

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 15  
№3(57)  
2022

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Основан в 2008 году

Выходит 4 раза в год

**Адрес редакции:**

ул. Козлова, 29, г. Минск,  
220037, Республика Беларусь  
Тел./факс: (375-17) 252-55-70,  
395-39-71, 361-11-41 (редактор)  
e-mail: aspirant@belproduct.com

Редакция не несет ответственности  
за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать  
с позицией автора

Отпечатано в типографии

УП «ИВЦ Минфина»

Подписано в печать 16.09.2022.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 288.

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 ведомственный подписчиков 012412



# FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 15, №3(57) 2022

## Founder:

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

## Editor-in-Chief:

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

## Editorial Board:

**Shepshelev Aleksandr Anatolievich** – Deputy Editor-in-Chief - Deputy General Director for Scientific Work of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food", PhD of Technical Sciences

**Akulich Aleksandr Vasilievich** – Vice-Rector for Scientific Work of the educational institution "Belarusian State University of Food and Chemical Technologies", Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus (with his consent)

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

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

**Laptenok Natalia Sergeevna** – director of the research and production republican subsidiary unitary enterprise "Beltekhnokhleb" (with her consent)

**Lisitsyn Andrei Borisovich** – Scientific Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Food Systems named after V.I. V.M. Gorbato v ", Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor (with his consent)

**Meleshchenya Aleksey Victorovich** – 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

**Margunova Alena Mikhailauna** – 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

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

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

**Savenkova Tatsiana Valentinovna** – Director of the Research Institute of Quality, Safety and Technologies of Specialized Food Products of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian University of Economics. G.V. Plekhanov ", Doctor of Technical Sciences, Professor (with her consent)

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

**Mironova Natalya Pavlovna** – executive editor, head of the postgraduate course of the department of scientific and technical information 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. 15**

**№3(57)**

**2022**

**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 16.09.2022

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 11,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 288.

LP № 02330/89 of 3 March 2014  
17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

**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)

**Subscription indexes**

For individuals 01241

For legal entities 012412

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Жакова К. И., Миронова Н. П.</b> Современные тенденции развития технологий пищевых производств.....	6
<b>Моргунова Е. М., Пчельникова А. В., Бабодей В. Н.</b> Разработка рецептурных композиций масла растительного-смеси, оптимизированного по жирнокислотному составу.....	13
<b>Гершончик К. Н., Гарлинская М. И.</b> Исследование влияния продуктов переработки масличного сырья на структурно-механические свойства теста.....	23
<b>Сычевская Н. В.</b> Состояние и особенности организации питания детского населения с фенилкетонурией в учреждениях образования.....	32
<b>Моргунова Е. М., Шимановская Ю. А.</b> Потребительские предпочтения в отношении специализированных продуктов питания.....	40
<b>Ловкис З. В., Трусова М. М., Павлова О. В.</b> Стабилизация пива при коллоидных помутнениях с использованием сорбционного потенциала хитозана.....	47
<b>Лаптенко Н. С., Ивашкевич Т. В., Козловская В. А.</b> Анализ изменения консистенции теста в процессе нагрева, поведения крахмала, ферментативной активности муки ржаной обдирной.....	55
<b>Лаптенко Н. С., Дударева А. Н., Севастей Л. И., Горошнякова С. Д.</b> Влияние сахара на структурно-механические свойства хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта.....	62
<b>Никулина О. К., Колоскова О. В., Яковлева М. Р., Дымар О. В.</b> Повышение степени очистки диффузионного сока методом электрохимической деминерализации.....	69
<b>Ходорева О. Г., Марченко К. А., Гордынец С. А.</b> Субпродукты свиные: аминокислотный состав и сбалансированность белка.....	79
<b>Лабецкий В. В., Феофилактова О. В.</b> Исследование реологических параметров эмульсионных соусов.....	86
<b>Шилов В. В., Белякова Н. И., Журня А. А., Окулова Т. В.</b> Индивидуальные особенности влияния различных алкогольных напитков на функциональное состояние здоровых добровольцев.....	90

## CONTENTS

<b>Zhakova K. I., Mironova N. P.</b> Modern trends in the development of food production technologies .....	6
<b>Marhunova A. M., Pchelnikova A. V., Babodey V. N.</b> Development of the recipe composition of vegetable oil –mixture, optimized by fatty acid content .....	13
<b>Gershonchik K. N., Garlinskaya M. I.</b> Research of impact of processing products of oil seed raw materials on the structural and mechanical properties of the dough .....	23
<b>Sycheuskaya N. V.</b> State and features of nutrition organization for children with phenylketonuria in educational institutions .....	32
<b>Marhunova A. M., Shymanouskaya Y. A.</b> Consumer preferences for specialty foods.....	40
<b>Lovkis Z. V., Trusova M. M., Pavlova O. V.</b> Stabilization of beer under colloid hazes using the sorption potential of chitosan .....	47
<b>Laptenok N. S., Ivashkevich T. V., Kozlovskaya V. A.</b> Analysis of changes in dough consistency during heating, starch behavior, enzymatic activity of rye flour.....	55
<b>Laptenok N. S., Dudareva A. N., Sevastsei L. I., Goroshniakova S. D.</b> Influence of sugar on the structural and mechanical properties of bakery products from first grade wheat flour.....	62
<b>Nikulina O. K., Koloskova O. V., Yakovleva M. R. , Dymar O. V.</b> Increasing the diffusion juice purification degree by the electrochemical demineralization process .....	69
<b>Khodoreva O. G., Marchenko K. A., Gordynets S. A.</b> Pork by-products: amino acid composition and protein balance .....	79
<b>Labetskiy V. V., Feofilaktova O. V.</b> Study of rheological parameters of emulsion sauces.....	86
<b>Roshchyna E. V. , Kotomenkova O. G., Vasyuta T.V.</b> Identification of ketchup: theory and practice Individual features of the influence of various alcoholic beverages on the functional state of healthy volunteers.....	90

УДК 664.2  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-6-12](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-6-12)

Поступила в редакцию 24.08.2022  
Received 24.08.2022

**К. И. Жакова, Н. П. Миронова**

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

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Аннотация.** В статье на основе анализа маркетинговых исследований описаны основные тенденции развития пищевой промышленности на современном этапе. В их числе как создание новых видов пищевых продуктов (альтернативных источников белка, нутрицевтиков, биологически активных добавок и функциональных продуктов питания), так и появление новых технологий производства, контроля качества и доставки до конечного потребителя продуктов питания. Определены факторы, оказывающие влияние на развитие пищевых производств и общественного питания в современных условиях. Отмечена особая роль интеграции цифровых технологий во все сферы пищевой промышленности, обусловившая возникновение такого нового направления как фудтех-технологии.

**Ключевые слова:** пищевая промышленность, альтернативные белки, персонализированное питание, здоровое питание, цифровые технологии, фудтех-технологии.

**K. I. Zhakova, N. P. Mironova**

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

## **MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTION TECHNOLOGIES**

**Abstract.** Based on the analysis of marketing research, the article describes the main trends in the development of the food industry at the present stage. Among them are both the creation of new types of food products (alternative protein sources, nutraceuticals, dietary supplements and functional foods), as well as the emergence of new production technologies, quality control and delivery to the end consumer of food products. The factors influencing the development of food production and public catering in modern conditions are determined. The special role of the integration of digital technologies in all areas of the food industry, which led to the emergence of such a new direction as foodtech technologies, is noted.

**Key words:** food industry, alternative proteins, personalized nutrition, healthy eating, digital technologies, foodtech technologies.

**Введение.** Пищевая промышленность является одним из ключевых, социально значимых секторов экономики, позволяющих обеспечить продовольственную безопасность страны. В мире не существует более крупного рынка, чем рынок продуктов питания. Постоянные потребители этого рынка – более 7 млрд человек. Доля отрасли в структуре обрабатывающей промышленности мира составляет около 9 %, в развитых странах – 7,6 %, в развивающихся – 11,8 %. В общем объеме промышленного производства Республики Беларусь пищевая промышленность занимает порядка 23 % [1].

Сектор продовольственных товаров долгое время оставался одним из наиболее консервативных, сохраняющих традиционные подходы как в технологии производства, так и в организации поставки продукции конечному потребителю. Однако в настоящее время наблюдается активная трансформация данной отрасли мировой экономики.

Существенное влияние на ее развитие оказывают такие факторы, как изменение потребительских предпочтений [2, 3], рост объемов производства и совершенствование техноло-

гий производства и переработки сельскохозяйственного сырья, масштабная автоматизация и цифровизация технологических и бизнес-процессов, распространение искусственного интеллекта, климатические изменения и экологические проблемы.

Немаловажную роль в формировании основных тенденций развития пищевой промышленности сыграла пандемия Covid-19 и ее последствия, а также заметная трансформация парадигмы ценностей общества, выражающаяся в более осознанном отношении людей к окружающей среде и своему здоровью.

Исследования маркетологов свидетельствуют о том, что в 2020 году произошли заметные сдвиги в потребительских привычках, возросло приобретение товаров, связанных со здоровьем и благополучием [3].

Трендом современности стало ответственное потребление. Пандемия и связанные с ней ограничения подтолкнули людей задуматься о здоровом образе жизни: улучшить физическое и психическое здоровье, подобрать правильный рацион питания.

Сегодня в развитом мире покупатели все больше внимания уделяют экологичности, полезности, свежести потребляемых продуктов и готовы платить больше за технологические новшества, которые удовлетворяют их потребности.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Изучение и анализ стартапов и масштабных проектов в сфере продуктов питания, проведенное консалтинговой компанией Food Tech Insights, позволило выделить следующие новые тенденции в области пищевых технологий [4]:

**1. Развитие рынка альтернативных белков.** Создание заменителей мяса и молочных продуктов на растительной основе — одно из самых перспективных направлений развития инновационных технологий в пищевой промышленности. Поиск альтернативных источников белка обусловлен рядом причин, и прежде всего, прогнозом роста численности населения к 2050 году до 10 млрд человек и невозможностью обеспечить его продовольствием с помощью традиционных систем земледелия. Нехватка качественного белка связана также и с ограниченностью пригодных для сельского хозяйства земель.

Кроме того, развитие технологий производства альтернативных протеинов будет способствовать решению экологических проблем: сокращению выбросов парниковых газов, уменьшению количества химических удобрений, пестицидов и антибиотиков, используемых в настоящее время для выращивания корма для животных и отравляющих почву и воду.

Востребованность альтернативных источников белка у покупателей обусловлена как проблемами со здоровьем и распространением аллергических реакций, так и интересом к вопросам экологии и снижению негативного влияния промышленного производства мяса.

Ученые стремятся найти адекватную замену животному белку. Одно из главных направлений — заменители мяса и молочных продуктов на растительной основе. Помимо уже привычного соевого протеина в качестве альтернативы рассматриваются овсяный, гороховый, нутовый и бобовый.

В ряде стран отмечается популяризация энтомопротеина, а белок из насекомых рассматривается как экономичная и экологичная замена животному. В качестве основных источников белка рассматриваются также искусственно культивированное мясо, дрожжи, водоросли и продукты на основе микопротеинов.

По оценкам экспертов, это один из самых перспективных сегментов рынка. И хотя в настоящее время он составляет всего 4 млрд долларов при мировом рынке мяса в 1,3 трлн долларов, его возможный потенциал роста составляет около 165 млрд долларов [5]. Основным сдерживающим фактором развития данного сегмента рынка является высокая стоимость альтернативных продуктов.

Существенно расширяет возможности исследователей использование искусственного интеллекта при моделировании альтернативных продуктов будущего. Это позволяет изучить молекулярный состав традиционных продуктов животного происхождения (мяса, молока) с целью последующей рекомбинации элементов из сырья растительного происхождения для воссоздания вкуса и вида животного оригинала. На следующем этапе исследований осуществляется поиск на химическом уровне аналогов животных компонентов в растительном мире, чтобы они могли дать тот же вкус, запах, текстуру и цвет. Такая пересборка возможна благодаря тому, что между растениями и животными есть много общего (химическая природа, ДНК и РНК, белки, липиды и углеводы).

Исследованиями в данном направлении занимаются ученые из чилийской технологической компании NotCo, создавшие с помощью искусственного интеллекта растительный майонез, молоко (рис. 1), мясо, мороженое, тунец [6, 7].



Рис. 1. Молоко и молочные продукты на растительной основе  
(производитель — компания NotCo, Чили)

Fig. 1. Plant based milk and dairy products (manufactured by NotCo, Chile)

Еда, произведенная с использованием искусственного интеллекта, по качеству не уступает обычной, т.к. все параметры, включая калорийность, содержание аминокислот, витаминов и микроэлементов, регулируются компьютерной программой.

**2. Развитие рынка нутрицевтиков, биологически активных добавок и функциональных продуктов питания.** Формирование этой тенденции связано с тем, что в период пандемии потребители стали уделять особое внимание здоровому образу жизни, а также возросшей потребностью в основных питательных веществах для повышения иммунитета, обеспечения здоровья организма и профилактики хронических заболеваний. В развитых странах наблюдается постепенно растущая популярность органической и натуральной продукции и потребность в альтернативных продуктах питания. Как показывают маркетинговые исследования в сфере ритейла [4], главной тенденцией среди пользователей рынка питания является растущий спрос на товары для здорового питания, продажи которых за 2021 год увеличились более чем в 2 раза.

Отмечается также рост спроса на фермерские продукты, ремесленную выпечку, продукцию без сахара или с использованием сахарозаменителей без глютена и лактозы. Интерес вызывают натуральные пробиотические, растительные и ферментированные продукты с использованием органических ингредиентов, протеиновые и витаминные добавки, бустеры иммунитета, хлопья для завтрака.

**3. Индивидуальное питание.** Повышение осведомленности населения о здоровом питании стимулирует спрос на индивидуальный выбор питания и развитие персонализированного питания. Возможность научно обоснованного подхода к составлению индивидуальной диеты связана также с достижениями в области генетики, изучением генетических профилей, нутригеномов человека. Однако персонализированный подход к питанию продиктован не только вопросами здоровья, но также и личными предпочтениями, такими как диета без сахара и глютена, веганская диета. Кроме того, различные современные устройства контроля физиологических показателей позволяют пользователям отслеживать свое питание и состояние здоровья, чтобы рационализировать их. Все это способствует появлению рекомендательных сервисов и приложений для составления персонализированных рационов питания с учетом биомаркеров, особенностей организма и диеты человека.

Одним из примеров успешного решения вопроса персонализированного питания является сингапурский стартап Anrich3D. На портале Anrich3D пользователи имеют возможность каталогизировать персонализированные профили питания для приготовления индивидуальных блюд с помощью 3D-печати еды. На первом этапе осуществляется изготовление паст из пищевых ингредиентов, которые затем обретают форму с помощью экструдера. Кроме того, предусмотрена возможность печати из нескольких материалов для производства продуктов из нескольких ингредиентов. По задумке создателей проект может быть интересен больницам и ресторанам и поможет предложить индивидуальные программы питания, основанные на потребностях и предпочтениях людей в питании [4, 8].

Также начинают набирать популярность сервисы персонализированного питания, составляющие рекомендации, или конструкторы готовых рационов по анализу микробиоты или генотипу человека.

**4. Обеспечение безопасности продуктов питания.** Качество и безопасность продуктов питания все чаще становятся факторами, определяющими выбор потребителя. Особую актуальность приобретают смарт-этикетки и автономные устройства для сортировки пищевых продуктов,

они могут легко принимать обоснованные решения, прежде чем выбирать продукты. Кроме того, достижения в области мониторинга продуктов питания в режиме реального времени с использованием Интернет-устройств позволяют производителям продуктов питания обеспечивать сквозное отслеживание товара от поля до прилавка. Возможность мониторинга пищевых продуктов увеличивает доверие между производителями продуктов питания и потребителями, что положительно сказывается на авторитете бренда и продажах.

**5. Уменьшение пищевых отходов.** Большая часть продуктов питания, производимых во всем мире, теряется или выбрасывается. Например, по разным оценкам, в Беларуси юридические лица торговли и общепита выбрасывают около 50 тысяч тонн просроченных продуктов питания в год. Один оптовый склад может выбрасывать до 450 тонн испорченных овощей и фруктов в месяц [9].

В целом же каждый год по всей планете, по данным Всемирной продовольственной организации при ООН, выбрасывается 1,3 миллиарда тонн продуктов. Это примерно треть всего продовольствия. При этом недоедают без малого 830 миллионов человек, а голодают — почти 220 миллионов.

Таким образом, сокращение пищевых отходов имеет решающее значение для решения проблемы продовольственной безопасности. Производители пищевых продуктов заинтересованы в сокращении пищевых отходов, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду и сократить расходы.

Решения для мониторинга пищевых продуктов помогают сократить количество пищевых отходов. Кроме того, инновационные технологии продуктов питания ориентированы не только на сокращение пищевых отходов, но и на развитие безотходного производства.

Особую актуальность приобретает повторное использование пищевых отходов. Например, решения для 3D-печати пищевых продуктов, в которых пищевые отходы используются для печати пищевых продуктов [10].

**Ряд новых тенденций в развитии пищевой промышленности, в том числе и выше перечисленные, обусловлен развитием рынка фудтеха и внедрением инновационных цифровых технологий на всех этапах производства и сбыта пищевых продуктов [11].**

Это стало возможно благодаря достижениям современной науки (генной инженерии, биохимии, IT-технологий, электроники, робототехники и др.), разработке на их основе инновационных технологических решений и доступности их внедрения в производственный процесс.

**Фудтех** (от food — еда и technologies — технологии) — относительно новое направление, представители которого работают над внедрением новых (в том числе информационных) технологий для обеспечения людей продуктами питания. Родоначальниками сектора стали сервисы доставки еды из магазинов и ресторанов, активное использовавшие для сбора заказов глобальную сеть и мобильные приложения [12]. Мировой рынок инновационных пищевых технологий динамично развивается. В 2021 году его объем составил 120 млрд долларов, а в 2027, по прогнозам, он достигнет 300 млрд долларов [13].

