонных установках, различных ситовых аппаратах. В нашем случае суспензию крахмального молочка очищали от мезги новым способом — путем добавления солевого раствора с целью изменения плотности дисперсионной фазы. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.



Рис. 3. Разделение суспензии крахмального молочка  
Fig. 3. Separation of starch milk suspension

Из рис. 3 видно, что добавление гидрата в крахмальное молочко позволяет осуществлять его очистку от имеющихся частиц мезги, которые всплывают в поверхностную часть цилиндра.

*Разделение суспензии жидкой мезги.* Согласно [4–5], потери крахмала с мезгой с сточными водами могут составлять около 3%. На основании чего осуществлены экспериментальные исследования по выделению крахмала из жидкой мезги ОАО «Рогозницкий крахмальный завод» путем добавления в нее солевого раствора. Результат представлен на рис. 4.



Рис. 4. Выделение крахмала из жидкой мезги  
Fig. 4. Extraction of starch from liquid pulp

По истечении нескольких минут мезга при добавлении гидрата в цилиндр полностью всплыла и распределилась в верхней части. При этом на дне цилиндра были видны следы крахмала (т.к. их плотность  $\approx 1,5$  г/мл  $>$  плотности гидрата  $\approx 1,25$  г/мл) в ничтожном количестве. Это связано с тем, что оборудование, установленное на ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», позволяет с высокой степенью осуществлять измельчение картофеля и извлечение крахмала, а также очистку от песка, грязи и других примесей.

Установлено, что предложенный способ разделения суспензий как минимум не снижает органолептических показателей выделяемого крахмала картофельного (цвет, запах), при этом правильная организация производства позволит снизить в нем наличие неизвлеченных частиц мезги (крапин) и, тем самым, получать крахмал более высокого качества, снизить потери крахмала с жидкой мезгой. При этом осветленную фракцию использовать в оборотном водоснабжении для мойки или гидротранспортирования картофеля, а извлеченные частицы мезги — для кормовых либо технических целей.

При реализации предложенного способа разделения суспензий в производственных условиях отпадает необходимость в использовании энергоемкого механического оборудования для выделения крахмала (сепараторов, центрифуг, гидроциклонной установки и др.) за счет применения простого емкостного и менее энергозатратного насосного оборудования и доступных реагентов.

**Заключение.** Проведенные исследования демонстрируют эффективность использования растворов NaCl и KCl для регулирования плотности дисперсионной среды (1,1–1,5 г/см<sup>3</sup>) при разделении крахмальных суспензий. Установлено, что оптимальная концентрация реагентов для достижения требуемой плотности составляет 150–300 г/л, при этом насыщенный раствор NaCl ( $\rho \approx 1,25$  г/см<sup>3</sup>) обеспечивает четкое фазовое разделение компонентов: крахмал оседает, а мезга всплывает.

Внедрение метода на предприятиях крахмальной промышленности позволит оптимизировать технологические процессы, снизить себестоимость продукции и минимизировать экологическую нагрузку. На основании полученных результатов обоснована необходимость разработки оборудования и сформированы рекомендации для предприятий крахмалопаточных производств по повышению эффективности разделения крахмальных суспензий за счет изменения реологических свойств дисперсионной фазы при производстве крахмала для пищевых и технических целей.

#### Список использованных источников

1. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов. — М.: Пищепромиздат, 2001. — С. 289.
2. Справочник химика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/70708/>. — Дата доступа: 21.01.2025.
3. Трегубов, Н.Н. Технохимический контроль крахмалопаточного производства/ Н.Н. Трегубов, В.Г. Костенко. — М.: Агропромиздат, 1991. — С. 264.
4. Производство картофельного крахмала, технология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://carbofood.ru/starch-technology/16-potato-tech>. — Дата доступа: 22.01.2025.
5. Технология крахмала и крахмалопродуктов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://zinref.ru/000\\_uchebniki/04200produkty/006\\_00\\_tehnologia\\_pishevih\\_proizvodstv\\_kovalskaia\\_1997/056.htm](https://zinref.ru/000_uchebniki/04200produkty/006_00_tehnologia_pishevih_proizvodstv_kovalskaia_1997/056.htm). — Дата доступа: 22.01.2025.

#### Информация об авторах

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

E-mail: ont\_i\_t@mail.ru

#### Information about the authors

*Kulikov Alexey Valentinovich*, PhD (Technical), Associate Professor, Senior Researcher of the Department of New Technologies and Engineering of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: ont\_i\_t@mail.ru

УДК 637.5; 663.052; 664.5

Поступила в редакцию 08.01.2025  
Received 08.01.2025<sup>1</sup>О. А. Гмырак, <sup>2</sup>Е. Н. Кособуко<sup>1</sup>Государственное учреждение «Белорусский институт системного анализа  
и информационного обеспечения научно-технической сферы»,  
г. Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup>НПРУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОСФАТОВ В КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВКАХ

**Аннотация.** Актуальным является изучение физико-химических показателей комплексных пищевых добавок, применяемых при производстве колбасных изделий. Научная задача — проведение исследований комплексных пищевых добавок (КПД) с целью расширения информационных сведений о их свойствах, а также определение возможности адаптации методики выполнения измерений по определению пищевых фосфатов в КПД. Были исследованы 16 образцов КПД различных товарных форм с использованием стандартизованных и общепринятых методов исследований. При проведении спектрофотометрического исследования по определению содержания фосфатов в КПД было установлено, что используемый метод может быть применим для определения массовой доли общего фосфора в КПД. В ряде образцов выявлено завышенное содержание фосфатов, что повлечет за собой повышенное содержание общего фосфора в готовых колбасных изделиях. При организации входного контроля на мясоперерабатывающих предприятиях целесообразно осуществлять контроль за КПД по показателю массовая доля общего фосфора, т.к. данный показатель является нормируемым и влияет на качество и безопасность колбасных изделий. Необходимо разрабатывать и внедрять методы контроля за нормируемыми показателями качества и безопасности КПД.

**Ключевые слова:** пищевые фосфаты, комплексные пищевые добавки, спектрофотометрический метод анализа, качество и безопасность продукции.

<sup>1</sup>O. A. Gmyrak, <sup>2</sup>E. N. Kosobuko<sup>1</sup> State Organization «Belarusian Institute of System Analysis and Information Support for Scientific and Technical Sphere», Minsk, Republic of Belarus<sup>2</sup>NP RUE «Belarusian State Institute of Standardization and Certification», Minsk, Republic of Belarus

## APPLICATION OF SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS METHOD FOR DETERMINING PHOSPHATES IN COMPLEX FOOD ADDITIVES

**Abstract.** The study of the physico-chemical indicators of complex food additives used in the production of sausages is relevant. The scientific task — research on complex food additives (CFAs) to expand information about their properties, as well as to determine the possibility of adapting measurement methods for determining food phosphates in CFAs. Sixteen samples of CFAs in various commercial forms were studied using standardized and widely accepted research methods. Spectrophotometric studies conducted to determine the phosphate content in CFAs revealed that the used method could be applied to determine the mass fraction of total phosphorus in CFAs. Several samples showed that excessive phosphate content, which would result in increased total phosphorus content in the sausage products. When organizing incoming control at meat processing plants, it is advisable to monitor CFAs for the indicator of mass fraction of total phosphorus, as this



indicator is regulated and affects the quality and safety of sausage products. Methods for controlling regulated quality and safety indicators in CFAs must be developed and implemented.

**Keywords:** food phosphates, complex food additives, physicochemical research, product quality and safety.

**For citation:** Gmyrak, O.A. Application of spectrophotometric analysis method for determining phosphates in complex food additives / O. A. Gmyrak, E.N.Kosobuko // Food industry: science and technology. — 2025. — № . — P. (in Russian)

**Введение.** Известно, что фосфор — это ключевой элемент, присутствующий в различных видах мяса, и он имеет важное значение для нашего организма. Он является незаменимым питательным веществом, выполняющим важные функции, и служит одним из источников производства энергии в организме. За последние два десятилетия был проведен ряд исследований [1] по физиологической важности фосфора в рамках которых были оценены новые идеи о динамической природе фосфора как о питательном веществе, выполняющем функции фосфатного иона. Фосфор действует как сигнальная молекула и вызывает сложные физиологические реакции. В рамках исследований было установлено, что потребление фосфора населением всего мира почти в два раза превышает необходимое количество для поддержания здоровья. Это объясняется тем, что пищевые добавки, содержащие фосфаты содержатся практически во всех обработанных пищевых продуктах, а также косметических средствах. Результаты исследований оценили влияние чрезмерного потребления фосфора на реакции клеток и органов и выявили потенциальные патогенные последствия. Исследования также выявили новый класс биоактивных фосфатов, состоящих из полимеров молекул фосфата с различной длиной цепи. Эти полимеры участвуют в метаболических реакциях, включая гемостаз, здоровье мозга и костей, через сложный механизм с положительными или отрицательными эффектами на здоровье, в зависимости от длины их цепи.

На основании этого актуально изучение комплексных пищевых добавок (КПД), содержащих в своем составе пищевые фосфаты, которые являются источником поступления в организм человека фосфатов при употреблении в пищу мясных и колбасных изделий.

Содержание фосфора в мясных продуктах является важным количественным показателем, связанным с качеством и безопасностью готовой продукции.

Пищевые фосфаты являются нормируемыми величинами. В законодательстве ЕАЭС установлена величина содержания фосфатов в мясных и колбасных изделиях в количестве 3 г добавленного фосфата на 1 кг мясного сырья и 8 г общего (добавленного + естественного) фосфата на 1 кг мясного сырья [2] ТР ТС 029.

Добавленные фосфаты поступают в мясную продукцию посредством внесения КПД, которые получили на протяжении многих лет широкое распространение.

В таблице 1 представлены данные по содержанию естественного фосфора в различных видах мяса от продуктивных пород животных [3,4] и содержание естественных фосфатов в пересчете на  $P_2O_5$ .

Таблица 1. Содержание фосфора в мясе продуктивных животных  
Table 1. Content of phosphorus in meat of productive animals

| Наименование продукции | Содержание фосфора в мг на 100 г продукта | Содержание в пересчете на $P_2O_5$ , г |
|------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| Свинина                | 130                                       | 2,97                                   |
| Говядина               | 188                                       | 4,31                                   |
| Мясо птицы (куриное)   | 165                                       | 3,77                                   |
| Конина                 | 185                                       | 4,24                                   |

Согласно данным исследования, проведенного РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» [5], за последние годы в результате использования лекарств, ряда протеиновых и минеральных кормовых средств в кормлении животных, а также скороспелых специализированных пород содержание естественного уровня фосфора в свинине значительно увеличилось. Если в 60–70-е годы, до перевода свиноводства на промышленную свинину, концентрация общего фосфора в свинине колебалась в пределах 0,16–0,18% от массы натурального продукта, то в последние годы этот показатель нередко достигает 0,3 %.

В зависимости от сырьевой зоны уровень общего фосфора в свинине колеблется от 1,7 до 2,4 г/кг.

В работах [6–8] показано, что при использовании кормов с содержанием фосфорита и наноструктурного фосфорита улучшаются функционально-технологические свойства мяса, однако это неизбежно влечет за собой накопление фосфора в тканях животных. Так было установлено, что содержание общего фосфора в различном необработанном мясном сырье существенно варьирует от 1,41 г/кг до 4,22 г/кг.

Основываясь на имеющихся данных, можно сделать вывод, что за последние десятилетия уровень естественных фосфатов в мясном сырье увеличивается, а с учетом добавленных фосфатов, может привести к суммарному повышенному содержанию фосфатов в готовых изделиях из мяса.

Поэтому производителям мясных продуктов необходимо точно знать какое количество естественных фосфатов содержится в мясном сырье, поступающем на промышленную переработку и какое количество добавленных фосфатов нужно для того, чтобы обеспечить выпуск качественной и безопасной продукции.

В большинстве своем при производстве колбасных изделий используются КПД содержащие такие пищевые фосфаты как E450, E451 и E452.

Существует ряд аналитических методов по определению массовой доли общего фосфора в мясной продукции. Данные методы разработаны для определения суммарного содержания естественного и добавленного фосфатов. На сегодняшний день отсутствуют методики по определению добавленного фосфата в колбасных изделиях. Данную информацию можно получить из спецификации производителя на КПД или с использованием аналитических методов контроля. Зачастую производители не указывают содержание фосфатов в спецификациях или такая информация является не достоверной. В связи с этим есть необходимость по определению добавленного фосфата и разработке методов контроля.

В данной работе была проведена апробация метода СТБ ГОСТ Р 51482-2001 (ИСО 13730-96)[9] с целью установления возможности его применения на КПД по определению массовой доли фосфора, по результатам которой можно косвенно судить о наличии добавленных фосфатов в готовых колбасных изделиях. Данный метод был выбран с точки зрения его широкого применения в производственных лабораториях отечественных мясокомбинатов.

**Материалы и методы исследований.** Объектами исследования служили 16 образцов КПД, содержащих в своем составе пищевые фосфаты. Исследуемые КПД были произведены в Республике Беларусь, Германии, Российской Федерации. Перечень и условные обозначения объектов исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2. Перечень и условные обозначения объектов исследования  
Table 2. List and symbols of research objects

| № п/п<br>(код<br>образца) | Наименование добавки                              | Фосфаты<br>согласно<br>спецификации | № п/п<br>(код<br>образца) | Наименование<br>добавки                 | Фосфаты<br>согласно<br>спецификации |
|---------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                         | КПД «KVR Прима»                                   | E451i                               | 9                         | ИнгриСол 4                              | E 451                               |
| 2                         | КПД «Комбифуд<br>Экстра CIS»                      | E450, E451                          | 10                        | КПД «Гамма<br>К с нотой карда-<br>мона» | E450, E451                          |
| 3                         | КПД «Время ком-<br>плекс Р 014 класси-<br>ческий» | E450i, E451i                        | 11                        | Московская муса                         | E450i, E451i,                       |
| 4                         | КПД «ЭКО комби<br>Смак 4»                         | E450i, E451i,<br>E452i (40 %)       | 12                        | КПД «Профикс<br>45»                     | E450i, E451i,                       |
| 5                         | ИнгриСол 12                                       | E451                                | 13                        | КПД «Венская<br>Комби 610»              | E450i, E451i,                       |
| 6                         | КПД «ЭКО комби<br>Смак 13»                        | E450i, E451i,<br>E452i (40 %)       | 14                        | КПД «Цитрим 43»                         | E451                                |
| 7                         | КПД «KVR Гель-<br>комплекс 4»                     | E451i,                              | 15                        | КПД «Грильфикс<br>20 «Мясо-гриль»       | E450, E451                          |
| 8                         | КПД «Эмульмикс<br>Мит»                            | E451iii (<2%)                       | 16                        | КПД «Вареная<br>сливочная комби»        | E450, E451, E452                    |

Отбор проб проводили в соответствии с действующими ТНПА [10,11]. Измерения массовой доли общего фосфора проводили на спектрофотометре PV 1251В в соответствии с СТБ ГОСТ Р 51482-2001 (ИСО 13730-96).