Наиболее значимыми тенденциями, связанными с внедрением цифровизации и технологий Индустрии 4.0 в сфере пищевой промышленности и общественного питания, являются:

- ♦ развитие электронной торговли;
- ♦ оцифровка ресторанов и других заведений общественного питания;
- ♦ внедрение робототехники на разных этапах производства продуктов питания;
- ♦ использование пищевых 3D-принтеров;
- ♦ цифровое управление продуктами питания;
- ♦ создание безвредной для окружающей среды и «умной» упаковки [4].

Рассмотрим перечисленные тенденции более подробно.

**Развитие электронной торговли.** Разработки в области фудтех-технологий в первую очередь связывают с развитием сервисов доставки продуктов и готовых блюд с использованием глобальной сети и мобильных приложений, изменившие традиционные способы поиска, покупки и доставки продуктов питания. Это наиболее привлекательные для инвесторов проекты, на долю которых на рынке приходится порядка 80% инвестиций [14].

У истоков развития этого направления были технологические стартапы, разрабатывающие информационные продукты, цифровые платформы и услуги в области электронной торговли.

Развитие электронной торговли в сфере продовольственных товаров — одна из ведущих тенденций современности, наиболее привлекательная для инвесторов. Особенно актуальным внедрение и использование программ, автоматизирующих общение с покупателями, так называемых чат-ботов, стало в период пандемии. Инновации в сфере поставки продуктов питания позволили не только решить проблему безопасной покупки продовольствия, но

и дали возможность анализировать потребительское поведение и потребности людей, обеспечить персонализированный подход к клиенту и увеличить продажи.

**Оцифровка ресторанов и других заведений общественного питания** позволяет улучшить качество обслуживания клиентов и обеспечить бесперебойное управление операциями. Существенное влияние на внедрение и распространение цифровых технологий в системе общественного питания оказали эпидемиологические ограничения и локдаун в период пандемии Covid-19.

Особую актуальность приобрели dark kitchen — кухни без посадочных мест, ориентированные исключительно на доставку, а также использование многофункционального оборудования и IT-технологий для управления процессом готовки. Примером реализации идеи «умных устройств для кухни» может служить облачная система ConnectedCooking от компании RATIONAL, одного из крупнейших производителей профессионального кухонного оборудования (рис. 2). Дистанционно управляемая и полностью автоматизированная, она позволяет удаленно обновлять ПО, управлять данными ХАССП, переносить рецепты и программы приготовления, следить за шкалой ухода и состоянием аппаратов и получать продукцию со стабильно одинаковыми характеристиками и качеством [15].



Рис. 2. Многофункциональное тепловое оборудование RATIONAL с системой ConnectedCooking  
Fig. 2. RATIONAL multifunctional heating equipment with ConnectedCooking system

Разработка цифровых меню, киосков самообслуживания и способов безналичной оплаты позволила сократить прямые контакты между людьми и обеспечить жизнеспособность данного сегмента рынка. Чат-боты и голосовые боты являются перспективными инструментами взаимодействия с клиентами и оптимизируют работу системы общественного питания на основе автоматизированной обработки данных о предпочтениях и поведении клиентов.

**Внедрение робототехники и автоматизация на разных этапах производства продуктов питания.** Пищевая промышленность постепенно включает робототехнику во всю производственно-сбытовую цепочку для повышения эффективности, согласованности и масштабируемости при производстве продуктов питания. Роботы заменяют или дополняют людей в сложных работах.

Все большее распространение получают электронные устройства и программы, оптимизирующие процессы и повышающие производительность сельского хозяйства и качество сельскохозяйственного сырья.

Роботы находят свое применение в ресторанах и других заведениях общественного питания, что позволяет повысить удобство и безопасность клиентов.

Кроме того, автономные дроны и транспортные средства становятся эффективной заменой службам ручной доставки при одновременной экономии общих затрат. Робототехника используется также для обработки пищевых продуктов на складах и в продуктовых магазинах, обеспечивая быструю и экономичную маркировку и мониторинг продуктов питания.

Внедрение робототехники в пищевой промышленности способствует увеличению доходов от производства продуктов питания за счет повышения скорости и точного контроля качества продуктов питания.

Дополнительными преимуществами также являются повышение производительности, большая безопасность работников за счет сокращения рабочих мест в опасных условиях труда, повышение конкурентоспособности и возможность создания принципиально новых продуктов.

**Использование пищевых 3D-принтеров** позволяет персонализировать диету и альтернативные белковые блюда, а также получать точное и воспроизводимое питание. Несмотря на то, что экструзия материалов является наиболее распространенным методом пищевой печати, для разработки продуктов питания используется также лазерная и струйная печать, а также методы биопечати. Эти подходы направлены на повышение качества и точности пищевых продуктов, напечатанных на 3D-принтере. Для обеспечения гарантированного получения пищевых продуктов с точными характеристиками и воспроизводимостью качества, продолжаются дополнительные исследования в области 3D-печати пищевых продуктов для крупномасштабного производства продуктов питания. Такие решения снижают сложность и стоимость производства продуктов питания. Кроме того, 3D-печать позволяет производителям продуктов питания предлагать персонализированные продукты питания в любом масштабе без дополнительных инструментов и эксплуатационных затрат.

3D-печать на пищевом принтере позволяет создавать еду из самых различных компонентов и дает неограниченные возможности для создания новых продуктов путем соотношения ингредиентов и их конечной формы.

**Цифровое управление продуктами питания.** Аналитика больших массивов данных и искусственный интеллект, а также мониторинг в реальном времени позволяют отслеживать продвижение продуктов питания в цифровом формате. Разработка и внедрение решений для управления пищевыми продуктами позволит производителям оптимизировать производственные процессы и операции цепочки поставок. Кроме того, анализ потребительских предпочтений и рынка даст возможность оптимизировать маркетинговые стратегии и эффективно охватывать соответствующую аудиторию, повышая продажи. В целом эти решения помогают производителям продуктов питания лучше понимать требования рынка и прогнозировать сбои, тем самым сокращать потери и управлять излишками продукции.

**Создание безвредной для окружающей среды и «умной» упаковки.** Биоразлагаемая, перерабатываемая и даже съедобная упаковка также занимает значительную нишу в инновационных технологиях современности. На территории стран СНГ этот сегмент пока еще находится в зачаточном состоянии, однако объем мирового рынка безвредной упаковки растет и по прогнозам к 2025 году достигнет 32,3 млрд долларов [16].

«Умная» упаковка пищевых продуктов направлена на обеспечение сохранности продуктов. Для этой цели могут использоваться химические вещества, помещенные внутри контейнеров для контроля характеристик внутренней упаковочной атмосферы, индикаторы свежести и временно-температурные индикаторы. Они могут дать ясную информацию о состоянии продукта без использования условной маркировки «годен до», максимально сокращая излишние отходы. Активная упаковка может также содержать специальные добавки, например, поглотители газов и влаги, антимикробные препараты и т.д.

Также электронные технологии позволяют отслеживать информацию о качестве и местонахождении продукта. Использование смарт-упаковки обеспечивает конкурентное преимущество и дает товаропроизводителю гораздо больший доступ к данным контроля качества, которые могут улучшить продукт.

**Заключение.** Таким образом, пищевая промышленность представляет собой одну из наиболее социально значимых отраслей экономики. Основными факторами, обуславливающими тенденции ее развития на современном этапе, являются изменение потребительских предпочтений в сторону осознанного выбора продуктов питания, способствующих сохранению здоровья, цифровизация общества и массовое внедрение информационных технологий в промышленность, автоматизация технологических процессов и т.д.

Существенное изменение сфера пищевых производств и общественного питания претерпела в результате последствий пандемии Covid-19. Вынужденное социальное дистанцирование и продолжительные локдауны способствовали активному развитию направления, ориентированного на производство, приготовление и распространение пищевых продуктов с использованием современных IT-технологий и подучившего название фудтех-технологии. Также к числу новых тенденций в области технологий пищевых производств, обусловленных изменением потребительских предпочтений, относятся создание альтернативных продуктов питания, в первую очередь, с целью замены продукции животного происхождения, разнообразных продуктов здорового и функционального питания; популяризация системы персонализированного питания и индивидуального подхода к составлению рационов питания.

#### Список использованных источников

1. Промышленность Республики Беларусь, 2020: статистический сборник. — Мн.: Белстат, 2020. — С. 22.

2. *Беляков, С. А.* Изменение потребительского поведения и тренды маркетинга, перемены после пандемии Covid-19 / С.А. Беляков, В.Е. Эйрих, И.О. Степина // ЦИТИСЭ. — 2020. — №3. — С.363–373. DOI: 10.15350/2409-7616.2020.3.32.
3. *Рыжкова, Т. Б.* Забота о здоровье и благополучии: изменение трендов потребительского поведения в условиях пандемии COVID-19 / Т.Б. Рыжкова, Е.А. Тарасенко // Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право». — 2021. — №2. — С. 24-37. DOI: 10.28995/2073-6304-2021-2-24-37.
4. 10 тенденций в пищевых технологиях 2021 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://foodandsuccess.com/ru/insights/tpost/2yilig4kzd1-10-tendentsii-v-pischevih-tehnologiyah-2>. — Дата доступа: 19.07.2022.
5. Что такое фудтех: технологии, которые меняют наши представления о еде и будущем [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://knife.media/foodtech/>. — Дата доступа: 21.07.2022.
6. NOTMilkTM [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://notco.com/us/products/notmilk>. — Дата доступа: 21.07.2022.
7. NotMilk заявляет, что добился прорыва: молоко на основе растений, имитирующее молочные продукты [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://freshcraft.ru/notmilk-%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%>. — Дата доступа: 21.07.2022.
8. Anrich3D [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.anrich3d.com/about>. — Дата доступа: 12.06.2022.
9. По статистике мы выбрасываем треть продуктов питания. Есть ли альтернатива свалке? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://produkt.by/news/po-statistike-my-vybrasyvaem-tret-produktov-pitaniya-est-li-alternativa-svalke>. — Дата доступа: 12.06.2022.
10. Борьба с пищевыми отходами путем 3д печати еды // аддитивные технологии. — 2022. — №3 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://additiv-tech.ru/publications/borba-s-pishchevymi-othodami-putem-3d-pechati-edy.html>. — Дата доступа: 12.06.2022.
11. *Черников, Я. Ю.* Фудтех — современный вектор развития пищевой промышленности / Я. Ю. Черников // Вестник университета. — 2021. — №1. — С. 120–125.
12. Что такое фудтех и каковы перспективы его развития [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.finam.ru/publications/item/chto-takoe-fudtex-i-kakovy-perspektivy-ego-razvitiya-20211124-150400/>. — Дата доступа: 02.07.2022.
13. *Канунникова, К. И.* Перспективы развития рынка FoodTech в России / К.И. Канунникова, А.Н. Хвойников, Е.А. Павлова, О.Ю. Орлова // Вопросы инновационной экономики. — 2021. — Том 11. — №2. — С. 523–536.
14. Фудтех — пищевые технологии будущего: как развивается рынок FoodTech сегодня [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://b-mag.ru/fudteh-pishhevye-tehnologii-budushhego-kak-razvivaetsja-rynok-foodtech/?quad\\_cc](https://b-mag.ru/fudteh-pishhevye-tehnologii-budushhego-kak-razvivaetsja-rynok-foodtech/?quad_cc). — Дата доступа: 22.07.2022.
15. CONNECTEDCOOKING. Ваша кухня может больше [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.connectedcooking.com/ru\\_ru/](https://www.connectedcooking.com/ru_ru/). — Дата доступа: 22.07.2022.
16. Завтра съешь сам: тренды российского и мирового рынка FoodTech [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ecc1f5f9a794753a9b2778e>. — Дата доступа: 02.07.2022.

#### Информация об авторах

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

E-mail: [kristina\\_min@mail.ru](mailto:kristina_min@mail.ru)

*Миронова Наталья Павловна* — кандидат филологических наук, заведующий аспирантурой отдела научно-технической информации РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

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

#### Information about the authors

*Zhakova Christina Ivanovna* — PhD (Engineering), *Scientific Secretary* of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [kristina\\_min@mail.ru](mailto:kristina_min@mail.ru)

*Mironova Natalya Pavlovna* — PhD (Philology), Head of Postgraduate Studies, Department of Scientific and Technical Information of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

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

УДК 664.2:665.3

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-13-22](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-13-22)

Поступила в редакцию 24.06.2022

Received 24.06.2022

**Е. М. Моргунова, А. В. Пчельникова, В. Н. Бабодей***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ МАСЛА РАСТИТЕЛЬНОГО -СМЕСИ, ОПТИМИЗИРОВАННОГО ПО ЖИРНОКИСЛОТНОМУ СОСТАВУ**

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследований по разработке рецептурных композиций масла растительного - смеси с оптимизированным соотношением жирных кислот для здоровых людей и для питания людей с избыточной массой тела, отвечающих современным требованиям рационального питания.

**Ключевые слова:** масла растительные - смеси, рапсовое масло, подсолнечное масло, льняное масло, жирнокислотный состав, купажирование.

**A. M. Marhunova, A. V. Pchelnikova, V. N. Babodey***RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***DEVELOPMENT OF THE RECIPE COMPOSITION OF VEGETABLE OIL - MIXTURE, OPTIMIZED BY FATTY ACID CONTENT**

**Abstract.** The article presents the results of research on the development of prescription compositions of vegetable oil-a mixture with an optimized ratio of fatty acids for healthy people and for the nutrition of people with overweight, meeting modern requirements of rational nutrition.

**Key words:** vegetable oils-mixtures, rapeseed oil, sunflower oil, linseed oil, fatty acid composition, blending.

**Введение.** Одной из основных задач в сфере производства жировых продуктов функционального назначения является обеспечение необходимого соотношения эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в первую очередь  $\alpha$ -линоленовой и линолевой, которые являются предшественниками в синтезе целого ряда регуляторных соединений в организме человека [1-4]. По данным диетологов, рекомендуемое соотношение в рационе  $\omega$ -6 к  $\omega$ -3 составляет для здорового человека 10:1, для лечебного питания — от 3:1 до 5:1 [5-7]. При этом соотношение мононенасыщенных жирных кислот к полиненасыщенным (МНЖК:ПНЖК) должно составлять 1:1 [5].

Так как индивидуальные растительные масла не обеспечивают рекомендованное специалистами соотношение жирных кислот, то для получения растительных масел, соответствующих требованиям здорового питания, необходимо разрабатывать продукты, сбалансированные по жирно-кислотному составу.

Одним из методов оптимизации жирнокислотного состава растительных масел является их смешивание (купажирование) в различных соотношениях. При этом в составе масел-смесей используют как рафинированные, так и нерафинированные растительные масла, как источники биологически активных соединений [8, 9].

**Цель работы** — разработка рецептурных композиций растительных масел-смесей, оптимизированных по жирнокислотному составу с учетом современных представлений о рациональном питании.

**Материалы и методы исследований.** Объектами исследования являлись изготавливаемые в Республике Беларусь растительные масла: масло рапсовое рафинированное дезодориро-

ванное марки П по СТБ 1486 [10] (ОАО «Минский маргаринный завод»), масло подсолнечное рафинированное дезодорированное вымороженное марки П по ГОСТ 1129 [11] (ОАО «Минский маргаринный завод»), масло льняное нерафинированное «Элитное» (ООО «Клуб «Фарм-Эко») по ТУ ВУ 290340416.007.

Подсолнечное масло — наиболее востребованное растительное масло в нашей стране. Его используют для большинства кулинарных нужд. В подсолнечном масле содержится до 74% линолевой кислоты [12].

Рапсовое масло наряду с подсолнечным является одним из наиболее потребляемых в мире. Благодаря современной селекции масло рапса давно применяется в пищевых целях. Оно характеризуется наиболее сбалансированным из отечественных растительных масел соотношением полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот.

Льняное масло богато линоленовой кислотой. Содержание ее может достигать 68% [12]. Льняное масло «Элитное» ООО «Клуб «Фарм-Эко» вырабатывается из семян масличного льна особой селекции — «белого» льна. «Белый» лен содержит больше лигнанов и полифенолов, обладающих повышенной антиоксидантной активностью. На этом свойстве основано использование семян данного льна в лечении атеросклероза и коронарной сердечной недостаточности. Лигнаны также обладают антивирусными, антибактериальными и противогрибковыми свойствами [13].

Методы исследования применяли общепринятые согласно требованиям теххимического контроля: органолептические показатели растительного масла определяли по ГОСТ 5472 [14]; перекисное число растительного масла — по СТБ ГОСТ Р 51487 [15]; кислотное число — по ГОСТ 31933 [16]; установление жирнокислотного состава растительных масел осуществляли методом газовой хроматографии по ГОСТ 31663 [17]; устойчивость к окислению растительных масел — методом ускоренного окисления по ГОСТ 31758 [18].

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе исследований изучен фактический жирнокислотный состав исходных растительных масел. Как видно из данных, представленных в табл. 1, наибольшее количество линолевой кислоты содержится в подсолнечном масле (54,3%),  $\alpha$ -линоленовой жирной кислоты — в льняном масле (35,7%). Исходя из рекомендованного диетологами соотношения жирных кислот, наиболее сбалансированным по жирнокислотному составу является рапсовое масло.

Таблица 1. Жирнокислотный состав растительных масел  
Table 1. Fatty acid composition of vegetable oils

Наименование жирной кислоты	Содержание жирных кислот, %		
	Масло рапсовое рафинированное дезодорированное (РМ)	Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное вымороженное (ПМ)	Масло льняное нерафинированное «Элитное» (ЛМ)
Пальмитиновая (C <sub>16/0</sub> )	4,7	5,6	5,4
Пальмитолеиновая (C <sub>16/1</sub> )	0,2	0,1	0,1
Стеариновая (C <sub>18/0</sub> )	1,6	2,2	3,9
Олеиновая (C <sub>18/1</sub> )	62,1	36,5	17,9
<b>Линолевая (<math>\omega</math>-6) (C<sub>18/2</sub>)</b>	<b>23,2</b>	<b>54,3</b>	<b>36,9</b>
<b><math>\alpha</math>-Линоленовая (<math>\omega</math>-3) (C<sub>18/3</sub>)</b>	<b>7,1</b>	<b>0,3</b>	<b>35,7</b>
Арахидиновая (C <sub>20/0</sub> )	0,4	0,2	0,1
Гондоиновая (C <sub>20/1</sub> )	0,6	0,3	-
Бегеновая (C <sub>22/0</sub> )	-	0,4	-
Эруковая (C <sub>22/1</sub> )	-	-	-
<b>Соотношение <math>\omega</math>-6:<math>\omega</math>-3</b>	<b>3:1</b>	<b>181:1</b>	<b>1:1</b>
<b>Соотношение МНЖК: ПНЖК</b>	<b>2:1</b>	<b>0,7:1</b>	<b>0,2:1</b>

Следует отметить, что содержание линолевой и  $\alpha$ -линоленовой кислоты в исследуемом образце льняного масла «Элитное» отличается от общепринятых показателей, указанных в ГОСТ 30623 [12] (табл. 2). Содержание линолевой кислоты в исследуемом образце масла практически в 2,5 раза превышает среднестатистические значения характерные для масла, полученного из семян обычного льна, содержание линоленовой — в 1,6 раза ниже. Данная особенность является характерным признаком некоторых сортов «белого» льна, селекция

которого направлена на увеличение продолжительности хранения продуктов его переработки [13, 19].

Т а б л и ц а 2. **Жирнокислотный состав льняного масла по ГОСТ 30623**  
Table 2. **Fatty acid composition of linseed oil according to GOST 30623**

Наименование жирной кислоты	Содержание жирных кислот, %
C <sub>16:0</sub> Гексадекановая (пальмитиновая)	3,6-7,2
C <sub>16:1</sub> Гексадеценовая (пальмитолеиновая)	До 0,2
C <sub>18:0</sub> Октадекановая (стеариновая)	2,5-5,5
C <sub>18:1</sub> Октадеценовая (олеиновая)	11,3-24,0
C <sub>18:2</sub> Октадекадиеновая (линолевая)	10,4-18,7
C <sub>18:3</sub> Октадекатриеновая (линоленовая)	48,5-68,5
C <sub>20:0</sub> Эйкозановая (арахиновая)	До 0,2
C <sub>20:1</sub> Эйкозеновая (гондоиновая)	До 0,2
C <sub>22:0</sub> Докозановая (бегеновая)	До 0,2

Исходной величиной, на которую следует ориентироваться при создании новых видов пищевой продукции, сбалансированных по основным пищевым веществам, являются нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения [5, 20, 21], а также значения рекомендуемого суточного потребления основных пищевых веществ и энергии [22], представленные в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. **Рекомендуемое суточное потребление основных пищевых веществ и энергии для взрослых в целях нанесения маркировки пищевой продукции (Референсные значения)**

Table 3. **Recommended daily intake of essential nutrients and energy for adults for the purpose of labeling food products (Reference values)**

Основные пищевые вещества	Референсное значение
Энергетическая ценность, кДж/ккал	8370/2000
Жиры, в. т.ч.:	66
полиненасыщенные жирные кислоты, г	8,8
насыщенные жирные кислоты, не более, г	20,0

В соответствии с [20] рекомендуемое содержание жиров растительного происхождения в рационе питания взрослого человека составляет 25–30 % от общего количества жиров (около 20 г в сутки).

На основании данных о жирнокислотном составе исходных растительных масел, полученных в ходе хроматографических исследований (табл. 1) расчетным путем составлены рецептурные композиции растительных масел с рекомендуемым соотношением  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот для здоровых людей и для питания людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и избыточной массой тела [5–7].

В качестве расчетного метода использован метод линейного программирования [23, 24] с применением уравнения:

$$\delta = \frac{Ax + By + Cz}{x + y + z}, \quad (1)$$

где A, B, C — содержание  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирных кислот в растительном масле, %; x — содержание подсолнечного масла в купаже, %; y — содержание рапсового масла в купаже, %; z — содержание льняного масла в купаже, %;  $\Delta$  — содержание жирной кислоты в купаже, %.

С учетом содержания ПНЖК в исследуемых маслах (таблица 1) соотношение ( $\xi$ )  $\omega$ -6: $\omega$ -3 жирных кислот равно:

$$\xi = \frac{54,3x + 23,2y + 36,9z}{0,3x + 7,1y + 35,7z} \quad (2)$$

Исходя из требуемого соотношения  $\omega$ -6: $\omega$ -3 жирных кислот, решая уравнение (2), содержание подсолнечного масла ( $x$ ) в купаже можно рассчитать по уравнению (3) или (4) (для соотношения  $\omega$ -6: $\omega$ -3 жирных кислот равного 10:1 и 5:1 соответственно) при условии, что сумма ( $x, y, z$ )  $\approx$  100%.

$$x \approx 0,93y + 6,24z \tag{3}$$

$$x \approx 0,23y + 2,7z \tag{4}$$

Предварительные исследования показали, что при смешивании рафинированных масел с нерафинированным льняным маслом с увеличением содержания льняного масла смесь приобретает все более выраженный вкусовой специфический профиль, характерный для льняного масла. Поэтому рецептурные композиции экспериментальных смесей для здоровых людей отбирались с учетом данной особенности и не содержали более 5 % льняного масла.

Рецептурные составы экспериментальных смесей представлены в табл. 4.

Таблица 4. Рецептурные составы экспериментальных смесей  
Table 4. Recipe compositions of experimental mixtures

№ образца	Содержание масла в экспериментальной смеси, %			Соотношение кислот $\omega$ -6: $\omega$ -3
	Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное вымороженное	Масло рапсовое рафинированное дезодорированное	Масло льняное нерафинированное «Элитное»	
1	24,0	73,0	3,0	5:1
2	26,0	70,0	4,0	5:1
3	29,0	66,0	5,0	5:1
4	30,0	64,0	6,0	5:1
5	32,0	61,0	7,0	5:1
6	35,0	57,0	8,0	5:1
7	36,0	55,0	9,0	5:1
8	39,0	51	10,0	5:1
9	40,0	49	11,0	5:1
<b>10</b>	<b>42,0</b>	<b>46</b>	<b>12,0</b>	<b>5:1</b>
<b>11</b>	<b>56,0</b>	<b>41,0</b>	<b>3,0</b>	<b>10:1</b>
12	59,0	37,0	4,0	10:1
13	62,0	33,0	5,0	10:1

Дополнительным критерием выбора являлось обеспечение оптимального соотношения мононенасыщенных жирных кислот к полиненасыщенным (МНЖК:ПНЖК), которое должно составлять 1:1 [5].

Рецептурная композиция № 11 имеет оптимальный жирнокислотный профиль для питания здоровых людей: соотношение  $\omega$ -6: $\omega$ -3 составляет 10:1; соотношение МНЖК:ПНЖК составляет 1:1,02.

Для питания людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и избыточной массой тела оптимальный жирнокислотный профиль имеет рецептурная композиция № 10: соотношение  $\omega$ -6: $\omega$ -3 составляет 5:1; соотношение МНЖК:ПНЖК составляет 1:1,01.

Изготовление масла-смеси осуществляли на лабораторной установке с перемешивающим устройством. Органолептические показатели экспериментальных образцов представлены в табл. 5.

Таблица 5. Органолептические показатели экспериментальных образцов  
Table 5. Organoleptic characteristics of experimental samples

Наименование показателя	Характеристика	
	Образец №10	Образец №11
Прозрачность	Прозрачное	
Цвет	Желтый	Светло-желтый
Запах и вкус	Слабоспецифичный вкус и запах свойственный льняному маслу	Обезличенный, без постороннего запаха и привкуса

Фактический жирнокислотный состав экспериментальных образцов представлен в табл. 6.

Таблица 6. Жирнокислотный состав экспериментальных образцов  
Table 6. Fatty acid composition of experimental samples

Основные жирные кислоты	Содержание жирных кислот, %	
	Образец №10	Образец №11
Пальмитиновая (C <sub>16/0</sub> )	5,2	5,4
Пальмитолеиновая (C <sub>16/1</sub> )	0,1	0,1
Стеариновая (C <sub>18/0</sub> )	2,3	2,4
Олеиновая (C <sub>18/1</sub> )	46,4	46,5
<b>Линолевая (ω-6) (C<sub>18/2</sub>)</b>	<b>36,7</b>	<b>39,0</b>
<b>α-Линоленовая (ω-3) (C<sub>18/3</sub>)</b>	<b>7,5</b>	<b>4,0</b>
Арахидиновая (C <sub>20/0</sub> )	0,3	0,4
Гондоиновая (C <sub>20/1</sub> )	0,7	0,7
Бегеновая (C <sub>22/0</sub> )	0,2	0,3
<b>Соотношение ω-6:ω-3</b>	<b>4,89:1</b>	<b>9,75:1</b>
<b>Соотношение МНЖК:ПНЖК</b>	<b>1,05:1</b>	<b>1,08:1</b>

Таким образом, соотношения ω-6:ω-3 жирных кислот, а также МНЖК:ПНЖК, полученные расчетным путем, подтверждены результатами фактических исследований.

Жирнокислотную сбалансированность экспериментальных образцов масла-смеси оценивали по общему критерию алиментарной адекватности, предложенному академиком Н.Н. Липатовым и А.Б. Лисициным [25–27]. Критерий характеризует определяемые исследователями набор и массовые доли жирных кислот в составе жирового компонента сырья и готового продукта в сравнении с заданным эталоном жирнокислотного состава липидов, которые оцениваются по коэффициенту жирнокислотного соответствия:

$$R_L = \left( \prod_{i=1}^n d_{L_i} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (5)$$

где  $d_{L_i} = \frac{L_i}{L_{\mathcal{E}_i}}$ , если  $L_i \leq L_{\mathcal{E}_i}$  и  $d_{L_i} = \left( \frac{L_i}{L_{\mathcal{E}_i}} \right)^{-1}$ , если  $L_i > L_{\mathcal{E}_i}$ ;  $R_L$  — коэффициент жирнокислотного соответствия, дол. ед.;  $L_i$  — массовая доля  $i$ -ой жирной кислоты в сырье, г/100 г. жира;  $L_{\mathcal{E}_i}$  — массовая доля  $i$ -ой жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г. жира;  $i = 1$  соответствует сумме насыщенных жирных кислот (НЖК);  $i = 2$  — сумме мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК);  $i = 3$  — сумме полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК);  $i = 4$  — линолевой,  $i = 5$  — линоленовой,  $i = 6$  — арахидиновой.

Коэффициент жирнокислотного соответствия может принимать числовые значения от 0 (полная неадекватность, т.е. отсутствие связи между эталоном и моделируемым объектом) до 1 (полная адекватность).

В качестве эталона использовали значения рекомендуемого суточного потребления полиненасыщенных жирных кислот [22], представленные в табл. 4. В соответствии с данными рекомендуемое суточное потребление ПНЖК взрослым населением составляет 8,8 г. Рекомендуемая суточная норма потребления растительных масел — 20 г [20]. Тогда в 100г эталонного растительного масла должно содержаться 44 г ПНЖК. При этом должны соблюдаться другие обязательные критерии: рекомендуемое соотношение моно- и полиненасыщенных жирных кислот.

В табл. 7 представлены данные по жирнокислотной сбалансированности разработанных образцов масла-смеси относительно эталонного растительного масла.

Таким образом, степень адекватности жирнокислотного соответствия разработанных образцов эталонному маслу очень высокая — 0,96-0,97 дол.ед. по соотношению МНЖК:ПНЖК; 0,93-0,98 дол.ед. по соотношению ω-6:ω-3 жирных кислот.

Обязательным этапом при изготовлении любого вида пищевой продукции является контроль его качества. Для комплексной экспертизы качества растительного масла, как и любого другого продукта, следует определить его соответствие органолептическим, физико-химическим показателям, установленным действующими ТНПА. При этом непременно

условием производства качественного продукта является оценка его безопасности и стабильности при хранении.

Таблица 7. Жирнокислотная сбалансированность экспериментального образца масла-смеси, разработанного для питания здоровых людей

Table 7. Fatty acid balance of an experimental sample of an oil-blend designed for the nutrition of healthy people

Ингредиенты	Жирные кислоты, г/100 г. жира				R, доли ед.	
	МНЖК	ПНЖК	Линолевая	α-Линоленовая	i=2–3	i=4–5
Эталон (для питания здоровых людей)	44,0	44,0	40	4,0	0,96	0,98
Образец №10	46,5	43,0	39,0	4,0		
Эталон (для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и избыточной массой тела)	44,0	44,0	40	8,0	0,97	0,93
Образец №11	46,4	44,2	36,7	7,5		

Под безопасностью продуктов питания следует понимать отсутствие опасности для здоровья человека при их употреблении, как с точки зрения острого негативного воздействия, так и с точки зрения опасности отдаленных последствий.

Для растительных масел в первую очередь определяют следующие показатели безопасности [27]: кислотное число, отражающее количественное содержание в масле свободных жирных кислот, образующихся в результате гидролитического расщепления триглицеридов жирных кислот (не более 4,0 мг КОН/г); перекисное число, отражающее степень окисленности масла (не более 10 ммоль [1/2 O]/ кг); содержание бенз(а)пирена – канцерогена, представителя семейства полициклических углеводородов ( не более 0,002 мг /кг); содержание эруковой кислоты — мононенасыщенной ω-9 жирной кислоты, обладающей токсическим действием на организм (не более 3%). Полученные результаты исследований представлены в табл. 8.

Таблица 8. Показатели безопасности композиций растительного масла-смеси  
Table 8. Safety indicators of vegetable oil blend compositions

Наименование показателя	Значения показателя	
	Образец №10 «Масло Особое»	Образец №11 «Масло Салатное»
Кислотное число, мг КОН/г	0,28	0,15
Перекисное число, ммоль [1/2 O]/кг	1,8	1,6
Содержание бенз(а)пирена, мг/кг	Не обнаружено (менее 0,0005)	
Массовая доля эруковой кислоты, %	0,1	0,1

Установлено, что по данным показателям изготовленные масла соответствуют требованиям ТР ТС 024/2011.

Следует отметить, что показатели окислительной порчи (кислотное и перекисное число) являются основными контролируемыми показателями качества растительных масел в процессе их хранения. Увеличение кислотного и перекисного чисел приводит к снижению срока годности масел и негативно отражается на их органолептических показателях (вкусе, запахе) [29].

С целью исследования динамики протекания окислительных и гидролитических процессов в разработанных образцах масел в процессе хранения, исследуемые масла хранили при температуре 20±2 °С в темном месте. Показатели перекисного и кислотного числа определяли 1 раз в месяц по стандартным методикам.

Данные по динамике показателей окислительной и гидролитической порчи приведены в табл. 9, 10.

В ходе проведения исследований установлено, что в процессе хранения при температуре 20±2 °С в маслах наблюдается постепенное накопление продуктов гидролиза и окисления, что выражается в увеличении кислотного и перекисного числа. Однако ни в одном из раз-

работанных образцов к концу исследуемого периода хранения данные показатели не превысили регламентируемого значения.

Таблица 9. Изменение кислотного числа в процессе хранения  
Table 9. Change in acid number during storage

Наименование образца	Кислотное число, мг КОН/г						
	Срок хранения, мес.						
	0	1	2	3	4	5	6
Масло «Особое»	0,28	0,31	0,32	0,33	0,35	0,35	0,37
Масло «Салатное»	0,15	0,17	0,18	0,18	0,2	0,2	0,23

Таблица 10. Изменение перекисного числа в процессе хранения  
Table 10. Change in peroxide value during storage

Наименование образца	Перекисное число, ммоль [ $1/2$ O]/кг						
	Срок хранения, мес.						
	0	1	2	3	4	5	6
масло «Особое»	1,8	1,99	2,33	2,53	2,75	3,25	3,80
масло «Салатное»	1,6	1,90	2,10	2,34	2,51	3,11	3,62

Для определения сроков годности новых видов пищевой продукции необходимо располагать информацией о поведении разрабатываемого продукта в предполагаемых условиях хранения. Такая информация может быть получена в ходе традиционных испытаний, а также ускоренным способом, позволяющим значительно сэкономить время.

В целях прогнозирования срока годности исследуемых масел в лаборатории отдела технологии кондитерской и масложировой продукции проведены исследования их окислительной устойчивости на приборе «Рансимат 743» по ГОСТ 31758 «Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление)» [16].

Испытания проводились при температуре 100 °С и скорости потока воздуха — 20 л/ч. По результатам проведенных исследований для представленных образцов растительных масел установлены следующие индукционные периоды:

- ♦ масло рапсовое рафинированное дезодорированное — 21,8 ч;
- ♦ масло подсолнечное рафинированное дезодорированное — 11,84 ч;
- ♦ масло льняное «Элитное» — 5,67 ч;
- ♦ масло «Салатное» — 16,09 ч;
- ♦ масло «Особое» — 13,14 ч.

Установлено, что продолжительность индукционных периодов разработанных образцов масла растительного-смеси, несмотря на наличие в них льняного масла, превышает индукционный период масла подсолнечного на 35,9 и 22,5% соответственно. Это объясняется повышенным содержанием в их жирнокислотном составе олеиновой кислоты (на 27% больше, чем в подсолнечном масле).

Предполагаемый срок годности разработанных образцов растительных масел  $\tau_x$  (сут) при заданной температуре вычисляли по формуле [28]:

$$\tau_x = \frac{\tau_0 \cdot 2,2^n}{24}, \quad (6)$$

где  $\tau_0$  — время окисления жира ускоренным кинетическим методом (индукционный период), ч;  $n$  — показатель степени, устанавливающий зависимость времени окисления от температуры, который вычисляют по формуле:

$$n = \frac{t_{\text{он}} - t_{\text{xp}}}{10}, \quad (7)$$

где  $t_{\text{он}}$  — температура опыта, °С;  $t_{\text{xp}}$  — температура хранения, °С.

Прогнозируемые сроки годности исследуемых масел, полученные исходя из данных индукционных периодов, определенных методом «ускоренного старения» на приборе «Рансимат 743» представлены на рис. 1.