Основные технические и метрологические характеристики спектрофотометра PV 1251В:  
Рабочий спектральный диапазон — от 325 до 999 нм;

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки заданной длины волны составляют  $\pm 2$  нм.

Так как КПД являются концентрированными компонентами, то для проведения исследований в методику были внесены изменения. Для проведения анализа использовалась навеска массой 1 грамм. Пробы образцов озоляли в муфельной печи при температуре 550°C до получения золы серого цвета. Полученную золу растворяли в азотной кислоте и кипятили на водяной бане 30 минут, переносили в мерную колбу и доводили полученный объем водой до 100 см<sup>3</sup>. В мерную колбу вносили 10 см<sup>3</sup> фильтрата, добавляли окрашивающий реактив, доводили до метки водой и выдерживали не менее 15 минут. Измерение оптической плотности раствора проводили при длине волны (430 $\pm$ 2) нм.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Полученные данные по определению массовой доли общего фосфора представлены в табл. 3.

Таблица 3. Исходные данные и результаты по определению массовой доли общего фосфора.  
Table 3. Information and results for determining the mass fraction of total phosphorus.

| Код образца | Оптическая плотность раствора |                  | Концентрация P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,<br>мкг/см <sup>3</sup> | p* | Массовая доля общего фосфора, % | Массовая доля общего фосфора, % из спецификации |
|-------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------|-------------------------------------------------|
|             | D <sub>0</sub> *              | D <sub>n</sub> * |                                                                     |    |                                 |                                                 |
| 1           | 1,071                         | 0,536            | 32,14                                                               | 2  | 6,43                            | 14,4                                            |
| 2           | 1,774                         | 0,887            | 52,32                                                               | 2  | 10,46                           | -                                               |
| 3           | 0,953                         | 0,476            | 28,69                                                               | 2  | 5,78                            | 13,5                                            |
| 4           | 2,668                         | 0,639            | 38,06                                                               | 3  | 11,42                           | -                                               |
| 5           | 1,073                         | 0,536            | 32,17                                                               | 2  | 6,43                            | ≤ 6,4                                           |
| 6           | 2,558                         | 0,639            | 38,06                                                               | 3  | 11,42                           | -                                               |
| 7           | 0,917                         | 0,458            | 27,77                                                               | 2  | 5,55                            | 6,6                                             |
| 8           | 0,729                         | -                | 43,24                                                               | 1  | 4,32                            | <2                                              |
| 9           | 3,672                         | 0,458            | 27,66                                                               | 3  | 8,29                            | ≤ 6,4                                           |
| 10          | 2,372                         | 0,593            | 35,42                                                               | 3  | 10,63                           | 11,2-16,8                                       |
| 11          | 3,341                         | 0,835            | 49,34                                                               | 3  | 14,80                           | -                                               |
| 12          | 2,793                         | 0,981            | 57,66                                                               | 4  | 22,84                           | 58 $\pm$ 1                                      |
| 13          | 3,301                         | 0,735            | 43,58                                                               | 3  | 12,94                           | 13                                              |
| 14          | 3,672                         | 0,918            | 54,09                                                               | 3  | 16,07                           | 13                                              |
| 15          | 3,381                         | 0,251            | 15,76                                                               | 3  | 4,68                            | 3                                               |
| 16          | 3,525                         | 0,735            | 43,58                                                               | 3  | 12,94                           | 10                                              |

\*D<sub>0</sub> — первоначальная оптическая плотность; D<sub>n</sub> — конечная оптическая плотность, после разбавления; p-коэффициент разбавления.

Из табл. 1 видно, что оптическая плотность D<sub>0</sub> некоторых исследуемых растворов выходит за рабочий спектральный диапазон в 999 нм. Для измерений в рабочих диапазонах пробы исследуемых образцов были разбавлены в 2-4 раза. Градуировочный график для спектрофотометра PV 1251 представлен на рисунке 1.

Как известно, при построении градуировочного графика должна соблюдаться прямая зависимость между оптической плотностью и концентрацией [12]. Прямолинейность графика сохраняется только в интервале концентраций, указанных в методике выполнения измерений, т.к. продлевать градуировочную прямую выше последней указанной в методике точки не допустимо, было проведено разбавление исследуемых растворов.

Точная зависимость между концентрацией определяемого ингредиента (x) и оптической плотностью (Y) выражается уравнением регрессии:

$$y=a+bx, \quad (1)$$

где x концентрация определяемого вещества, мкг/см<sup>3</sup>; y — наблюдаемое поглощение, A; b — коэффициент наклона прямой; a-свободный коэффициент.

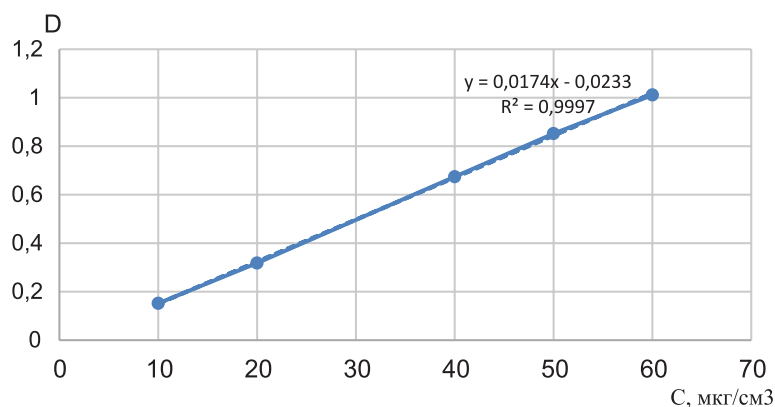


Рис. 1. Зависимость оптической плотности (D) от концентрации раствора (C)  
Fig. 1. Dependence of optical (D) on solution concentration (C)

При построении графика в данных исследованиях уравнение регрессии выражено формулой

$$y = 0,0174x - 0,0233, \quad (2)$$

при  $R^2 = 0,9997$

Концентрацию исследуемых растворов комплексных пищевых добавок вычисляли, используя уравнение регрессии.

Массовую долю общего фосфора X, %, выраженную в виде массовой доли пентоксида фосфора (пятиоксида фосфора), вычисляли по формуле

$$X = \frac{C}{10 \cdot m}, \quad (3)$$

где C — концентрация пятиоксида фосфора, мкг/см³; 10 — объем фильтрата, взятого на анализ, см³; m — масса навески, г.

За окончательный результат были приняты данные с учетом коэффициентов разбавления (p). Для каждого из исследуемых образцов коэффициент разбавления указан в табл. 3.

Результаты содержания массовой доли общего фосфора в исследуемых КПД представлены в табл. 3.

Имея данные массовой доли общего фосфора в % и нормы внесения КПД, можно рассчитать добавленное содержание фосфатов в граммах на 1 кг мясного сырья в соответствии с ТР ТС 029.

Полученные расчеты по содержанию общих фосфатов в КПД представлены в табл. 4.

Анализ данных, представленных в табл. 4 показывает, что 50% исследуемых образцов согласуются с данными производителей КПД по содержанию в них массовой доли общего фосфора.

Образцы под номером 6 и 10 содержат 5,25 г и 4,98 г соответственно добавленного фосфата на 1 кг мясного сырья, а образцы под номером 3 и 11 — предельное содержание фосфатов. А образец под номером 12 содержит в 2,6 раза меньше фосфатов, чем заявлено в спецификации производителя.

Таблица 4. Расчетные значения содержания пищевых фосфатов в КПД  
Table 4. The calculated values of food phosphates in complex food additives

| Код образца | Массовая доля общего фосфора, % | Дозировка КПД согласно спецификации                | Количество добавленного фосфата на 1 кг мясного сырья, г |
|-------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1           | 6,43                            | 10-11 г/кг массы фарша, но не более 20,8 г на 1 кг | 0,64 или 1,34                                            |
| 2           | 10,46                           | 7-12 г/кг                                          | 0,73-1,26                                                |
| 3           | 5,78                            | 2,6 кг/100 кг                                      | 2,94                                                     |
| 4           | 11,42                           | 1,0-1,5 кг/100 кг сырья                            | 1,13-1,71                                                |
| 5           | 6,43                            | 0,7 кг-1,2 кг/100 кг                               | 0,44-0,76                                                |

Окончание табл. 4.

| Код образца | Массовая доля общего фосфора, % | Дозировка КПД согласно спецификации | Количество добавленного фосфата на 1 кг мясного сырья, г |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 6           | 11,42                           | 46,8 г/кг мясного сырья             | 5,25                                                     |
| 7           | 5,55                            | 0,7 кг-1,0 кг/100 кг                | 0,39-0,55                                                |
| 8           | 4,32                            | 45 г/кг                             | 1,95                                                     |
| 9           | 8,29                            | 20 г/кг                             | 1,73                                                     |
| 10          | 10,63                           | 46,8 г/кг мясного сырья             | 4,98                                                     |
| 11          | 14,80                           | 2 кг/100 кг                         | 2,96                                                     |
| 12          | 22,84                           | 0,2-0,5% к массе готового продукта  | 0,45-1,14                                                |
| 13          | 12,94                           | 6-10 г/кг массы                     | 0,77-1,29                                                |
| 14          | 16,07                           | 0,3-0,5 кг/100 кг мясного сырья     | 0,52-0,80                                                |
| 15          | 4,68                            | 4,5 кг/100 кг                       | 2,10                                                     |
| 16          | 12,94                           | 12,0 г/кг массы                     | 1,55                                                     |

**Заключение.** Проведенное исследование обосновывает необходимость совершенствования нормативно-методической базы в области контроля пищевых фосфатов, применяемых в мясной промышленности. Установлено, что стандарт СТБ ГОСТ Р 51482-2001 (ИСО 13730-96) может быть адаптирован для оценки содержания добавленных фосфатов в комплексных пищевых добавках, используемых при производстве мясных и колбасных изделий. Это позволит унифицировать подходы к анализу и снизить риски превышения допустимых норм фосфатов в готовой продукции.

Систематический мониторинг содержания фосфатов в КПД и готовых изделиях является критически важным для обеспечения безопасности потребителей, так как выявлены случаи превышения установленных нормативов. Для минимизации рисков на мясоперерабатывающих предприятиях рекомендовано внедрение стандартизированных методов анализа, таких как спектрофотометрия или ВЭЖХ, что повысит точность контроля и предотвратит фальсификацию сырья.

Реализация предложенных мер будет способствовать соблюдению требований технических регламентов и стандартов качества; снижению рисков для здоровья населения, связанных с избыточным потреблением фосфатов; повышению доверия к продукции мясной отрасли на внутреннем и внешнем рынках.

Таким образом, интеграция научно обоснованных методов контроля в производственные процессы является необходимым условием для обеспечения безопасности и конкурентоспособности мясной продукции в рамках глобальной продовольственной системы.

#### Список использованных источников

1. Ranjana P. Bird, N.A. Michael Eskin. The emerging role of phosphorus in human health. *Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press, 2021, vol. 96, pp 27-88, doi: 10.1016/bs.afnr.2021.02.001.
2. ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. [Электронный ресурс]: нормативный документ / Евразийская экономическая комиссия // ИПС СТАНДАРТ. — Минск: БелГИСС, 2022. — (дата доступа: 04.10.2023).
3. Окусханова, Э. К. Макро- и микроэлементный состав мяса марала / Э. К. Окусханова, Б. К. Асенова, С. Т. Дюсембаев, Ж. С. Есимбеков // «Молодой ученый». — июль 2014. — № 11 (70) — С. 90-93.
4. Драгич О. А., Сидорова К. А., Куликова Ю. Е. Значение витаминов мяса для организма [Электронный ресурс].- Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36659988\\_74806649.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36659988_74806649.pdf) (дата доступа: 22.10.2024).
5. Хоченков А. А., Шамонина А. И., Джумкова М. В. Параметры качества и безопасности свинины, произведенной в условиях промышленной технологии [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-kachestva-i-bezopasnosti-svininy-proizvedennoy-v-usloviyah-promyshlennoy-tehnologii/>. (дата доступа: 22.10.2024).
6. Герасимов А. П. Качество мяса пекинских уток при использовании в их рационах агроминеральных фосфорсодержащих кормовых добавок [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-myasa-pekinskih-utok-pri-ispolzovanii-v-ih-ratsionah-agromineralnyh-fosforsoderzhaschih-kormovyh-dobavok>. (дата доступа: 20.10.2024).



7. Шошина Ю. В. Особенности формирования мясной продуктивности симментальских бычков в условиях различных технологий выращивания и откорма. Дисс. канд. с-х наук. Москва, 2023. 157 с.
8. Nadezda Prica, Milica Zivkov-Balos, Sandra Jaksic, Zeljko Mihaljev, Brankica Kartalovic, Dragana Ljubojevic, Sara Savic, Nadezda Prica. Total Phosphorus Content in Technologically Unprocessed Meat. *Procedia Food Science*, 2015, vol. 5, pp 243-246. doi:10.1016/j.profoo.2015.09.062.
9. СТБ ГОСТ Р 51482-2001 (ИСО 13730-96) Мясо и мясные продукты. Спектрофотометрический метод определения массовой доли общего фосфора. — Минск: Госстандарт, 2001. — С. 8.
10. ГОСТ Р 54980-2012 Добавки пищевые. Методы идентификации и определения массовой доли кальцийсодержащего ингредиента в лактатсодержащих пищевых добавках. — М.: Стандартинформ, 2019. — С. 11.
11. ГОСТ 28876-90 (ИСО 948-80) Пряности и приправы. Отбор проб. — М: Стандартинформ, 2019. — С. 4
12. Дорогова, В. Б. Методы фотометрического анализа в санитарно-гигиенических исследованиях / В. Б. Дорогова, Л. П. Игнатъева. М: Академия Естествознания, 2013. — С. 102.

#### Информация об авторах

*Гмырак Ольга Александровна*, аспирант, Белорусский государственный технологический университет, старший научный сотрудник ГУ «Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы» (пр-т. Победителей 7а, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pola11222@rambler.ru

*Кособуко Елизавета Николаевна*, инженер, НПРУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (ул. Наватарская 2а, 220053, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: lisswemyrr04@gmail.com

#### Information about authors

*Gmyrak Olga Alexandrovna*, post-graduate student, Belarusian State Technological University, senior researcher of the State Organization «Belarusian Institute of System Analysis and Information Support for Scientific and Technical Sphere» (7a, Pobediteley Ave., Minsk 220004, Republic of Belarus).

E-mail: pola11222@rambler.ru

*Kosobuko Elizaveta Nikolaevna*, engineer, NPRUE «Belarusian State Institute of Standardization and Certification» (2a, Navatarskaya str., Minsk 220053, Republic of Belarus).