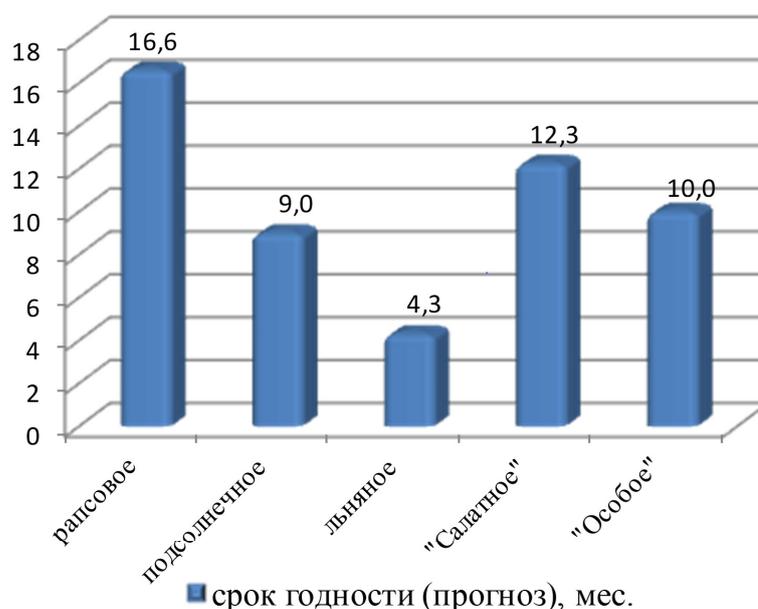


Рис. 1. Прогнозируемые сроки годности растительных масел, полученные исходя из данных индукционных периодов

Fig. 1. Predicted shelf life of vegetable oils obtained from the data of induction periods

Результаты расчетов показали, что при хранении масла «Салатное» в защищенном от света месте при температуре  $20 \pm 2$  °С его прогнозируемый срок годности составляет 12,3 мес. (368 сут); масла «Особое» — 10,0 мес. (300 сут).

**Заключение.** Таким образом, на основании данных о жирнокислотном составе исходных растительных масел, полученных в ходе хроматографических исследований с использованием метода линейного программирования, составлены рецептурные композиции растительных масел с рекомендуемым соотношением  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот 10:1 — для здоровых людей и 5:1 — для питания людей с избыточной массой тела.

Проведена оценка жирнокислотной сбалансированности экспериментальных образцов масла-смеси по общему критерию алиментарной адекватности, оценена его безопасность и стабильность при хранении.

На основании проведенных исследований разработаны, согласованы и утверждены технологические документы (рецептуры и технологическая инструкция) на данный вид продукции.

#### Список использованных источников

1. *Ипатова, Л. Г.* Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова [и др.]; под общ. ред. Л.Г. Ипатовой. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 396 с.
2. *Северин, Е. С.* Биохимия : учебник / под ред. Северина Е. С. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 768 с.
3. Calder, P.C. Fatty acids metabolism and eicosanoid synthesis / P.C. Calder // *Clinical Nutrition*. — 2001. — vol. 20, №4.— pp. 1–5.
4. *Зайцева, Л. В.* Роль жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов / Л.В. Зайцева // *Масложировая промышленность*. — 2010. — №5. — С. 11–15.
5. Методические рекомендации «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» МР 2.3.1.2432-08. — М: ГУ НИИ питания РАМН. — 2008. — 24 с.
6. *Колногоров, К. П.* Новые функциональные пищевые масложировые продукты со сбалансированным жирнокислотным составом / К.П. Колногоров [и др.] // *Труды БГТУ. Серия, 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2016. — №4 (186). — С. 188-194.
7. *Паронян, В. Х.* Алгоритм создания эмульсионных продуктов питания/ В.Х. Паронян, Н.М. Скрыбина, А.А. Попов // *Масложировая промышленность*. — 2006. — №3. — С. 46.

8. *Табакаева, О. В.* Растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом / О. В. Табакаева, Т. К. Каленик // Масложировая промышленность. — 2007. - №1. — С. 21-22.
9. *Григорьева, В. Н.* Смеси растительных масел - биологически полноценные продукты / В. Н. Григорьева, А. Н. Лисицын // Масложировая промышленность. — 2005. — №1. — С. 9-10.
10. СТБ 1486-2004 Масло рапсовое и смеси растительных масел на его основе. Общие технические условия. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. — 2004. — 26 с.
11. ГОСТ 1129-93 Масло подсолнечное. Технические условия. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1994. — 16 с.
12. ГОСТ 30623-2018 Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2019. — 22 с.
13. *Колотов, А. П.* Качество основной продукции льна масличного в условиях Среднего Урала/ А.П. Колотов // Пермский аграрный вестник. — 2017. — №2 (18). — С.23-28.
14. ГОСТ 5472-50 Масла растительные. Определение запаха, цвета и прозрачности. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. — 8 с.
15. СТБ ГОСТ Р 51487-2001 Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002. — 6 с.
16. ГОСТ 31933-2012 Масла растительные. Методы определения кислотного числа. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. — 12 с.
17. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. — 12 с.
18. ГОСТ 31758-2012 (ISO 6886:2006) Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление). — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2015. — 16 с.
19. *Пороховинова, Е. А.* Полиморфизм генов, контролирующих низкое содержание линоленовой кислоты, у линий генетической коллекции льна ВИР / Е.А. Пороховинова, Т.В. Шеленга, Т.В. Матвеева, А.В. Павлов, Е.А. Григорьева, Н.Б. Брач // Экологическая генетика. — 2019. — Т.17 (2). — С.5-22.
20. 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.
21. Инструкция 2.3.7.10-15-55-2005 Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп взрослого населения Республики Беларусь, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 21.11.2005 №184.
22. ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части ее маркировки. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. — 48 с.
23. *Скорюкин, А. Н.* Купажированные растительные масла со сбалансированным жирнокислотным составом для здорового питания /А. Н. Скорюкин [и др.] // Масложировая промышленность. — 2002. — №2. — С. 26-27.
24. *Николаева, С. В.* Применение метода линейного программирования для оптимизации смесей растительных масел / С. В. Николаева [и др.] // Масложировая промышленность. — 2007. — №1.— С. 23-24.
25. *Липатов Н. Н.* Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н.Н. Липатов, И.А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. — 1987. — №2. — С. 5–9.
26. *Липатов Н.Н.* Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью // Хранение и переработка сельхозсырья. — 1995,- №3.- С. 4-9.
27. *Липатов Н. Н.* Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов / Н.Н. Липатов, А.Б. Лисицын, С.Б. Юдина // Хранение и переработка сельхозсырья. — 1996. — №2. — С. 24– 25.
28. ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию. — Минск: Госстандарт, Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. — 23 с.

29. *Степанова, Е. Н.* Динамика показателей качества и безопасности новых видов растительных масложировых продуктов при хранении / Е.Н. Степанова, О.А. Рабина, С.В. Морозов // Техника и технология пищевых производств. — 2011. — №3. — С. 37-41.
30. *Вершинина, А. Г.* Возможность использования новых растительных добавок из дикоросов уссурийской тайги как антиоксидантов для эмульсионной пищевой продукции длительного хранения / А. Г. Вершинина [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. — 2004. — №1. — С. 62–64.

#### Информация об авторах

*Моргунова Елена Михайловна* — кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

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

E-mail: info@belproduct.com

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

E-mail: info@belproduct.com

#### Information about authors

*Morgunova Elena Mikhailovna* — PhD (Engineering), Associate Professor, Deputy Director General for Standardization and Quality of Food Products of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

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

E-mail: info@belproduct.com

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

E-mail: info@belproduct.com

УДК 663.85+664.87

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-23-31](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-23-31)

Поступила в редакцию 22.08.2022

Received 22.08.2022

**К. Н. Гершончик, М. И. Гарлинская***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ  
ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ  
НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА**

**Аннотация.** В статье приведены результаты экспериментальных исследований структурно-механических свойств теста, приготовленного из полуфабриката мучных изделий, содержащего в качестве обогащающих компонентов продукты переработки масличного сырья (тыквенной, кунжутной, конопляной муки, льняного жмыха, шрота расторопши пятнистой).

**Ключевые слова:** печенье, жмыхи и шроты масличного сырья, полуфабрикаты мучных изделий, реологические свойства теста.

**K. N. Gershonchik, M. I. Garlinskaya***RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***RESEARCH OF IMPACT OF PROCESSING PRODUCTS  
OF OIL SEED RAW MATERIALS ON THE STRUCTURAL  
AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE DOUGH**

**Abstract.** The article presents the results of experimental studies of the mechanical properties of dough prepared from a semi-finished flour product containing, as enriching components, products of processing of oilseed raw materials (pumpkin, sesame, hemp flour, linseed cake, milk thistle meal).

**Key words:** biscuits, cake and oilseed meal, semi-finished flour products, dough rheological properties.

**Введение.** Мучные кондитерские изделия являются одной из наиболее востребованных групп кондитерских изделий. Широкий ассортимент данной группы продукции (печенье, пряники, вафли, кексы, торты, мучные сладости и др.) выпускается предприятиями Республики Беларусь, а также изготавливается в домашних условиях, в том числе из полуфабрикатов мучных изделий, состоящих из предварительно подготовленных пищевых ингредиентов (муки, сахара, меланжа и других ингредиентов). Полуфабрикаты мучных изделий позволяют быстро приготовить свежий продукт в домашних условиях и в условиях малых предприятий, представлены достаточно широким ассортиментом, имеют относительно длительный срок годности [1].

Мучные кондитерские изделия, как правило, имеют высокое содержание сахара и жира, в связи с этим проводится все больше исследований по изменению их рецептурного состава, в частности: полная или частичная замена муки и сахара на растительные компоненты, которые позволяют обогатить кондитерские изделия белком, полиненасыщенными жирными кислотами (далее — ПНЖК), пищевыми волокнами, минеральными веществами [2 — 21].

Одним из вариантов решения данной задачи является использование продуктов переработки семян масличных культур — жмыхов и шротов.

В условиях умеренного климата Республики Беларусь основным сырьем для масложировой промышленности является рапс, в небольших объемах выращивают также подсолнечник и масличный лен. В настоящее время набирают популярность масла из семян других масличных культур: тыквы, кунжута, конопля. Также находит применение масло из семян лекарственных растений — расторопши пятнистой. По данным концерна «Белгоспищепром»,

в 2021 году в Республике Беларусь произведено 424,9 тыс. тонн нерафинированного растительного масла, в том числе рапсового — 352,6 тыс. тонн, подсолнечного — 6,8 тыс. тонн, соевого — 60,4 тыс. тонн, прочих растительных масел — 5,1 тыс. тонн.

На предприятиях масложировой промышленности и частных фермерских хозяйствах используют два метода производства растительных масел, при котором образуются продукты переработки масличного сырья различным химическим составом и продуктами его переработки. Так, при получении масел холодным методом прессования образуется жмых, при использовании же метода экстрагирования растворителем — шрот.

Полученные жмыхи сохраняют цвет, вкус и запах, свойственные исходному сырью, и выпускаются предприятиями в виде гранул, хлопьев или в виде порошка различной дисперсности, полученного путем размола этих гранул или хлопьев. Жмых большинства масличных культур преимущественно используется в сельском хозяйстве в качестве ценной, богатой белком кормовой добавки. Его химический состав зависит от вида семян и содержания масла в сырье [2, 3, 4].

В шроте содержится намного меньше масла, чем в жмыхе, поэтому кормовые достоинства его ниже. Также для шротов характерно снижение усвояемости белков, связанное с применением термической обработки сырья [2, 3, 4].

Жмыхи, мука и шроты семян масличных культур находят применение при производстве печенья, хлебобулочных и мясных изделий, соусов, маффинов, кексов, при получении специализированного питания (безглютеновые смеси). Содержание растительных компонентов в зависимости от процесса производства и получаемого готового продукта варьируется в количестве от 5 % до 75 %. В основном продуктами переработки масличного сырья при соблюдении технологического процесса заменяют некоторое количество муки пшеничной [2–21].

Основными рецептурными ингредиентами печенья являются мука, сахар и жир. При производстве печенья в основном используется пшеничная мука высшего и I сортов. Основными составными частями пшеничной муки являются белковые вещества и крахмал, которые обладают различной водопоглотительной способностью. Ведущая роль в образовании теста принадлежит белковым веществам пшеничной муки, которые в присутствии воды способны набухать, при этом нерастворимые в воде фракции белка (глиадиновая и глютеиновая) образуют белковый структурный каркас — клейковину. Сахар ограничивает поглощение воды и набухаемость белков муки. Жировой компонент рецептурной смеси адсорбируется на поверхности белковых мицелл и крахмальных зерен и препятствует набуханию коллоидов муки. В связи с этим происходит ослабление связи между частицами твердой фазы теста, уменьшается упругость клейковины и увеличивается пластичность теста [22]. При производстве мучных кондитерских изделий важным процессом является замес теста, который обеспечивает структурно-механические свойства полуфабриката и зависит от химического состава ингредиентов. При замесе теста протекают физико-химические процессы: гидратация частичек муки, растворение сахара, набухание коллоидов муки, коагуляция набухших белковых мицелл. На стадии формования тесто должно иметь требуемые структурно-механические свойства, обеспечивающие процесс формования тестовых заготовок, хорошо принимать заданную форму, но при этом не прилипать к рабочим поверхностям. После процесса выпечки готовые изделия должны характеризоваться потребительскими свойствами: хрупкость, рассыпчатость, намакаемость и др. [5, 6].

Замена пшеничной муки на жмыхи, муку и шроты семян масличных культур оказывает влияние на реологические свойства теста, что обусловлено различиями в их химическом составе: повышенным содержанием пищевых волокон, жиров и белков в продуктах переработки масличного сырья, а также большим размером частиц жмыхов и шротов по сравнению с частицами пшеничной муки [2, 3, 7, 8, 11, 14]. Данная группа продуктов не содержит в своем составе глиадиновые и глютеиновые белковые фракции, свойственные пшеничной муке, которые отвечают за образование клейковины [22]. В связи с этим, научный интерес представляет изучение химического состава и физико-химических свойств продуктов переработки масличного сырья, а также их влияния на свойства теста и показатели готовых изделий.

**Целью** данного исследования является изучение влияния дозировки льняного жмыха, тыквенной, конопляной, кунжутной муки, шрота расторопши пятнистой на структурно-механические свойства теста, получаемого из полуфабриката мучных изделий для изготовления печенья.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объектов исследований использовали муку тыквенную, конопляную, кунжутную, жмыхи льна и подсолнечника, шрот расторопши пят-

нистой, выпускаемых на территории Республики Беларусь предприятиями частной и государственной форм собственности. Анализ унифицированных рецептур на сдобное песочное-выемное печенье и полуфабрикаты мучных изделий в виде печенья осуществляли по методике, разработанной профессором В. А. Васькиной, с применением Microsoft Excel. Исследование пластической прочности теста и предела прочности готовых изделий проводили на анализаторе текстуры «Brookfield СТ3».

#### Результаты исследования.

На первом этапе работы на основании литературных данных и лабораторных исследований сырьевых компонентов проведен анализ химического состава различных фракций масляного сырья (семена, масло, жмых и шрот) в сравнении с пшеничной мукой [2–4, 7–21, 23–25]. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ химического состава масляного сырья и продуктов его переработки

Table 1. Comparative analysis of the chemical composition of oilseeds and products of its processing

Сырье	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Пищевые волокна, г	Жирные кислоты, % к общему количеству:		
					Линоленовая (ω-3)	Линолевая (ω-6)	Олеиновая (ω-9)
Семена масляных культур и зерно пшеницы:							
Лен	18,0–33,0	12,8–50,0	12,0–28,7	27,3	18,4–46,8	21,5–70,0	2,1–17,8
Тыква	31,4–35,3	28,4–32,0	21,4–30,8	4,22–19,8	0,24	34,2–40,5	41,5–42,4
Подсолнечник	15,0–30,61	46,87–53,6	10,5–24,83	5,0–8,6	0,06	23,0	18,38
Конопля	20,0–48,75	31,56	8,67	25,0	5,85	17,76	4,4
Кунжут	19,4	48,7–60,0	12,2	5,6	0,4	21,4	18,52
Рапсовое семечко	15,0–24,0	20,0–30,0	45,0	26,0	н.о.	35,0–56,6	20,7–30,0
Зерно мягкой пшеницы	11,8	2,2	59,5	10,8	0	0	0
Масло из семян:							
Лен	0	99,8	0	0	48,5–68,5	10,4–18,7	11,3–24,0
Тыква	0	99,8	0	0	до 0,4	43,0–59,0	22,0–39,0
Подсолнечник	0	99,9	0	0	0,2–1,0	18,7–60	26,0–71,8
Конопля	0	99,9	0	0	19,8	55,2	12,9
Кунжут	0	99,9	0	0	0,2–1,0	36,9–47,9	34,4–35,0
Рапсовое семечко	0	99,8	0	0	0,31–0,4	52,0–62,0	26,8
Продукты переработки масляного сырья (жмых, шрот, мука):							
Лен	25,0–38,12	10,88–15,64	41,4	5,7–30,0	22,6–54,9	15,5–65,0	17,7
Тыква	43,6–49,9	7,5–23,0	13,8–39,6	14,1–28,1	0,2–0,4	57–58,9	20,6–25,6
Подсолнечник	34,38–39,0	18,57	до 34,6	до 23,5	н.о.	43,2	40,5
Конопля	28,0–31,3	7,9–8,5	24,7–50,5	10,0–17,8	14,6	4,3	1,2
Кунжут	43,2	36,8	11,8	2,9	0,1	15,6	15,0
Рапсовое семечко	18,0–21,9	10,0–12,9	53,0	27,4–31,3	1,32–1,5	60,8	22,4
Мука пшеничная в/с	10,3	1,1	70,6	3,5	0	0	0

В результате анализа химического состава масляного сырья установлено, что семена масляных культур являются перспективным источником для обогащения продуктов питания. Семена масляных культур в сравнении с зернами пшеницы в своем составе содержат на 75,8 % больше белка, на 60 % больше пищевых волокон. Также следует отметить жирнокислотный состав семян масляных культур, которые имеют высокое со-

держание ПНЖК, а именно: до 46,8 % линоленовой кислоты ( $\omega$ -3), до 70 % линолевой кислоты ( $\omega$ -6) и до 42,4 % олеиновой кислоты ( $\omega$ -9). ПНЖК являются важными составляющими рациона питания, которые не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей.