E-mail: lisswemyrr04@gmail.com

УДК 613.26:664.762

Поступила в редакцию 00.00.2025  
Received 00.00.2025**И. М. Почицкая, О. В. Чекун***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольству», г. Минск, Республика Беларусь***РАЗРАБОТКА ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ БОБОВЫХ КУЛЬТУР  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОФИЛЬНОГО АНАЛИЗА**

**Аннотация.** В статье рассматривается применение элементов профильного анализа для разработки новых продуктов на основе бобовых культур, которые могут служить источником белка при создании продуктов здорового питания. На основании проведенных исследований биотехнологического потенциала растительного сырья подготовлены композиции растительных продуктов. Определены показатели качества и проведена дегустационная оценка разработанных полуфабрикатов с использованием элементов профильного анализа, что позволило установить продукты с наилучшими потребительскими характеристиками.

**Ключевые слова:** растительное сырье, зернобобовые культуры, потребительские предпочтения, дегустационная оценка, показатели качества.

**I. M. Pochitskaya, O. V. Chekun***Republican Unitary Enterprise «The scientific and practical centre for foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» Minsk, Belarus.***DEVELOPMENT OF PRODUCTS BASED ON LEGUMINOUS CROPS  
USING ELEMENTS OF PROFILE ANALYSIS**

**Abstract.** The article discusses the use of profile analysis elements for developing new legume-based products that can serve as a source of protein in creating healthy food products. Based on the conducted studies of the biotechnological potential of plant raw materials, compositions of plant products were prepared. Quality indicators were determined and a tasting assessment of the developed semi-finished products was carried out using profile analysis elements, which made it possible to identify products with the best consumer characteristics.

**Keywords:** vegetable raw materials, leguminous crops, consumer preferences, tasting assessment, quality indicators.

**Введение.** Характер питания является важнейшим фактором, который определяет здоровье человека и продолжительность его жизни. Нарушение питания и недостаточная физическая активность играют важную роль в формировании алиментарно-зависимых заболеваний. Нерациональное питание обуславливает возникновение у людей неинфекционных заболеваний, к числу которых относятся такие распространенные заболевания как сахарный диабет 2 типа, ожирение, онкологические, сердечно-сосудистые заболевания, остеопороз и другие [1, 2].

Бобовые — это универсальная и питательная группа продуктов, которая может стать важной частью рациона как для вегетарианцев, так и людей, придерживающихся христианских постов и стремящихся улучшить свое здоровье [3].

Бобовые богаты белком и микроэлементами, могут заменить мясо и стать основой рациона наряду с крупами. Они содержат — 20 мг витамина С, — 1,8 мг витамина РР, — 0,5 мг каротина (провитамина А) на 100 г бобов, а также большое количество минеральных солей, в основном калия, кальция, фосфора, магния, серы и железа. Бобовые служат источником молибдена, который обязательным компонентом фермента, ответственного за нейтрализацию вредных консервантов, обычно добавляемых к готовым продуктам, а также стабилизируют уровень сахара в крови. Высокое содержанием клетчатки и пектинов, способствуют выведению из кишечника солей тяжелых металлов, в том числе радиоактивных изотопов, что актуально для людей, живущих на загрязненных радионуклидами территориях [4, 5].

Однако, в бобовых содержится фитиновая кислота, которая блокирует всасывание в кишечнике магния, кальция, железа и цинка, подавляет пищеварительные ферменты в желудке и мешает усвоению жиров и белков, вызывая дискомфорт и метеоризм, что ограничивает востребованность продуктов из бобовых.

В этой связи актуальным является расширение ассортимента продуктов с использованием бобовых круп с заданными свойствами на основе предпочтений потребителей.

Цель исследований — установление критериев потребительских предпочтений для оценки востребованности разрабатываемых продуктов на основе бобовых круп.

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

Объектами исследования являлись композиции лабораторных образцов замороженных растительных продуктов — котлеты из гороха со свежим перцем, котлеты из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецкими орехами, паштет из фасоли с грибами и паштет из чечевицы с грибами.

В готовых композициях лабораторных образцов была проведена дегустационная оценка для определения предпочтений потребителей [6].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Оценка проводилась по предложенным 11 дескрипторам: Диспергирование, Липкость к зубам, Сочность консистенции, Плотность консистенции, Интенсивность горохового вкуса, Ореховый вкус, Сладковатый привкус, Богатство вкуса, Интенсивность флейвора, Интенсивность послевкусия и Общее впечатление.

Консистенцию полученных котлет описывают следующие дескрипторы: Диспергирование, Липкость к зубам, Сочность консистенции, Плотность консистенции. Дескриптор Диспергирование описывает степень, с которой образец распадается на несколько больших или много маленьких частей в ротовой полости в процессе жевания. Показатель Липкость к зубам описывает степень, с которой образец прилипает к зубам в процессе пережевывания.

Дескриптор Богатство вкуса позволяет понять, насколько в продукте разнообразны оттенки вкуса, количество вкусовых нюансов и их сочетаемость между собой.

Качественное восприятие вкуса и запаха продукта включает в себя широкий спектр ощущений, возникающих в ротовой и носовой полости. Кроме того, первоначальное обонятельное ощущение часто сливается со вкусовым или дополняется новыми оттенками при определении вкуса. Поэтому при проведении дегустации котлет и паштетов запах и вкус оценивали как один общий показатель Интенсивность флейвора.

Дескриптор Интенсивность послевкусия необходим для оценки вторичного контрастного вкуса (высокие оценки являются отрицательной характеристикой).

Показатель Общее впечатление является эмоциональной характеристикой и дает представление какой образец является наиболее приемлемым по вкусовым свойствам и может далее участвовать в исследованиях.

На основании проведенных исследований биотехнологического потенциала бобовых круп подготовлены композиции лабораторных образцов замороженных растительных продуктов.

1) Котлеты из гороха со свежим перцем.

Рецептурные композиции варьируют с изменением количества гороха 75,0–90,0 % и свежего перца 6,0–21,0 %, содержанием крахмала картофельного 3,0%, соли — 1,0%. Гороховая крупа предварительно подвергалась замачиванию. Затем горох варили до полуготовности, измельчали и вводили оставшиеся компоненты. Из полученного фарша формировали котлеты, которые подвергались заморозке. Для дегустации котлеты подвергали тепловой обработке — обжаривали с двух сторон на растительном масле до готовности.

На рисунке 1 представлены фотографии промежуточных стадий изготовления полуфабрикатов и готовых изделий.

На рисунке 2 представлена профилограмма гороховых котлет с перцем. В таблице 1 представлены результаты дегустационной оценки разработанных полуфабрикатов.

Согласно данным рисунка 2 и таблицы 1 полученные образцы имели рыхлую структуру (дескриптор плотность консистенции изменяется в диапазоне 2,4–3,3 балла), достаточно сочные, в ротовой полости распадаются на средние куски, которые практически не липнут к зубам. Интенсивность горохового вкуса изменялась от 3,8 балла (образец №4) до 5,5 баллов (образец №3). Дегустаторы отметили присутствие в образцах орехового вкуса, который изменялся в диапазоне 0,9–3,1 балла. Также присутствовал сладковатый привкус, обусловленный особенностью гороховой крупы, который изменяется в диапазоне от 2,3–3,0 балла.

Дескриптор Богатство вкуса дегустаторы оценили в 4,6–5,7 баллов, а Интенсивность флейвора — в диапазоне 4,4–5,1 балла, что является положительной характеристикой. Следует отметить, что образец №3 по данным дескрипторам показывал наибольшие значения. Это показывает, что вкус продуктов усложняется при уменьшении бобовой части.

Оценки дескриптора Интенсивность послевкусия находились в диапазоне 3,4–4,0 балла из 10 возможных, что является положительной характеристикой.



Рис. 1. Рецептурные компоненты котлет гороховых с перцем (а), полуфабрикат котлет (б), готовый продукт (в).

Fig. 1. Recipe components for pea cutlets with pepper (a), semi-finished cutlet product (b), finished product (c)

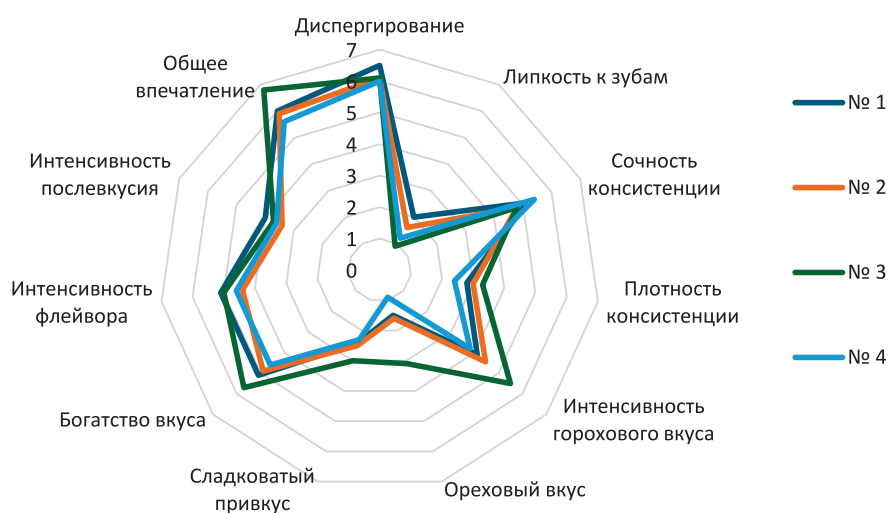


Рис. 2. Профилограмма котлет гороховых с перцем

Fig. 2. Profile diagram of pea cutlets with pepper

Таблица 1. Результаты оценки дескрипторов в котлетах гороховых с перцем

Table 1. Results of evaluation of descriptors in pea cutlets with pepper

| Дескриптор                     | Котлеты гороховые с перцем (№ образца) |      |     |     |
|--------------------------------|----------------------------------------|------|-----|-----|
|                                | № 1                                    | № 2  | № 3 | № 4 |
| Диспергирование                | 6,5                                    | 6,1  | 6,1 | 6,0 |
| Липкость к зубам               | 2,0                                    | 1,6  | 0,9 | 1,2 |
| Сочность консистенции          | 5,15                                   | 4,8  | 4,8 | 5,4 |
| Плотность консистенции         | 2,8                                    | 3,0  | 3,3 | 2,4 |
| Интенсивность горохового вкуса | 4,1                                    | 4,45 | 5,5 | 3,8 |
| Ореховый вкус                  | 1,5                                    | 1,6  | 3,1 | 0,9 |
| Сладковатый привкус            | 2,4                                    | 2,5  | 3,0 | 2,3 |
| Богатство вкуса                | 5,1                                    | 4,9  | 5,7 | 4,6 |
| Интенсивность флейвора         | 5,1                                    | 4,4  | 5,0 | 4,6 |
| Интенсивность послевкусия      | 4,0                                    | 3,4  | 3,7 | 3,6 |
| Общее впечатление              | 6,0                                    | 5,9  | 6,8 | 5,6 |

Наивысший балл по показателю Общее впечатление получил образец №3 с содержанием гороха 85% и свежего перца 11% (6,8 балла), наименьшее — образец №4 с содержанием гороха 90% и свежего перца 6% (5,6 балла). При этом образец №3 имеет наибольшие оценки по большинству показателей.

2) Котлеты из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом.

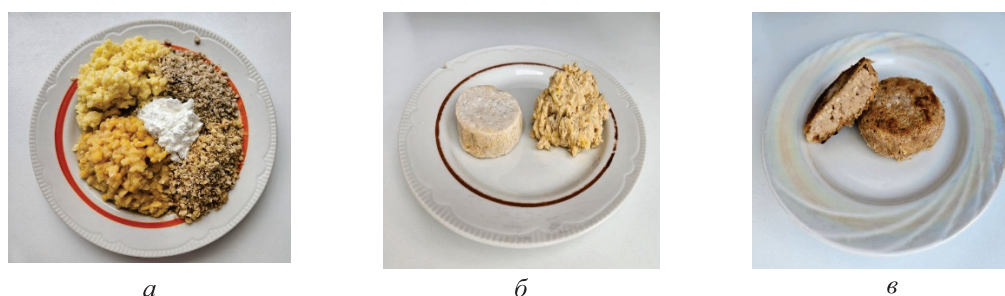


Рис. 3. Рецептные компоненты котлет из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецкого ореха (а), полуфабрикат котлет (б), готовый продукт (в).  
Fig. 3. Recipe components for millet and pea cutlets with sunflower and walnut seeds (a), semi-finished cutlet product (b), finished product (c).

Рецептурные композиции котлет варьируют с изменением количества гороха от 47,0–67,0 % и пшена от 10,0–30,0 %. Соотношение остальных ингредиентов следующее: семена подсолнечника 9,0%, грецкий орех 8,0%, картофельный крахмал 5,0%, соль — 1,0%. Гороховая крупа и пшено предварительно подвергались замачиванию. Затем крупы отваривали до готовности, измельчали и вводили оставшиеся компоненты. Из полученного фарша формировали котлеты, которые подвергались заморозке. Для дегустации котлеты подвергали тепловой обработке — обжаривали с двух сторон на растительном масле до готовности.

На рисунке 3 представлены фотографии промежуточных стадий изготовления полуфабрикатов и готовых изделий.

На рисунке 4 представлена профилограмма котлет из гороха и пшена. В таблице 2 представлены результаты дегустационной оценки котлет из гороха и пшена.



Рис. 4. Профилограмма котлет из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецкими орехами  
Fig. 4. Profile of millet and pea cutlets with sunflower seeds and walnuts

Согласно данным рисунка 4 и таблицы 2 представленные образцы имели структуру средней плотности (4,0–4,5 балла), сочность консистенции полуфабрикатов в образцах практически не менялась (4,4–4,8 балла). Липкость изделий была невысокая и составляла 1,5–1,9 балла. Котлета в ротовой области распадается на кусочки средней величины (4,4–5,0 балла), при этом размер кусочков уменьшается от образца №1 к образцу №4. Следует отметить, что консистенция полученных образцов практически не изменяется в зависимости от состава, а оценки вышеперечисленных дескрипторов изменяются слабо.

Интенсивность горохового вкуса в представленных полуфабрикатах была небольшой (2,4–2,7 балла), отмечен яркий ореховый вкус (6,2–7,4 балла), а также сладковатый привкус (3,2–3,6 балла).

Оценки дескриптора Интенсивность флейвора составили диапазон от 6,0 балла (образец №4) до 6,3 балла (образец №3). Дескриптор Интенсивность послевкусия оценили в диапазоне 5,3–5,6 балла, что не является положительной характеристикой.