Продукты переработки масличного сырья сохраняют в своем составе ценные свойства исходного сырья: повышенное содержание белка, пищевых волокон, ценный жирнокислотный состав. Анализ данных химического состава исследуемых продуктов переработки масличного сырья (табл. 1) показал, что они имеют высокую пищевую и биологическую ценность: в 100 г продукта содержится от 18,0 г до 49,9 г белка, от 7,5 г до 36,8 г жира, от 2,9 г до 31,3 г пищевых волокон. По жирнокислотному составу следует отметить высокое содержание линоленовой ( $\omega$ -3) ПНЖК в льняном жмыхе (22,6–54,9 %) и конопляной муке (14,6 %); линолевой ( $\omega$ -6) ПНЖК в льняном жмыхе (15,5–65,0 %). Полученные данные подтверждают актуальность замены пшеничной муки на жмыхи, муку и шроты продуктов переработки масличного сырья в рецептурах полуфабрикатов мучных изделий.

Проведены экспериментальные работы по изучению влияния продуктов переработки масличного сырья белорусского производства на реологические свойства теста, полученного при восстановлении полуфабрикатов мучных изделий.

С целью разработки базовой рецептуры проведен анализ унифицированных рецептов на полуфабрикаты мучных изделий в виде печенья и на сдобное песочно-выемное печенье, которое является наиболее близким аналогом такой продукции [27]. Определена взаимосвязь между содержанием сахара и жира в рецептурах печенья (в пересчете на сухое вещество). Результаты анализа представлены на рис. 1.

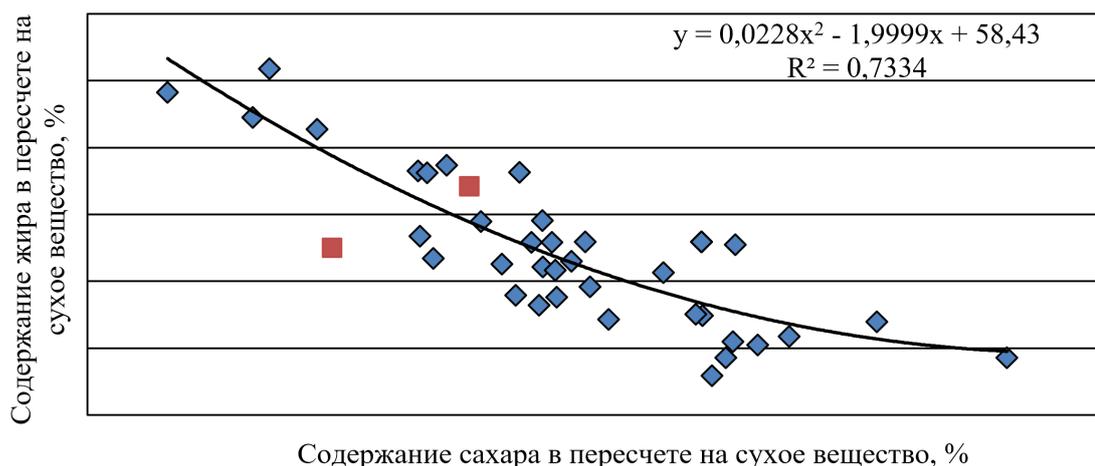


Рис. 1. График для определения взаимосвязи между сахаром и жиром  
 Fig. 1. The relationship between the amount of sugar and added fat

Как видно из рис. 1, между содержанием сахара и жира существует полиномиальная зависимость, при этом с увеличением содержания сахара содержание жира уменьшается. Полученные данные могут быть использованы при разработке рецептур на печенье.

С целью определения оптимальных значений содержания сахара и жира в рецептуре полуфабрикатов мучных изделий в виде печенья на следующем этапе работы проведены лабораторные выпечки печенья. По уравнению, приведенному на рис. 1, рассчитаны рецептурные составы печенья, в которых содержание сахара изменяли от 15,0 % до 35,0 % с шагом 5,0 %, при этом содержание жира составило 34,0 %, 27,3 %, 22,8 %, 18,1 % и 15,5 % соответственно.

В соответствии с технологической инструкцией по производству мучных кондитерских изделий, влажность теста для сдобного песочно-выемного печенья составляет 16 % — 20 %, поэтому для проведения исследований была принята влажность теста 18 % [26]. Результаты определения реологических свойств теста и предела прочности готовых изделий представлены в табл. 2.

Анализ реологических свойств теста показал, что при увеличении содержания сахара свыше 30,0 % и уменьшении содержания жира до 15,0 % — 18,0 % тесто имеет крошкообразную консистенцию, что является свойственным при его формовании на ротационной машине

поточно-механизированной линии, однако затрудняет процесс приготовления теста и формирования тестовых заготовок потребителем в домашних условиях. Наиболее оптимальными по реологическим свойствам является тесто с содержанием сахара от 20,0 % до 25,0 % и жира от 27,3 % до 22,8 % соответственно.

Таблица 2. Показатели качества теста и печенья с различным соотношением сахара и жира  
Table 2. Quality indicators of dough and biscuits with different ratios of sugar and fat

Наименование показателя	Содержание сахара и жира в рецептуре				
	Сахар – 15,0 % Жир – 34,0 %	Сахар – 20,0 % Жир – 27,3 %	Сахар – 25,0 % Жир – 22,8 %	Сахар – 30,0 % Жир – 18,1 %	Сахар – 35,0 % Жир – 15,5 %
Характеристика теста	Тесто пластичное, маслянистое, хорошо формуется, поверхность гладкая, консистенция однородная	Тесто пластичное, хорошо формуется, поверхность гладкая, консистенция однородная	Тесто пластичное, хорошо раскатывается формуется, поверхность гладкая, консистенция однородная	Тесто крошкообразное, но формуется и раскатывается	Тесто крошкообразное, затруднительно соединяется в единую массу
Органолептические показатели печенья	Пропеченное печенье, с равномерной пористой структурой, слегка шероховатая поверхность, маслянистый вкус	Пропеченное печенье, с равномерной пористой структурой, слегка шероховатая поверхность	Пропеченное печенье, с равномерной пористой структурой, слегка шероховатая поверхность	Пропеченное печенье, с равномерной пористой структурой, слегка шероховатая поверхность, твердое, сладкий вкус	Пропеченное печенье, с равномерной пористой структурой, слегка шероховатая поверхность, твердое, чрезмерно сладкое
Предел прочности печенья, МПа	0,36	0,58	1,21	1,46	1,50

Анализ органолептических показателей печенья показал, что при дозировке сахара свыше 30,0 % печенье имеет чрезмерную сладость, а также наблюдается увеличение твердости печенья, что подтверждается значениями предела прочности (1,46–1,50 МПа).

Тесто с содержанием жира 34,0 % имело чрезмерную пластичность, из тестовых заготовок выделялся жир, готовые изделия имели повышенную хрупкость и маслянистый вкус.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены оптимальные дозировки сахара в пределах от 20,0 % до 25,0 % и дозировки жира — от 27,3 % до 22,8 %, которые позволяют обеспечить легкий процесс формирования тестовых заготовок в домашних условиях, а также требуемые вкусовые свойства готовых изделий (сладость, твердость, хрупкость).

На следующем этапе работы проведены исследования по влиянию различной дозировки тыквенного жмыха и тыквенной муки, кунжутной и конопляной муки, льняного жмыха, шрота расторопши пятнистой на структурно-механические свойства теста. Пшеничную муку в рецептуре заменяли на продукты переработки масличного сырья в количестве 5,0 %, 10,0 %, 15,0 % и 20,0 %, готовили тесто с влажностью 18,0 % и определяли его пластическую прочность. Результаты влияния различного содержания продуктов переработки масличного сырья на пластическую прочность теста представлены на рис. 2.

Анализ данных, представленных на рис. 2, позволил установить, что при добавлении 5,0 % льняного жмыха пластическая прочность теста на 15,3 % ниже, чем в контрольном образце. При увеличении дозировки льняного жмыха от 10,0 % до 20,0 % пластическая прочность увеличивается по сравнению с контрольным образцом на 20,4 % — 37,0 % соответственно. Влияние льняного жмыха на показания пластической прочности теста обусловлено его высокой водопоглотительной (11,6 мл/г) и влагоудерживающей способностью (6,0 г/г) ввиду высокого содержания клетчатки (10,7 %), а также наличия гидрофильных полисахаридов (слизей).

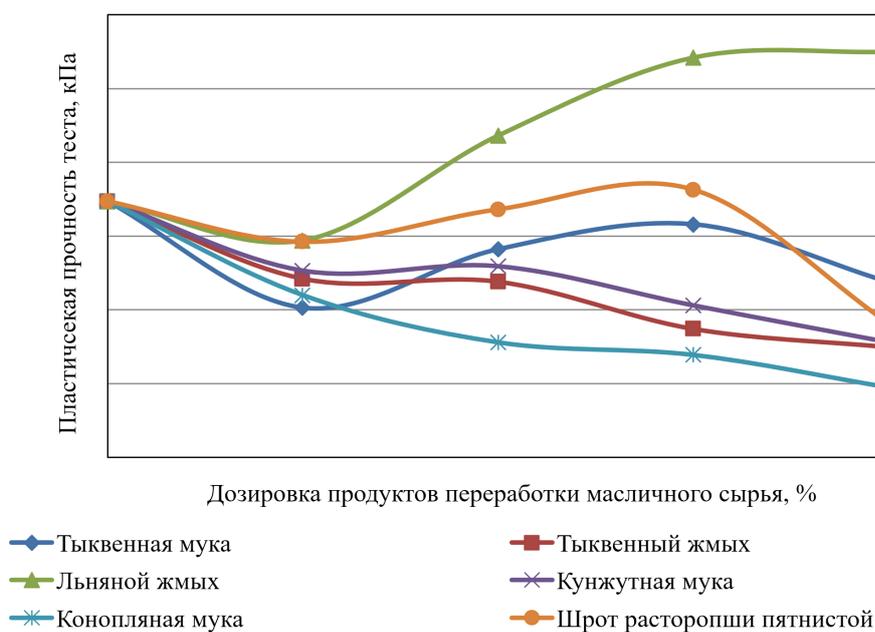


Рис. 2. Влияние дозировки продуктов переработки масличного сырья на пластическую прочность теста  
 Fig. 2. Influence of the dosage of products of processing of oilseed raw materials on the plastic strength of the dough

При добавлении тыквенной муки и тыквенного жмыха в количестве 5,0 % пластическая прочность по сравнению с контрольным образцом снижается на 30,3 % и 41,5 % соответственно. При дальнейшем увеличении содержания тыквенной муки пластическая прочность повышается и составляет 23,8 – 31,6 кПа. При добавлении тыквенного жмыха пластическая прочность снижается и составляет от 14,9 кПа до 23,8 кПа. Данное различие в показаниях пластической прочности продуктов переработки семян тыквы обусловлено различными физическими свойствами растительного сырья, а именно: влагоудерживающая способность тыквенного жмыха составляет 1,7 г/г, что в 1,6 раза ниже, чем аналогичный показатель тыквенной муки. Это объясняется различием в химическом составе: тыквенная мука содержит на 50,0 % больше пищевых волокон, но на 67,4 % меньше жира, чем тыквенный жмых.

Шрот рапсостеи пятнистой и конопляная мука имеют схожий гранулометрический состав. Однако показания пластической прочности теста с добавлением конопляной муки от 5,0 % до 20,0 % ниже, чем при добавлении шрота рапсостеи пятнистой: с увеличением дозировки конопляной муки пластическая прочность снижается от 22,0 кПа до 9,5 кПа. Это может быть обусловлено более низким значением водопоглотительной способности конопляной муки (3,4 мл/г) по сравнению со значением водопоглотительной способности шрота рапсостеи пятнистой (5,4 мл/г). Необходимо отметить, что пластическая прочность теста с добавлением конопляной муки имеет самые низкие значения по сравнению с другими образцами масличного сырья, и ввиду низкой водопоглотительной способности более крупного размера частиц, что затрудняет процесс поглощения воды в тесте данным растительным компонентом. Как известно из научных источников, чем крупнее частицы, тем меньше их удельная поверхность, следовательно, они меньше связывают воды за данный отрезок времени. Соответственно остается больше свободной воды в тесте, которая связывается белками и крахмалом пшеничной муки, и обеспечивается снижение значений пластической прочности теста. Шрот рапсостеи пятнистой имеет также крупный размер частиц, однако в сравнении с конопляной мукой отличается более высоким содержанием пищевых волокон (до 31,3 г на 100 г) и более высоким значением водопоглотительной способности.

Максимальное снижение пластической прочности теста достигается при внесении 10,0 % кунжутной муки (27,9 кПа) — данное значение на 20 % ниже, чем в контрольном образце. Данное явление можно объяснить минимальным содержанием пищевых волокон в составе кунжутной муки (2,9 г на 100 г продукта).

**Заключение.** Анализ данных химического состава масличного сырья показал, что семена, масло и продукты переработки масличных семян содержат в своем составе от 18,0 г до 49,9 г белка, от 7,5 г до 36,8 г жира, от 2,9 г до 31,3 г пищевых волокон. По жирнокислотному составу следует отметить высокое содержание линоленовой ( $\omega$ -3) ПНЖК в льняном жмыхе (до 54,9 %) и конопляной муке (14,6 %); линолевой ( $\omega$ -6) ПНЖК в льняном жмыхе (до 65,0 %). Данная группа продуктов является перспективной для обогащения и расширения ассортимента полуфабрикатов мучных изделий.

На основании результатов анализа рецептур и пробных лабораторных выпечек печенья установлены наиболее оптимальные содержания сахара и жира, которые составляют от 20,0 % до 25,0 % и от 27,3 % до 22,8 % соответственно.

Анализ проведенных исследований показал, что внесение продуктов переработки масличного сырья (тыквенного, льняного жмыхов, тыквенной, конопляной и кунжутной муки, шрота расторопши пятнистой) оказывают существенное влияние как на свойства теста, так и на качество печенья.

Анализ структурно-механических свойств теста показал, что при добавлении 5 % продуктов переработки масличного сырья пластическая прочность теста снижается от 15,2 % до 66,0 % по сравнению с контрольным образцом, при этом тесто сохраняет способность к формованию, готовые изделия получают с хорошей структурой и формой, с хорошими органолептическими показателями.

Наибольшее влияние на пластическую прочность теста оказывает замена пшеничной муки на 20 % льняного жмыха, а именно пластическая прочность теста с добавлением льняного жмыха увеличивается на 37 % по сравнению с контрольным образцом.

Несмотря на схожий гранулометрический состав, наблюдается различие по влиянию на пластическую прочность теста конопляной муки и шрота расторопши пятнистой. Следует отметить, что конопляная мука оказывает меньшее воздействие на пластическую прочность теста, чем шрот расторопши пятнистой и другие исследуемые продукты переработки масличного сырья, а при увеличении дозировки конопляной муки пластическая прочность снижается от 22,0 кПа до 9,5 кПа.

Тесто с кунжутной мукой имеет невысокие показания пластической прочности по сравнению с тыквенным и льняным жмыхом, тыквенной мукой, максимальное значение пластической прочности наблюдается при внесении 10 % кунжутной муки (27,9 кПа), но данное значение на 20 % ниже, чем в контрольном образце.

На основании результатов исследований структурно-механических свойств теста установлены оптимальные дозировки продуктов переработки масличного сырья: шрот расторопши пятнистой и конопляная мука — 5-10 %, льняной и тыквенный жмыхи, тыквенная и кунжутная мука — 10-15 %.

Полученные данные будут использованы при проведении дальнейших научных исследований при разработке рецептур полуфабрикатов мучных изделий с добавлением продуктов переработки масличного сырья.

#### Список использованных источников

1. Концентраты пищевые. Полуфабрикаты мучных изделий. Общие технические условия. СТБ 954-54. — Введ. 01. 07. 1994 г. — Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2009. — 10 с.
2. *Спиричев, В. Б.* Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский; под общ. ред. В. Б. Спиричева. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во — 2004. — С. 322–324.
3. *Василенко, З. В.* Характеристика показателей качества жмыха льняного как нового ингредиента в производстве продуктов питания / З. В. Василенко, Т. Н. Болашенко, Е. Н. Кучерова // Вестник МГУП. — № 1. — 2017. — С. 23–27.
4. *Пахомова, О. Н.* Перспективность использования жмыхов и шротов масличных культур для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания / О.Н. Пахомова // Альманах «Научные записки Орел ГИЭТ». — 2011. — № 1(4). — С. 39–45.
5. *Шаршунов, В. А.* Технология и оборудование для производства мучных кондитерских изделий: пособие / В. А. Шаршунов, В. А. Васькина, И. А. Машкова [и др.]— Минск: Мисанта, 2015. — 991 с.