Таблица 2. Результаты оценки дескрипторов в котлетах из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом  
Table 2. Results of evaluation of descriptors in millet and pea cutlets with sunflower seeds and walnuts

| Дескриптор                     | Котлеты из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецкими орехами (№ образца) |      |     |     |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|
|                                | № 1                                                                               | № 2  | № 3 | № 4 |
| Диспергирование                | 5,0                                                                               | 4,8  | 4,4 | 4,4 |
| Липкость к зубам               | 1,5                                                                               | 1,6  | 1,9 | 1,7 |
| Сочность консистенции          | 4,6                                                                               | 4,65 | 4,8 | 4,4 |
| Плотность консистенции         | 4,5                                                                               | 4,4  | 4,4 | 4,0 |
| Интенсивность горохового вкуса | 2,5                                                                               | 2,7  | 2,7 | 2,4 |
| Ореховый вкус                  | 6,2                                                                               | 6,75 | 7,4 | 6,4 |
| Сладковатый привкус            | 3,3                                                                               | 3,3  | 3,6 | 3,2 |
| Богатство вкуса                | 5,9                                                                               | 6,2  | 6,6 | 6,2 |
| Интенсивность флейвора         | 6,1                                                                               | 6,2  | 6,3 | 6,0 |
| Интенсивность послевкуся       | 5,3                                                                               | 5,4  | 5,6 | 5,4 |
| Общее впечатление              | 7,6                                                                               | 7,3  | 7,6 | 7,3 |

Наивысший балл по общему впечатлению получили котлеты с содержанием гороха 52,0 % и 67,0 %, пшена 25,0 % и 10,0 % соответственно (образцы №№ 1, 3). Все образцы участниками дегустации были отмечены, как оригинальные продукты с богатым вкусом (5,9–6,6 балла). Необходимо подчеркнуть, что оценки всех вкусовых характеристик линейно увеличиваются от образца №1 к образцу №3. Из этого следует, что по вкусовым характеристикам дегустаторы оценили выше образец №3.

### 3) Паштет из фасоли с грибами.

Рецептурные композиции паштета из фасоли с грибами варьируют с изменением количества фасоли от 65,0–82,0 % и грибов сушеных 6,3–23,3 %. Также в рецептурной композиции содержится морковь 4,2%, лук 2,2%, масло растительное 0,8%, крахмал картофельный 3,5% и соль 1,0%. Фасоль и сушеные грибы предварительно подвергались замачиванию. Затем фасоль отваривали до готовности, лук, грибы и морковь пассировали в растительном масле. Затем все ингредиенты измельчали до однородного состояния.

На рисунке 5 представлены фотографии промежуточных стадий изготовления полуфабрикатов и готовых изделий.



Рис. 5. Рецептурные компоненты паштета из фасоли с грибами (а), готовый продукт (б).  
Fig. 5. Recipe components for bean pate with mushrooms (a), finished product (b).

На рисунке 6 представлена профилограмма дегустационной оценки паштета из фасоли с грибами. В таблице 3 представлены результаты дегустационной оценки паштета из фасоли.

В соответствии с таблицей 3 и рисунком 6 представленные образцы паштета распадались в ротовой полости на довольно маленькие кусочки (показатель Диспергирование составляет 5,8–7,3), при этом величина кусочков уменьшается с увеличением содержания фасоли. Образцы практически не прилипали к зубам (2,9–3,1), клейкость консистенции во всех представленных образцах паштетов находилась на одном уровне, ее оценки находятся в диапазоне 4,2–4,5, причем клейкость уменьшается линейно от образца №1 к образцу №4. Сочность изделий участники дегустации оценили в 5,3–7,1 балла, что для паштетов является хорошим показателем. Данный показатель увеличивается на 25% от образца №1 к образцу №4 с увеличением содержания фасоли.

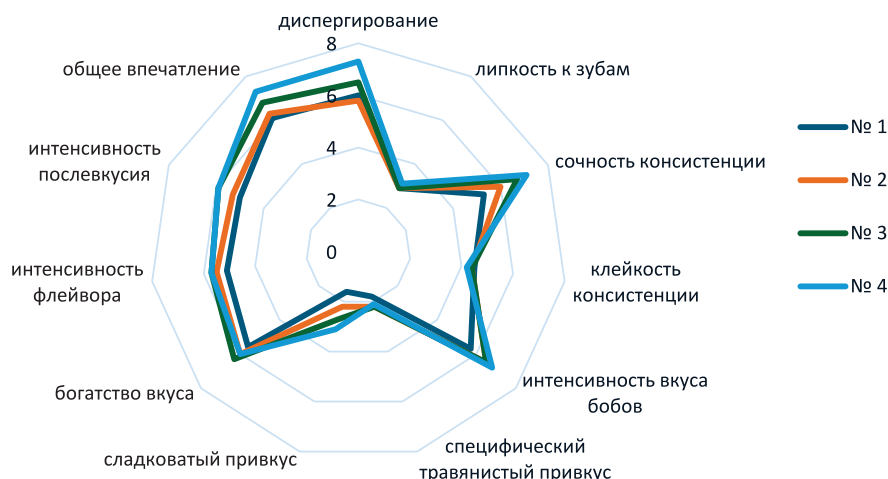


Рис. 6. Профилограмма паштета из фасоли с грибами

Fig. 6. Profilogram of bean pate with mushrooms

Во всех представленных образцах участники дегустации отметили яркий, насыщенный вкус. Интенсивность вкуса бобов была высокой 5,7–6,8 балла, сладковатый и травянистый привкус был небольшой и составил 1,6–3,1 балла и 1,8–2,2 балла соответственно.

Дескриптор Богатство вкуса меняется слабо, его оценки составляют 5,6–6,3 балла. Интенсивность флейвора увеличивается в 1,2 раза, таким образом вкус продукта становится более сложным и сбалансированным с увеличением содержания фасоли. Интенсивность послевкусия находится в диапазоне 5,0–5,9, что не является положительной характеристикой.

Наивысший балл по общему впечатлению получил паштет с содержанием фасоли 82,0 %, грибов 6,3 % (образец №4).

Таблица 3. Результаты оценки дескрипторов в паштете из фасоли с грибами

Table 3. Results of evaluation of descriptors in bean pate with mushrooms

| Дескриптор                        | Паштет из фасоли с грибами (№ образца) |     |     |     |
|-----------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                   | № 1                                    | № 2 | № 3 | № 4 |
| Диспергирование                   | 6,0                                    | 5,8 | 6,5 | 7,3 |
| Липкость к зубам                  | 2,9                                    | 2,9 | 2,9 | 3,1 |
| Сочность консистенции             | 5,3                                    | 6,0 | 6,7 | 7,1 |
| Клейкость консистенции            | 4,5                                    | 4,4 | 4,4 | 4,2 |
| Интенсивность вкуса бобов         | 5,7                                    | 6,5 | 6,5 | 6,8 |
| Специфический травянистый привкус | 1,8                                    | 2,2 | 2,2 | 2,1 |
| Сладковатый привкус               | 1,6                                    | 2,2 | 2,7 | 3,1 |
| Богатство вкуса                   | 5,6                                    | 6,0 | 6,3 | 6,0 |
| Интенсивность флейвора            | 5,1                                    | 5,5 | 5,7 | 5,7 |
| Интенсивность послевкусия         | 5,0                                    | 5,3 | 5,9 | 5,9 |
| Общее впечатление                 | 6,1                                    | 6,3 | 6,8 | 7,3 |

#### 4) Паштет из чечевицы с грибами

Рецептурные композиции паштета из чечевицы с грибами варьируют с изменением количества чечевицы от 62,0–82,0 % и грибов свежих 6,3–26,3 %. В рецептурной композиции также присутствует морковь 4,2%, лук 2,2%, масло растительное 0,8%, крахмал картофельный 3,5% и соль 1,0%. Чечевицу предварительно подвергали замачиванию. Затем чечевицу отваривали до готовности, лук, грибы и морковь пассировали в растительном масле. Затем все ингредиенты измельчали до однородного состояния.