6. *Мамченко, Т. В.* Технология производства мучных кондитерских изделий: учебное пособие / Сост. Т. В. Мамченко. — Брянск: Мичуринский филиал ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», 2015. — 98 с.
7. *Калинкина, Н. О.* Обогащение сдобного печенья белком и пищевыми волокнами / Н. О. Калинкина, Е. Ю. Егорова // Ползуновский вестник. — 2019. — №1. — С. 17–22.
8. *Ушакова, Ю. В.* Влияние состава композитных смесей с пониженным содержанием глютена на реологические свойства теста / Ю. В. Ушакова, Е. М. Паськова, Г. Е. Рысмухамбетова, Т. Б. Кулеватова // Новые технологии. — 2020. — Т. 15. — №4. — С. 74–83.
9. *Садыгова, М. К.* Технологические решения при производстве песочного печенья с обогащающими добавками / М. К. Садыгова [и др.] // Вестник РГАТУ. — №3 (39). — 2018. — С. 113–118.
10. *Антонова, В. А.* Расторопша пятнистая как ценная нетрадиционная добавка для мучных кондитерских изделий / В. А. Антонова, И. И. Багаутдинов // Материалы XI Национальной научно-практической конференции молодых ученых «Наука молодых — инновационному развитию АПК», Уфа, 04 декабря. — 2018. — С. 99–104.
11. *Гайсина, В. А.* Пищевая ценность сдобного печенья с подсолнечной мукой /
12. *В. А. Гайсина, Л. А. Козубаева, С. С. Кузьмина* // Ползуновский Вестник. — №2. — 2017. — С. 19–22.
13. *Степанова, Д. П.* Оценка сырьевого потенциала льна масличного / Н. В. Степанова, Д. П. Чирик // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — №1. — 2021. — С. 126–129.
14. *Шабурова, Г. В.* Влияние экструзионной обработки на химический состав и функционально-технологические свойства семян тыквы / Г. В. Шабурова, И. Н. Шешницан, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — №4. — 2016. — С. 55–59.
15. *Миневич, И. Э.* Научное обоснование и разработка научно-практических основ технологий глубокой переработки семян льна с получением ингредиентов для создания продуктов здорового питания: дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / И. Э. Миневич. — Тверь, 2022. — 382 с.
16. *Поморова, Ю. Ю.* Характеристика и методы выделения белковой фракции семян основных масличных культур (обзор) / Ю. Ю. Поморова, В. В. Пятовский, Д. В. Бескорвайный, Ю. С. Болховитина // Масличные культуры. — №4 (180). — 2019. — С. 161–169.
17. *Киреева, М. С.* Функционально-технологические свойства семян льна и разработка технологии мучных кондитерских изделий специализированного назначения на их основе: автореферат дис.... канд. техн. наук : 05.18.07 / М. С. Киреева. — Санкт-Петербург, 2014. — 16 с.
18. *Московенко, Н. В.* Исследование химического состава различных сортов льна масличного и продуктов его переработки / Н. В. Московенко, Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. // АПК России. — №2. — Том 27. — 2020. — С. 372–378.
19. *Васильева, А. Г.* Химический состав и потенциальная биологическая ценность семян тыквы различных сортов / А. Г. Васильева, И. А. Круглова // Известия вузов. Пищевая технология. — №5 — 6. — 2007. — С. 30–33.
20. *Шемуранова, Н. А.* Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных (обзор) / Н. А. Шемуранова, Н. А. Гарифуллина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — №21 (5). — 2020. — С. 483 — 502.
21. *Шадыро, О. И.* Химический состав и окислительная стабильность масел из семян льна, расторопши пятнистой и их композиций / О. И. Шадыро, А. А. Сосновская, И. П. Едичева // Пищевая промышленность: наука и технологии. — №2 (36). — 2017. — С. 60 — 68.
22. *Меренкова, С. П.* Обоснование технологии растительного молока на основе семян конопли технической и оценка его пищевой и биологической ценности / С.П. Меренкова, И. Ю. Потороко, Д. В. Ильков, А. А. Матвеев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — №3. — Т. 7 — 2019. — С. 41–51.
23. *Зубченко, А. В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А. В. Зубченко // Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — Воронеж. гос. технол. акад. — Воронеж, 2001. — 389 с.
24. *Тутельян, В. А.* Химический состав и калорийность российских продуктов питания: Справочник / В. А. Тутельян. — М.: ДеЛи плюс, 2012. — 284 с.
25. *Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации : ГОСТ 30623 — 2018. — Введ. 13.05.2019 г. — Минск : Госстандарт, 2019. — 16 с.*

26. Пищевая продукция в части ее маркировки: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011. — Введ. 01. 07. 2013 г. — Минск: БелГИСС, 2012. — с. 24–29.
27. Технологические инструкции по производству мучных кондитерских изделий. — Введ. 1992. — Комитет по хлебопродуктам Российской Федерации, 1992. — 240 с.
28. Рецептуры на печенье / Госагропром СССР. — М.: МТ РСФСР, 1986. — 248 с.

#### Информация об авторах

*Гершончик Ксения Николаевна* — кандидат технических наук, заведующий сектором кондитерской отрасли отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: candy@belproduct.com

*Гарлинская Марина Игоревна* — младший научный сотрудник сектора кондитерской отрасли отдела технологий кондитерской и масложировой продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: candy@belproduct.com

#### Information about autho

*Gershonchik Ksenia Nikolaevna* — PhD (Engineering), head of the sector of the confectionery branch department of technologies of confectionery and fat-and-oil products of RUE "Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: candy@belproduct.com

*Garlinskaya Marina Igorevna* — Junior Researcher of the confectionery branch sector of the Confectionery and fat-and-oil Products Technology Department of RUE "Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus" (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: candy@belproduct.com

УДК 642.58: 641.05

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-32-39](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-32-39)**Н.В. Сычевская**

*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, nv.chugai@mail.ru*

## **СОСТОЯНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С ФЕНИЛКЕТОНУРИЕЙ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Аннотация.** Генетически обусловленная патология фенилкетонурия характеризуется нарушением гидроксилирования фенилаланина, накоплением аминокислоты и ее метаболитов в физиологических жидкостях и тканях с последующим тяжелым поражением центральной нервной системы. Клиническая картина заболевания развивается лишь при поступлении фенилаланина в организм ребенка, поэтому для лечения назначается специальная диета. Целью исследования является качественное и количественное исследование проблем и особенностей организации питания детского населения с фенилкетонурией в некоторых учреждениях образования Республики Беларусь. В качестве объекта исследования рассмотрены рационы питания детей с фенилкетонурией, а для оценки разнообразия рационов был использован коэффициент разнообразия по обеденным блюдам. На основании анализа дневных рационов питания, предоставляемых в Брестской области (г. Брест), Витебской области (г. Витебск), Гомельской области, Гродненской области (Слонимский район, Ошмянский район), Могилевской области (г. Могилев) были сформулированы основные проблемы организации питания, определено содержание макро- и микронутриентов в дневных рационах питания детей с фенилкетонурией, предоставляемых в учреждениях образования Брестской, Витебской, Гомельской, Гродненской и Могилевской областей. Также были выявлены слабые стороны и недостатки предлагаемого питания, а также определены способы его совершенствования.

**Ключевые слова:** фенилкетонурия, фенилаланин, рационы питания, учреждения образования, пищевая ценность.

**N. V. Sycheuskaya**

*Institution of Higher Education «Yanka Kupala State University of Grodno», Grodno,  
Republic of Belarus*

## **STATE AND FEATURES OF NUTRITION ORGANIZATION FOR CHILDREN WITH PHENYLKETONURIA IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

**Abstract.** Phenylketonuria is a genetically determined pathology characterized by impaired hydroxylation of phenylalanine, accumulation of amino acids and its metabolites in physiological fluids and tissues, followed by severe damage to the central nervous system. The clinical picture of the disease develops only when phenylalanine enters the child's body, so a special diet is prescribed for treatment. The aim of the research is qualitative and quantitative study of the problems and peculiarities of the organization of nutrition of children with phenylketonuria in educational institutions of the Republic of Belarus. The diets of children with phenylketonuria were considered as the object of the study, and the coefficient of diversity for lunch dishes was used to assess the diversity of diets. Based on the analysis of daily food rations provided in the Brest region (Brest), Vitebsk region (Vitebsk), Gomel region, Grodno region (Slonim district, Oshman district), Mogilev region (Mogilev), the main problems of nutrition organization were formulated, the content of macro- and micronutrients in daily diets of children with phenylketonuria provided in educational institutions of Brest, Vitebsk, Gomel, Grodno and Mogilev regions were determined. Weaknesses and shortcomings of the proposed nutrition were also identified, as well as ways to improve it.

**Key words:** phenylketonuria, phenylalanine, nutrition, educational institutions, nutritional value.

**Введение.** Фенилкетонурия — наследственная аминокислотопатия, связанная с нарушением метаболизма фенилаланина, в результате мутационной блокады ферментов, приводящая к стойкой хронической интоксикации и поражению центральной нервной системы с выраженным снижением интеллекта и неврологическим дефицитом [1, 2]. В странах постсоветского пространства, по данным неонатального скрининга наибольшая частота заболевания (1:5578) отмечена в Республике Беларусь [3] и Украине (1:5750) [4]. В Беларуси выявлена более высокая частота заболевания в Брестской (1:3954) и Гродненской (1:3901) областях, более низкая в Могилевской (1:8772) и Минской (1:7596) областях [3].

Согласно классическим представлениям, у детей с фенилкетонурией светлая кожа, голубые глаза, рыжие волосы. Не смотря на это, часто фенилкетонурия диагностируется и у темно-волосых детей с карими глазами, однако кожа и цвет глаз этих детей всегда светлее их родителей и здоровых братьев и сестер. Помимо задержки психического развития у детей с фенилкетонурией наблюдаются неврологические нарушения: повышенный мышечный тонус, высокие рефлексы, появление патологических рефлексов, клонусы, мелкий тремор, постоянные произвольные движения пальцев, вращательные движения рук или раскачивание тела из стороны в сторону и микроцефалия (68–94 % случаев). Дети с фенилкетонурией, как правило, рождаются в срок с нормальной массой и клинических отклонений у новорожденных не наблюдается [5]. Клиническая картина заболевания развивается лишь при поступлении фенилаланина в организм ребенка с пищей, поэтому для лечения ФКУ назначается специальная диета [6].

Лечебное питание — это эффективный метод лечения классической фенилкетонурии, позволяющий предупредить тяжелое поражение центральной нервной системы и социально адаптировать пациентов с этим заболеванием [7–8]. Для больных фенилкетонурией, независимо от возраста, сохраняется запрет на продукты наиболее богатые фенилаланином, такие как мясо, рыба и изделия из них, творог, твердые сыры, бобовые, куриные яйца и орехи. В рацион пациентов старшего возраста с учетом толерантности к фенилаланину в ограниченном количестве могут входить молоко, сметана не менее 25%, йогурт (белок не более 2,8 г/100 мл), молоко сгущенное с сахаром, рис отварной, кукурузная крупа [9–11].

Если не проводить диетотерапию, то развитие детей с фенилкетонурией будет несколько замедлено, но в первые месяцы жизни оно рассматривается как норма, и лишь к 6–8 месяцам задержка психомоторного развития становится очевидной. В дальнейшем в наибольшей степени страдает развитие речи, а также помимо задержки психомоторного развития выявляются симптомы повышенной возбудимости и рвоты. Примерно у 1/3 детей, не соблюдающих безбелковую диету, развивается экзема, сохраняющаяся до 3–4 лет, а также типичен своеобразный «мышинный» запах от пеленок, связанный с наличием в моче фенилуксусной кислоты, имеющей неприятный запах [6].

Объект исследования — рационы питания детей с фенилкетонурией, предоставляемых в Брестской области (г. Брест), Витебской области (г. Витебск), Гомельской области, Гродненской области (Слонимский район, Ошмянский район), Могилевской области (г. Могилев). Целью исследования является качественное и количественное исследование проблем и особенностей организации питания детского населения с фенилкетонурией в некоторых учреждениях образования Республики Беларусь.

Основное требование к питанию детей с фенилкетонурией — это отсутствие фенилаланина (незаменимой аминокислоты) в пищевых продуктах. Этого можно добиться обеспечив соблюдение низкобелковой или безбелковой диеты, что, несомненно, является действенным инструментом [10].

Безбелковое питание предполагает более низкое потребление продуктов, являющихся источником насыщенных и полиненасыщенных жиров, холестерина, железа, цинка, селена, кальция, витаминов А, С, D, Е и В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, В<sub>12</sub>. Также данное питание характеризуется более высоким количеством потребляемых углеводов, чем у здоровых детей. Таким образом, пациенты с фенилкетонурией нуждаются в долгосрочном диетическом консультировании и ежедневном добавлении питательных микроэлементов [13].

Следует отметить некоторые преимущества данного безбелкового питания. Питание при фенилкетонурии способствует профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, в частности, насыщенные жиры могут составлять лишь менее 7%, а полиненасыщенные — более 5% от общей энергии при поступлении менее 50 мг холестерина в день [13]. У детей с фенилкетонурией наблюдается более низкий уровень холестерина в плазме по сравнению со здоровыми детьми [14].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Согласно данным научно-методического учреждения «Национальный институт образования» Министерства образования Республики Бела-

рус, среди обучающихся учреждений дошкольного и общего среднего образования Республики Беларусь зарегистрирован 191 ребенок с фенилкетонурией в возрасте от 1 года до 18 лет [15]. Сведения об обучающихся, нуждающихся в диетпитании представлены в табл. 1

Таблица 1. Сведения об обучающихся с фенилкетонурией, нуждающихся в диетпитании по состоянию на 1 марта 2022 г. [15]

Table 1. Information about students with phenylketonuria who need a diet as of March 1, 2022 [15]

Регион	Возраст, лет					
	1-3	3-6	6-10	11-13	14-17	18
Брестская область	1	6	10	6	3	0
Витебская область	3	6	14	2	5	0
Гомельская область	0	7	14	7	4	0
Гродненская область	2	5	11	10	7	0
Минская область	0	9	10	5	7	0
Могилевская область	0	5	5	3	0	0
г. Минск	3	13	8	0	0	0
<b>ИТОГО:</b>	<b>9</b>	<b>51</b>	<b>72</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>0</b>

Для детей с фенилкетонурией в учреждениях образования организуется диетическое (лечебное и профилактическое) питание, предоставляемое с учетом возраста детей и длительности их пребывания. К безбелковым рационам предъявляются те же требования что и для стандартного рациона — оптимальное соотношение пищевых веществ: белков, жиров и углеводов как 1:1:4 или в процентном отношении от калорийности суточного рациона как 10–15%, 30–32% и 55–60% соответственно. Суточные потребности в белках, жирах и углеводах, а также энергии установлены Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №180 от 20.11.2012 «Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» [16].

Распределение общей калорийности суточного рациона по приемам пищи в учреждениях образования с 2–3-разового питания завтрак должен составлять 20–25%, обед — 30–35%, полдник — 10% от калорийности суточного рациона. При 4-разовом питании (12-часовой режим пребывания) на завтрак приходится 20–25% от общей калорийности суточного рациона, обед — 30–35 %, полдник — 10–15 %, ужин — 20–25 %, домашний ужин — 15 %. При организации питания детей с фенилкетонурией нормы питания не установлены, ввиду большого количества ограничений, которые необходимо соблюдать. В учреждениях дошкольного образования при 3-разовом питании (9–10,5-часовой режим пребывания) полдник должен составлять 20–25 % от суточной физиологической потребности ребенка в энергии. В учреждениях общего среднего, специального образования детям, которые не находятся в группе продленного дня, должен предоставляться второй горячий завтрак или обед. При этом калорийность второго горячего завтрака должна составлять не менее 20–25% от суточной физиологической потребности ребенка в энергии.

Организация питания детей с фенилкетонурией в учреждениях образования осуществляется в соответствии с Инструкцией об организации питания детей с фенилкетонурией, утвержденной приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14.07.2017 №793 «О некоторых вопросах организации питания детей с фенилкетонурией» [9], в которой также определены перечень продуктов для питания и двухнедельный примерный рацион (меню) для детей в возрасте 3–6 лет, на основании которого составляются дневные рационы.

Для оценки разнообразия рационов был использован коэффициент разнообразия по обеденным блюдам в связи с тем, что некоторые из рассматриваемых рационов представлены трех- и двухразовым питанием. Коэффициент разнообразия определяется как отношение количества наименований обеденных блюд и напитков и произведения количества дней, на которые разработан рацион и количества блюд и напитков в одном приеме пищи. Рацион питания, утвержденный приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от №793 от 14.07.2017 [9], представляет собой рацион на 10 дней и имеет схему классического четырехразового питания: завтрак, обед, полдник и ужин. Коэффициент разнообразия блюд данного рациона составляет 52%. Основной недостаток данного двухнедельного рациона в том, что рацион разработан лишь для детей 3–6 лет. Для того, чтобы

использовать данный рацион для детей других возрастных групп, требуется провести пересчет по увеличенному выходу блюд, чтобы повысить пищевую и энергетическую ценность блюд, однако это может привести к повышению содержания фенилаланина, который ограничен суточной нормой.

При анализе питания детей с фенилкетонурией также использовались дневные рационы, предоставляемые в Брестской области (г. Брест), Витебской области (г. Витебск), Гомельской области, Гродненской области (Слонимский район, Ошмянский район), Могилевской области (г. Могилев). Коэффициенты разнообразия блюд данных рационов представлены на рис. 1.

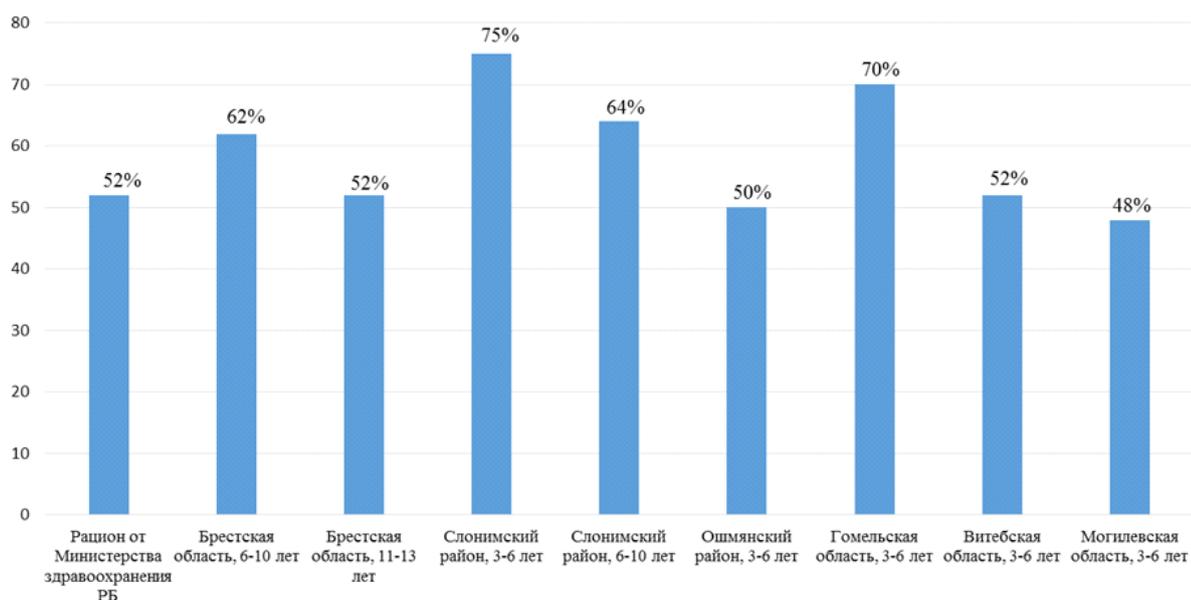


Рис. 1. Коэффициенты разнообразия блюд  
Fig. 1. Coefficients of variety of dishes

В ходе изучения питания детей с фенилкетонурией, предоставляемого в Брестской области (г. Брест), были проанализированы дневные рационы двух возрастных групп — 6–10 лет и 11–13 лет. Предоставляемое питание включает один прием пищи — второй горячий завтрак (обед), калорийность которого должна составлять не менее 20–25% от суточной физиологической потребности ребенка в энергии.

Питание детей с фенилкетонурией в Гродненской области было представлено дневными рационами Слонимского (для детей 3–6 лет и 6–10 лет) и Ошмянского района. Предоставляемое питание в Слонимском районе включает три приема пищи — завтрак, обед и полдник, при этом калорийность данного рациона должна составлять не менее 70% от суточной физиологической потребности ребенка в энергии.

Семидневный дневной рацион для учреждений образования Ошмянского района Гродненской области был разработан Ошмянской центральной районной больницей для детей 3–6 лет. В Гомельской и Витебской областях питание детей с фенилкетонурией представлено только для возрастной группы 3–6 лет, при этом в Витебске питание осуществляется в соответствии с двухнедельным примерным рационом, утвержденным приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14.07.2017 №793 [9]. Предоставляемое питание в Ошмянском районе, Гомельской и Витебской областях включает четыре приема пищи — завтрак, обед, полдник и ужин, при этом калорийность данного рациона должна составлять не менее 85% от суточной физиологической потребности ребенка в энергии.

В ходе изучения питания детей с фенилкетонурией, предоставляемого в Могилевской области (г. Могилев), был проанализирован дневной рацион для возрастной группы 3–6 лет. Предоставляемое питание включает три приема пищи — завтрак, обед и полдник, при этом калорийность данного рациона должна составлять не менее 70% от суточной физиологической потребности ребенка в энергии. Содержание макро- и микронутриентов в питании детей с фенилкетонурией, предоставляемого в различных областях и районах представлено в табл. 2.

Приняв средний вес ребенка в возрасте 3-6 лет — 17,2 кг, в возрасте 7-11 лет — 27 кг, в возрасте 11-14 лет — 42 кг, в возрасте 14-18 лет — 55 кг и норму фенилаланина (по нижним границам для возможности распространения результатов на большее количество детей) 15 мг/кг, 10 мг/кг, 10 мг/кг, 10 мг/кг, соответственно, получаем, что содержание фенилаланина должно составлять не более 258, 270, 420 и 550 мг соответственно. Также следует учесть, что с возрастом потребность в белке возрастает, при этом количество допустимого содержания фенилаланина на 1 кг веса ребенка снижается и к 13 годам уменьшается с 35 до 5-15 мг на 1 кг веса в сутки [17-20], в зависимости от толерантности организма к фенилаланину. Также при анализе следует учитывать, что помимо питания учреждениях образования дети, также питаются дома (завтрак или ужин).

Таблица 2. Содержание макро- и микронутриентов в питании детей, больных фенилкетонурией  
Table 2. Content of macro- and micronutrients in nutrition of children with phenylketonuria

Наименование нутриента	Рацион МЗ РБ	Брестская область, 6-10 лет	Брестская область, 11-13 лет	Слонимский район, 3-6 лет	Слонимский район, 6-10 лет	Ошмянский район, 3-6 лет	Гомельская область, 3-6 лет	Могилевская область, 3-6 лет	Витебская область, 3-6 лет
Белки, г	8,755	2,505	2,88	5,91	5,69	5,25	8,905	7,87	8,755
Жиры, г	42,96	9,74	11,825	26,565	24,105	19,22	42,975	22,27	42,96
Углеводы, г	239,37	88,7	100,72	184,31	158,425	138,27	262,025	157,645	239,37
Калорийность, ккал	1354	447,685	501,675	1107,8	946,805	739,74	1445,7	881,815	1354
<b>Фенилаланин, мг</b>	<b>289,34</b>	<b>62,335</b>	<b>62,065</b>	<b>271,015</b>	<b>228,535</b>	<b>178,13</b>	<b>274,13</b>	<b>392,04</b>	<b>289,345</b>
К, мг	2030,2	617,62	669,9	1267,7	1093,05	856,14	2040,5	1315,5	2030,25
Са, мг	221,22	65,58	79,5	126,24	91,29	215,46	209,105	168,565	221,225
Mg, мг	148,13	57,965	79,56	140,43	117,145	84,11	184,585	115,675	148,135
Р, мг	281,00	96,19	125,275	249,59	222,405	157,5	346,25	240,985	281,005
Fe, мг	9,345	4,705	5,465	4,85	4,025	16,83	9,69	6,905	9,345
Витамин А, мг	2,865	0,09	0,215	0,03	0,015	2,92	2,15	3,345	2,865
β-каротин, мг	4,665	0,98	2,585	1,835	1,675	1,48	3,995	1,98	4,665
Витамин В <sub>1</sub> , мг	0,31	0,08	0,09	0,225	0,19	0,55	0,31	0,23	0,31
Витамин В <sub>2</sub> , мг	0,32	0,095	0,115	0,19	0,16	0,19	0,3	0,255	0,32
Витамин РР, мг	3,755	1,075	1,1	2,165	2,48	1,98	4,1	3,35	3,755
Витамин С, мг	96,235	31,065	28,215	60,525	43,505	26,21	75,675	100,73	96,235
Витамин Д, мкг	0,035	0,055	0,055	0,035	0,005	2,1	0,095	0,125	0,035
Витамин Е, мг	5,545	1,335	1,24	3,065	3,38	1,95	6,035	3,985	5,545
Витамин К, мкг	3,24	7,9	1,715	0,6	0,23	1,35	1,18	0,28	3,24

На основании полученных данных выявлено, что содержание фенилаланина в питании не превышает приблизительной суточной нормы во всех рационах, кроме Могилевской области, в рационах которой содержание фенилаланина превышает суточную норму на 48% в течении первой недели и 55% — в течении второй. Также для всех рационов характерен значительный недостаток Са, Р, витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, жирорастворимых витаминов, особенно витаминов Д и К, а для некоторых рационов и витамина А (Брестская область и Слонимский район). Содержание калия превышено во всех исследованных рационах: почти в 2 раза в рационах Слонимского района (для детей 6-10 лет) и Ошмянского района; в 3 раза в рационах Слонимского района (для детей 3-6 лет) и Могилевской области; в 4 раза в рационах Гомельской и Витебской областях.

В питании детей с фенилкетонурией 6-10 лет и 11-13 лет в Брестской области содержание углеводов и энергетическая ценность рационов соответствуют нормам, при этом наблюдается недостаток жиров. Несмотря на то, что в данных рационах представлен только один прием пищи, можно предположить возможный недостаток в питании Са, Р, витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и жирорастворимых витаминов Д и К.

В питании детей с фенилкетонурией 3-6 лет Слонимского района содержание углеводов и энергетическая ценность рационов соответствует нормам, при этом наблюдается недостаток жиров — 30%. В питании детей с фенилкетонурией 6-10 лет этого же района содержание углеводов в рационе соответствует нормам с учетом допустимых отклонений, при этом наблюдается значительный недостаток жиров и энергетической ценности — 53%

и 33% соответственно. Полученные результаты анализа дневных рационов Слонимского района могут быть обусловлены принципами составления дневных рационов на основе лишь предельно допустимого значения содержания белка. Однако следует отметить, что данный подход не является оптимальным, так как белки продуктов содержат в своем составе различное количество фенилаланина и соответственно, может быть включено большее количество продуктов для повышения энергетической ценности и содержания жиров в рационе.

В питании детей с фенилкетонурией 3-6 лет Ошмянского района содержание углеводов в рационе практически соответствует нормам, при этом наблюдается значительный недостаток жиров и энергетической ценности — 55% и 42% соответственно.

В питании детей с фенилкетонурией 3-6 лет в Могилевской области содержание углеводов в рационе соответствует нормам с учетом допустимых отклонений, при этом наблюдается недостаток жиров и энергетической ценности — 40% и 16% соответственно.

В питании детей с фенилкетонурией 3-6 лет в Гомельской и Витебской областях содержание основных макронутриентов (жиров, углеводов) и энергетическая ценность в рационе соответствует нормам с учетом допустимых отклонений.

**Заключение.** Проанализированные рационы различаются как по возрастным группам обучающихся, так и по количеству приемов пищи (в зависимости от времени пребывания в учреждении образования). Также следует отметить, что изученные рационы не имеют единого подхода к нормированию содержания фенилаланина в питании, поскольку в Республике Беларусь отсутствует национальная методика определения норм фенилаланина для различных возрастных групп. Нормирование потребности в белке и допустимого содержания фенилаланина осложнено индивидуальными особенностями каждого организма, а именно уровня толерантности организма к фенилаланину, который определяется в ходе лабораторных исследований крови.

Необходимо учитывать, что помимо питания в учреждениях образования, дети также питаются дома (завтрак и/или ужин), поэтому при составлении дневных рационов необходимо стремиться к максимальному снижению содержания фенилаланина в питании, но не в ущерб разнообразию блюд.

Таким образом, можно утверждать о необходимости разработки отдельных рационов для всех возрастных групп детского населения и использовании специальных программ и сервисов для составления более индивидуализированных дневных меню в учреждениях образования. Также немаловажными являются предложения по использованию более широкого ассортимента перечня блюд, особенно мучных кондитерских изделий, для предотвращения нарушения безбелковой/низкобелковой диеты детским населением с фенилкетонурией.

#### Список использованных источников

1. *Sumaily, Khalid M.* Phenylketonuria: A new look at an old topic, advances in laboratory diagnosis, and therapeutic strategies / Khalid M. Sumaily, Ahmed H. Mujamammi // *Int J Health Sci (Qassim)*. — 2017. — No. 11(5). — P. 63–70.
2. Bone health in phenylketonuria: a systematic review and meta-analysis [Electronic resource] / S. Demirdas [et al.] // *Orphanet J Rare Dis*. — 2015. — No. 17. — Mode of access: <https://orjrd.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13023-015-0232-y#citeas>. — Date of access: 30.06.2022.
3. Опыт массовой диагностики наследственных нарушений обмена веществ в Белорусской ССР // Профилактика наследственных болезней / Г.Л. Цукерман [и др.] под общ. ред. Н.Г. Бочкова. — М., 1987. — С. 67-87.
4. *Galagan, V.* Phenylketonuria among newborns in Kiev: diagnostics and treatment / V. Galagan, O. Timchenk, N. Olhovych [et al.] // 5 “Meeting of the Intern. Society for Neonatal Screening “Neonatal screening from the spot to diagnosis and treatment”. — Genova. — 2002. — P.61.
5. *Бушуева, Т. В.* Современный взгляд на проблему фенилкетонурии у детей: диагностика, клиника, лечение / Т.В. Бушуева // *Вопросы современной педиатрии*. — 2010. — №9 (1). — С. 157–162.
6. *Троцкая, Т. П.* Детское питание при фенилкетонурии: актуальность проблемы / Т.П. Троцкая, Н.В. Чугай // *Наука, питание и здоровье : материалы II Международного конгресса, Минск, 03–04 октября 2019 г. / РУП «Научно-Практический Центр Национальной Академии Наук Беларуси по продовольствию»*. — Минск: ИВЦ Минфина, 2019. — С. 147-150.

7. *Горячко, А. Н.* Современные подходы к лечению фенилкетонурии и лейциноза (болезни кленового сиропа) : учеб.-метод. пособие / А.Н. Горячко. — Минск : БГМУ, 2011. — 26 с.
8. *Бушуева, Т. В.* Современные принципы организации лечебного питания у детей разного возраста с фенилкетонурией / Т.В. Бушуева, Т.Э. Боровик // Вопросы современной педиатрии. — 2010. — №9 (2). — С. 124–129.
9. О некоторых вопросах организации питания детей с фенилкетонурией [Электронный ресурс] : приказ Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 14 июля 2017 г., №793 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.
10. *Баранов, А. А.* Новые специализированные лечебные продукты для питания детей, больных фенилкетонурией (пособие для врачей) / А.А. Баранов, Т.Э. Боровик, К.С. Ладодо. — М. : МЗСР РФ, 2005. — 88 с.
11. Специализированные продукты лечебного питания для детей с фенилкетонурией: метод. письмо. — Москва : ФГБУ «Научный Центр Здоровья Детей» Российской Академии Медицинских Наук, 2012. — 84 с.
12. Nutrition in phenylketonuria / A. MacDonald [et al.] // *Molecular Genetics and Metabolism*. — 2011. — No.104. — P.10-18.
13. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA): Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol / Carlo Agostoni [et al.] // *EFSA Journal*. — 2010. — No. 8(3):1461. — P. 107.
14. Apolipoprotein B gene polymorphism and plasma lipid levels in phenylketonuric children / E. Verduci [et al.] // *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. — 2004. — No. 71. — P.117-120.
15. *Сычевская, Н. В.* Особенности организации питания детского населения в соответствии с ТНПА в учреждениях образования Республики Беларусь / Н.В. Сычевская, Н.З. Башун, Л.Ч. Михальчук // Международный опыт и законодательство в обеспечении безопасности пищевой продукции : материалы междунар. науч.-практ. конф., Пятигорск, 27-28 апреля 2021 г. / Пятигорский институт (филиал) СКФУ ; под. ред.: Т.А. Шебзуховой, А.А. Варгумяна. — Пятигорск: Издательство ПИ (филиал) СКФУ, 2021. — С. 76-80.
16. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» [Электронный ресурс] : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 20 нояб. 2012 г., №180 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2013.
17. Phenylketonuria / N. Blau [et al.] // *Lancet*. — 2010. — No. 376. — P.1417–1427.
18. Лечебное питание при наследственных нарушениях обмена // Клиническая диетология детского возраста / Под ред. Т.Э. Боровик, К.С. Ладодо. — М.: «МИА», 2008. — С. 330–383.
19. Advances and challenges in phenylketonuria / C.O. Harding [et al.] // *J. Inherit. Metab. Dis*. — 2010. — No. 33. — P.645–648.
20. Implications of resolving the diagnosis of PKU for parents and children / B. Lord [et al.] // *J. Pediatr. Psychol*. — 2008. — No. 33. — P.855–866.
21. *Краснопольская, К. Д.* Наследственные болезни обмена веществ / К. Д. Краснопольская. — М.: Медицина, 2005. — 364 с.
22. Результаты клинической апробации новых отечественных продуктов для лечения больных фенилкетонурией / К.С. Ладодо [и др.] // *Педиатрия*. — 1999. — №6. — С. 51–55.
23. Об утверждении некоторых клинических протоколов [Электронный ресурс] : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 7 авг. 2009 г., №781 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2010.
24. *Рыбакова, Е. П.* Специализированные продукты для больных фенилкетонурией / Е.П. Рыбакова // Вопросы питания. — 1993. — №2. — С. 58–61.
25. *Серегин, В. В.* Продукты питания : справ. для производителей, потребителей, врачей-диетологов, товароведов / В.В. Серегин. — Минск : Беларусь, 2002. — 573 с.
26. Наследственные нарушения нервно-психического развития детей : рук. для врачей / под ред. П. А. Теминой, Л. З. Казанцевой. — М. : Медицина, 2001. — 432 с.
27. Справочник участкового педиатра / И. Н. Усов [и др.] — Минск : Беларусь, 1991. — С. 234–236.
28. Up to date knowledge on different treatment strategies for phenylketonuria / A. Вйлангер-Quintana [et al.] // *Mol Genet Metab*. — 2011. Vol. 104(Suppl). — P. 19–25.

29. Nutrient intakes and physical growth of children with phenylketonuria undergoing nutrition therapy / P.B Acosta [et al.] // *J Am Diet Assoc.* — 2003. — Vol. 103, №11 — P. 67–73.
30. Micronutrient status in phenylketonuria / M. Robert [et al.] // *Mol Genet Metab.* — 2013. — Vol. 110 (Suppl). — P. 6–17.
31. *Cockburn, F.* Recommendations for protein and amino acid intake in phenylketonuric patients / F. Cockburn, B. Clark // *Eur J Rediatr.* — 1996. — Vol. 155. — P. 125-129.

#### Информация об авторах

*Сычевская Наталия Валентиновна* — магистр биологических наук, старший преподаватель кафедры технологии, физиологии и гигиены питания, учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (ул. Ожешко, 22, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь).  
E-mail: nv.chugai@mail.ru

#### Information about authors

*Sycheuskaya Natallia Valentinovna* — Master of Biological sciences. Educational Institution “Yanka Kupala State University of Grodno” (22 Ozheshko st., Grodno 230023, Republic of Belarus).

E-mail: nv.chugai@mail.ru

УДК 664.68  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-40-46](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-40-46)

Поступила в редакцию 12.08.2022  
Received 12.08.2022

**Е. М. Моргунова, Ю. А. Шимановская**

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

## **ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

**Аннотация.** В настоящее время одной из задач в профилактике и лечении таких врожденных заболеваний, как целиакия и фенилкетонурия, является разработка низкобелковых и безбелковых продуктов питания. При этом существенная роль при создании специализированных продуктов отводится рассмотрению всех аспектов, включая исследование потребительских предпочтений. В статье представлены результаты проведенного маркетингового исследования потребительских предпочтений в отношении низкобелковой продукции. Были рассмотрены вопросы, позволяющие оценить потребность в создании нового продукта отечественного производства. С применением метода непосредственной оценки были ранжированы потребительские показатели качества и установлены коэффициенты весомости. Установлено, что большинство опрошенных считает вкус продукта (16,4%) одним из определяющих показателей при совершении покупки.

**Ключевые слова:** фенилкетонурия, целиакия, низкобелковая продукция, мучные кондитерские изделия, потребительские предпочтения, ранжирование, анкетирование.