На рисунке 7 представлены фотографии промежуточных стадий изготовления полуфабрикатов и готовых изделий.

На рисунке 8 представлена профилограмма дегустационной оценки паштета из чечевицы с грибами. В таблице 4 представлены результаты дегустационной оценки паштета из чечевицы.



Рис. 7. Рецептурные компоненты паштета из чечевицы с грибами (а), готовый продукт (б)  
Fig. 7. Recipe components of lentil pate with mushrooms (a), finished product (b)

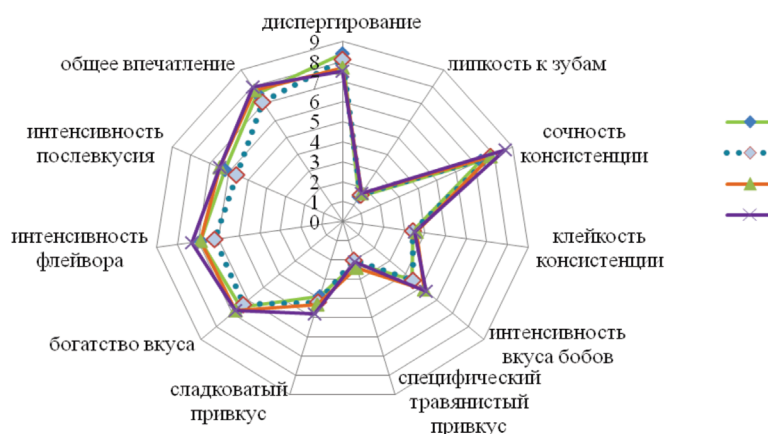


Рис. 8. Профилограмма паштета из чечевицы с грибами  
Fig. 8. Profilogram of lentil pate with mushrooms

Согласно данным рисунка 8 и таблицы 4 при попадании в ротовую полость представленные образцы распадаются на множество маленьких кусочков (оценки дескриптора Диспергирование находятся в диапазоне 7,5–8,4 балла, уменьшаясь от образца №1 к образцу №4 на 11%). Липкость изделий была небольшая и составила 1,5–1,7 балла, сочность изделий была достаточно высокой, участники дегустации оценили ее в 7,3–8,6 балла. Клейкость консистенции паштетов из чечевицы практически не изменяется, ее оценили в 3,4–3,6 балла.

Таблица 4. Результаты оценки дескрипторов в паштете из чечевицы с грибами  
Table 4. Results of descriptor evaluation in lentil and mushroom pate

| Дескриптор                        | Паштет из чечевицы с грибами (№ образца) |     |     |     |
|-----------------------------------|------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                   | № 1                                      | № 2 | № 3 | № 4 |
| Диспергирование                   | 8,4                                      | 8,1 | 7,7 | 7,5 |
| Липкость к зубам                  | 1,5                                      | 1,6 | 1,7 | 1,7 |
| Сочность консистенции             | 7,3                                      | 7,8 | 7,8 | 8,6 |
| Клейкость консистенции            | 3,4                                      | 3,4 | 3,6 | 3,5 |
| Интенсивность вкуса бобов         | 4,4                                      | 4,5 | 5,2 | 5,3 |
| Специфический травянистый привкус | 2,2                                      | 2,0 | 2,4 | 2,1 |
| Сладковатый привкус               | 3,9                                      | 4,2 | 4,3 | 4,8 |
| Богатство вкуса                   | 6,5                                      | 6,3 | 6,8 | 6,8 |
| Интенсивность флейвора            | 6,9                                      | 6,2 | 6,9 | 7,3 |
| Интенсивность послевкусия         | 6,2                                      | 5,6 | 6,5 | 6,5 |
| Общее впечатление                 | 7,6                                      | 7,1 | 7,8 | 8,0 |

Интенсивность вкуса бобов была невыраженная, и увеличивалась и увеличением содержания чечевицы в рецептурной композиции. Специфический травянистый вкус выражен слабо (2,0–2,4 балла), присутствует сладковатый привкус (3,9–4,8 балла), который усиливается при увеличении доли чечевицы.

Богатство вкуса характерно для всех представленных образцов и составляет 6,3–6,8 балла. Оценки дескриптора Интенсивность флейвора изменяется нелинейно в диапазоне 6,2–7,3 балла. Интенсивность послевкусия имеет достаточно высокие оценки дегустаторов (5,6–6,5 балла), что является отрицательной характеристикой.

Наивысший балл по общему впечатлению получил паштет с содержанием чечевицы 82,0 % и грибов 6,3 % (образец №4). Во всех представленных образцах участники дегустации отметили нежный, кремовый, насыщенный вкус.

**Заключение.** Дегустационная оценка разработанных продуктов на основе бобовых культур позволила установить образцы с наилучшими потребительскими характеристиками. Наивысший балл по дескриптору Общее впечатление получили котлеты с содержанием гороховой крупы 85 %, свежего перца 11 % и котлеты с содержанием гороховой крупы 52 % и пшена 25 %, а также котлеты с содержанием гороховой крупы 67%, пшена 10%.

Наивысший балл по дескриптору Общее впечатление получили паштеты на основе бобовых культур: паштет из фасоли с грибами с содержанием фасоли 82,0 %, грибов 6,3 % и паштет из чечевицы с грибами с содержанием чечевицы 82,0 % и грибов 6,3 %.

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

### Список использованных источников

1. Москвичева, М. Питание как фактор риска развития неинфекционных заболеваний / М. Москвичева, О. Сопова // Врач, 2017. — №7. — С. 81–83.
2. Распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний в Республике Беларусь. STEPS 2020: URL: <http://www.euro.who.int/ru/countries/belarus/publications/prevalence-of-noncommunicable-disease-risk-factors-in-republic-of-belarus.-steps-2020>. (дата обращения 18.11.2024).
3. Божко, С. Д. Бобовые культуры — перспективное сырье для пищевой промышленности / С. Д. Божко, Т. А. Ершова, А. Н. Чернышева, А. М. Черногор // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. — 2020. — №2. — С. 59–64.
4. Родионова, Н. С. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания / Н. С. Родионова, И. П. Щетилина, К. Г. Короткова, В. А. Шолин, Н. С. Черкасова, А. О. Торосян // Вестник ВГУИТ. — 2020. — №3 (85). — С. 153–163.
5. Коробейникова, М. М. Функциональные комбинированные крупы повышенной пищевой ценности / М. М. Коробейникова, С. В. Зверев, О. В. Политуха // Пищевая промышленность. — 2023. — №3. — С. 6–10.
6. Беркетова, Л. В. Применение сенсорного анализа в работе предприятия по производству продуктов питания / Л. В. Беркетова, В. И. Перов // Вестник ВГУИТ. — 2018. — №1 (75). — С. 146–150.

### Информация об авторах

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

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

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

E-mail: olkalagodich@gmail.com

### Information about the authors

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

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

*Chekun Olga Vladimirovna*, chemical engineer of the 1st category of the toxicological research laboratory Republican Control and Testing Complex for Quality and Safety of Food Products RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olkalagodich@gmail.com