**A. M. Marhunova, Y. A. Shymanouskaya**

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

## **CONSUMER PREFERENCES FOR SPECIALTY FOODS**

**Abstract.** Currently, one of the tasks in the prevention and treatment of congenital diseases such as celiac disease and phenylketonuria is the development of low-protein and protein-free foods. At the same time, a significant role in the creation of specialized products is assigned to the consideration of all aspects, including the study of consumer preferences. The article presents the results of a marketing study of consumer preferences in relation to low-protein products. The issues allowing to assess the need to create a new product of domestic production were considered. Using the direct evaluation method, consumer quality indicators were ranked and weighting coefficients were established. It was found that the majority of respondents consider the taste of the product (16,4%) to be one of the determining indicators when making a purchase.

**Key words:** phenylketonuria, celiac disease, low-protein products, flour confectionery, consumer preferences, ranking, questionnaire.

**Введение.** В последние годы особое внимание уделяется созданию специализированных и лечебных продуктов питания, которые играют важную роль в предотвращении возникновения различных заболеваний и укреплении здоровья [1, 2].

При некоторых заболеваниях, таких как целиакия и фенилкетонурия, необходимо соблюдать диету, исключающую употребление высокобелковых продуктов: хлеба, макаронных и мучных кондитерских изделий, которые занимают значительную часть рациона питания людей [3–6].

Немного разнообразить свое меню люди с данными заболеваниями могут специальными низкобелковыми продуктами на крахмальной основе. Однако на территории Беларуси рынок низкобелковой продукции представлен в основном импортными специализированными низкобелковыми и частично свободными от фенилаланина продуктами, которые доступны в специализированных торговых точках в ограниченном ассортименте и зачастую имеют завышенную цену [7–10]. В связи с этим возникает необходимость разнообразия ассортимента и обеспечения больных людей качественными и доступными продуктами отечественного производства [11, 12].

При этом современный принцип «новых продуктов» заключается в своевременном определении потребностей потребителя для последующей разработки продуктов, которые успешно эти потребности удовлетворят [13].

**Цель работы** — исследование потребительских предпочтений в отношении низкобелковых и безбелковых продуктов питания для людей с нарушением белкового обмена.

**Материалы и методы исследований.** Для изучения потребительских предпочтений был проведен социологический опрос посредством анкетирования по случайной выборке среди людей с диагнозом фенилкетонурия, состоящих под диспансерным наблюдением в организациях здравоохранения.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате расчетов объем выборки составил 220 человек — жители различных областей Республики Беларусь и потенциальные потребители низкобелковой пищевой продукции<sup>1</sup>. По результатам комплексной оценки анкет были получены следующие данные.

Наибольшая часть опрошенных с диагнозом фенилкетонурия была сосредоточена в г. Минске (Минской области) и составила 27% от объема выборки. Анализ данных, представленных на рис. 1, показывает, что основной возраст респондентов составил от 7 до 14 лет (42,9% от числа опрошенных), 20,4% от числа опрошенных — дети в возрасте от 3 до 7 лет, количество лиц старше 14 лет и в возрасте от 1 года до 3 лет составило 18,4% и 16,3% соответственно. В заметном меньшинстве представлена возрастная категория до 1 года — 2%. Причем количество лиц мужского пола составило 57,1%, а женского — 42,9%.

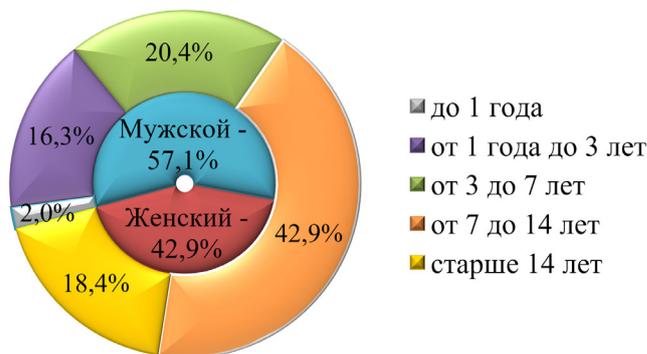


Рис. 1. Распределение респондентов по полу и возрасту  
Fig. 1. Distribution of respondents by gender and age

Организация лечебного питания страдающего фенилкетонурией ребенка в первую очередь зависит от наличия специализированного пищевого продукта, соответствующего возрастным потребностям пациента. В результате опроса было установлено, что для 59,2% участников в детском саду/школе организовано специальное питание. Для 21,3% участников лечебное питание в учреждениях образования не организовано (рис. 2).



Рис. 2. Организация специального питания в учреждениях образования  
Fig. 2. Organization of special meals in educational institutions

При анализе данных опроса установлено, что основным источником приобретения низкобелковых пищевых продуктов оказались интернет-магазины — 91,8%, покупать данную продукцию в супермаркетах и гипермаркетах предпочитает всего 4,2% опрошенных, 4% — указали другой вариант.

<sup>1</sup> Опрос потребителей до 7 лет основан на мнениях родителей/законных представителей

Также отмечено, что 49% респондентов очень часто сталкиваются с проблемой отсутствия в продаже низкобелковой пищевой продукции, часто сталкиваются либо иногда — 28,6% и 20,4% соответственно, и только 2% опрошенных никогда не сталкивались с данной проблемой (рис.3).

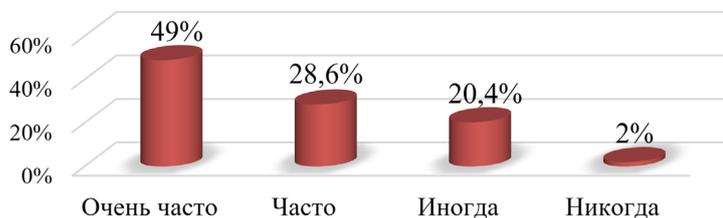


Рис. 3. Частота возникновения проблемы отсутствия продукции в продаже  
 Fig. 3. Frequency of occurrence of the problem of lack of products on sale

Следующий вопрос анкеты ставил целью определить мнение потребителей относительно цен на низкобелковую продукцию. Согласно полученным результатам исследований, большинство опрошенных считают цены на продукцию рассматриваемого назначения неоправданно высокими — 83,7%, а 16,3% респондентов — вполне приемлемыми, и никто из участников не считает цены на данную продукцию достаточно низкими (рис.4).

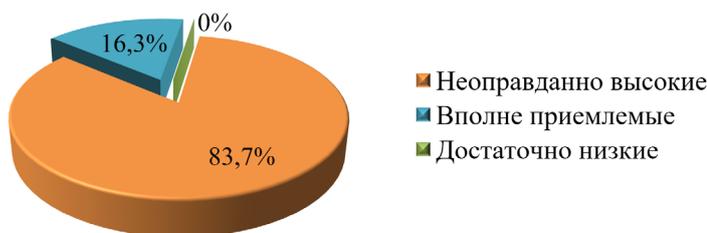


Рис. 4. Мнение респондентов о ценах на низкобелковую продукцию  
 Fig. 4. Respondents' opinion on prices for low-protein products

Необходимо отметить, что 85,7% респондентов при возможности выбора между двумя одинаковыми по цене и количеству низкобелковыми продуктами больше предпочтут продукт импортного производства. Продуктам отечественного производства отдали свое предпочтение 14,3% респондентов. К тому же на вопрос «Считаете ли Вы ассортимент низкобелковой продукции отечественного производства достаточно широким?» 16,3% опрошиваемых ответили «частично», тогда как 83,7% дали отрицательный ответ, и никто из участников не ответил положительно (рис.5).

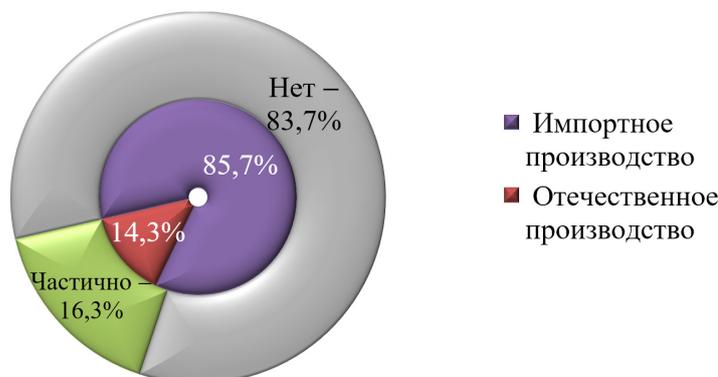


Рис. 5. Предпочтение респондентов по типу производства и их мнение об ассортименте низкобелковой продукции отечественного производства  
 Fig. 5. Respondents' preference by type of production and their opinion about the range of low-protein products of domestic production

В ходе анкетирования выяснили, какой вид низкобелковой продукции из перечисленных покупают чаще остальных: 40,8% опрошенных в большей степени предпочитают покупать макаронные изделия, далее по спросу идут хлебобулочные изделия или хлебопекарные смеси — 22,4%, мучным кондитерским изделиям или кондитерским смесям отдают предпочтение 20,4% участников. Менее высокую популярность среди респондентов обрели картофелепродукты — 14,3%. Крупы и каши имеют популярность среди незначительной доли участников — 2%. Однако на вопрос «Ассортимент каких низкобелковых продуктов, по Вашему мнению, необходимо расширить?» мнения респондентов среди предложенных вариантов распределились следующим образом: 39,4% опрошенных остановили свой выбор на мучных кондитерских изделиях, чуть меньше респондентов — 38,1% — отдали свой голос за хлебобулочные изделия, 14,3% опрошенных считают необходимым в дальнейшем расширить ассортимент круп и каш. На долю проголосовавших за расширение ассортимента макаронных изделий и картофелепродуктов пришлось всего 6,1% и 2,1% соответственно (рис.6).



Рис. 6. Предпочтения потребителей при выборе низкобелковой продукции и оценка ее ассортимента  
Fig. 6. Consumer preferences when choosing low-protein products and evaluation of its assortment

Поскольку ответы на предыдущий вопрос говорят о том, что наиболее востребованными на отечественном рынке низкобелковой продукции являются мучные кондитерские изделия, то следующий «блок» вопросов был связан именно с этой категорией пищевой продукции. Среди опрошенных 46,9% предпочитают приобретать полуфабрикаты мучных изделий, представляющие собой сухие смеси предварительно подготовленных продуктов, 44,9% приходятся на тех, кому удобнее покупать готовые изделия, а 8,2% вовсе не приобретают данный вид продукции (рис.7).



Рис. 7. Предпочтение респондентов по виду приобретаемой низкобелковой выпечки  
Fig. 7. Respondents' preference for the type of low-protein baking purchased

По результатам ответов на заключительный вопрос выяснено, какой вид низкобелковых мучных кондитерских изделий для респондентов является наиболее предпочтительным: самым популярным видом является печенье, на его долю приходится 39,3%, далее по спросу идут кексы — 32,0%. Менее высокую популярность среди респондентов обрели вафли —

13,1 % и пряники — 8,4 %. Среди незначительной доли респондентов имеют популярность крекеры и галеты — 5,7%, а 1,5% предпочитают нечто другое (рис.8).

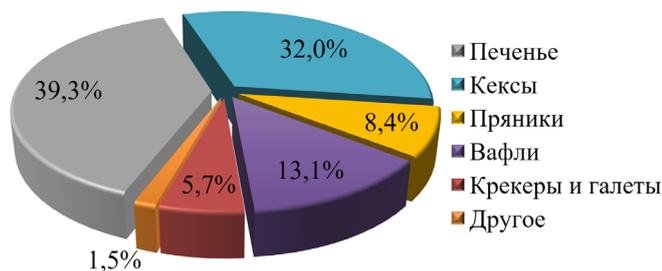


Рис. 8. Предпочтения потребителей при выборе низкобелковых мучных кондитерских изделий  
 Fig. 8. Consumer preferences when choosing low-protein flour confectionery products

Для ранжирования и расчета коэффициентов весомости потребительских показателей качества, потенциальным покупателям низкобелковой продукции в онлайн анкете было предложено оценить степень важности товароведных критериев: органолептических (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция или структура), эргономические (упаковка), экономические (цена), показатели состава (безопасность, полезность) и показатели свежести (срок годности). Потребители осуществляли расстановку рангов (баллов) в соответствии с их относительной значимостью. Наиболее предпочтительному показателю присваивался ранг 10, а наименее предпочтительному — 1. При этом в итоге десятый ранг присваивается тому показателю, который имеет наибольшее значение среднего балла, а первый — тому, у которого наименьший средний балл, т.е. наименее значимому критерию. Результаты ранжирования показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Ранжирование показателей потребительских предпочтений  
 Table 1. Ranking of consumer preference indicators

Участник	Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах	Консистенция (структура)	Упаковка	Цена	Безопасность	Полезность	Срок годности	Сумма рангов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9	8	10	7	6	4	5	2	1	3	55
2	2	6	8	3	5	1	4	10	9	7	55
3	5	3	10	9	1	2	4	6	8	7	55
...											55
220	4	3	10	9	2	1	5	7	8	6	55
Сумма рангов	1514	598	1987	1349	750	334	829	1850	1654	1234	12100
Средний балл	6,88	2,72	9,03	6,13	3,41	1,52	3,77	8,41	7,52	5,61	55
Коэффициент весомости, ед	0,125	0,049	0,164	0,111	0,062	0,028	0,069	0,153	0,137	0,102	1
Коэффициент весомости, %	12,5	4,9	16,4	11,1	6,2	2,8	6,9	15,3	13,7	10,2	100
$\Gamma_{cp}$											1210
Отклонение от среднего	304	-612	777	139	-460	-876	-381	640	444	24	
Квадрат отклонения	92173	374055	603108	19210	211416	766675	144856	409856	197491	586	2819426
Коэффициент конкордации											0,71
Ранг	7	2	10	6	3	1	4	9	8	5	

В результате обработки данных социологического опроса с применением анкеты рассчитали средний балл для каждого критерия и коэффициент весомости i-го показателя (при условии, что сумма всех коэффициентов весомости равна 1).

Таким образом, в формировании требований покупателей к качеству продукции, важную роль играют критерии, имеющие наиболее высокие значения коэффициента весомости. По результатам опроса установлено, что большинство опрошенных считает вкус (16,4%) продукта одним из определяющих показателей при совершении покупки. Многие отметили важность таких показателей состава, как безопасность (15,3%) и полезность (13,7%). Следовательно, при разработке нового продукта следует уделять внимание его вкусу, безопасности и полезным свойствам.

Далее был рассчитан коэффициент конкордации, характеризующий степень согласованности мнений участников. Величина данного коэффициента изменяется в диапазоне от 0 до 1, причем 0 указывает на полную несогласованность, 1 — полное единодушие. Если значение данного показателя более 0,6, то считается, что мнения участников согласованы, если значение менее 0,6, — мнения участников расходятся, и необходимо исключить участника, мнение которого сильно отличается от общего мнения, и опять определить значение коэффициента конкордации.

В данном случае, полученное значение коэффициента конкордации, равное 0,71, говорит о согласованности мнений участников опроса и статистической достоверности всех приведенных выше данных.

**Заключение.** По результатам анкетирования выяснили, что 49% участников очень часто сталкивается с проблемой отсутствия в продаже низкобелковой продукции, вследствие чего возникает острая необходимость в создании продуктов питания рассматриваемого назначения отечественного производства. Результат 83,7% респондентов, считающих ассортимент низкобелковых продуктов питания недостаточным, говорит нам о целесообразности разработки новых видов низкобелковой продукции, в том числе мучных кондитерских изделий. В ходе анкетирования выяснили, что печенье и кексы являются наиболее предпочтительными видами низкобелковых мучных кондитерских изделий, поэтому на разработку именно этих видов изделий необходимо акцентировать внимание в большей степени. Также стоит отметить, что создание указанных видов низкобелковых продуктов в виде сухих смесей позволит не только увеличить срок хранения товара, но и обеспечит удобство использования в домашних условиях.

С применением метода непосредственной оценки были проранжированы потребительские показатели качества (10 наименований) и установлены коэффициенты их весомости. Установлено, что большинство опрошенных считает вкус продукта (16,4%) одним из определяющих показателей при совершении покупки. Многие отметили важность таких показателей состава, как безопасность (15,3%) и полезность (13,7%). Полученное значение коэффициента конкордации, равное 0,71, говорит о согласованности мнений участников и статистической достоверности всех приведенных выше данных.

*Благодарности.* Работа выполнена в рамках реализации грантов Президента Республики Беларусь на 2022 год.

#### Список использованных источников

1. *Бабич, О. О.* Особенности биотрансформации фенилаланина в технологии продуктов питания для больных фенилкетонурией / О. О. Бабич, Л. С. Солдатова, И. С. Разумникова // *Техника и технология пищевых производств.* — 2011. — №2. — С. 103–109.
2. *Моргунова, Е. М.* Проектирование мучных кондитерских изделий специализированного назначения. / Е.М. Моргунова, Ю.А. Сорокина // *Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. В 2 ч. Ч 1 / под общ. ред. З.В. Ловкиса / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию.* — Минск : Беларуская навука, 2021. — С. 186–193.
3. *Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т. Цыганова [и др.] // Хлебопродукты.* — 2011 — №12 — С. 44–46.
4. *Разработка низкобелковых макаронных изделий для питания людей с нарушением обмена фенилаланина / З. В. Ловкис [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии.* — 2020. — Т.13, №3 (49). С. 6–11.
5. *Диетотерапия наследственных нарушений аминокислотного обмена / Е.П. Рыбакова [и др.] Т.В. Бушуева, К.С. Ладодо и др. // Вопросы детской диетологии.* — 2005. — Т. 3, №1. — С. 11–17.
6. *Копылова, Н.В.* ФКУ вчера, сегодня, завтра / Н.В. Копылова, А.Д. Байков, А.А. Ходунова. — М., 2004. — 47 с.

7. Григель, А. И. Особенности технологии производства низкобелковых продуктов питания / А. И. Григель // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2021. — Т. 14 №4 (98). — С. 98–104.
8. Ловкис, З. В. Технология и аппараты низкобелковых продуктов питания / З. В. Ловкис, А. И. Григель // Наука, питание и здоровье : сборник научных трудов. Часть 1. Минск «Беларуская навука». — 2021. — С. 153–160.
9. Петюшев, Н. Н. Компонентный состав низкобелковых продуктов питания для детей, страдающих фенилкетонурией / Н.Н. Петюшев, А.В. Садовская, Ю.С. Усень // Наука, питание и здоровье : материалы II Международного конгресса (Минск, 3-4 октября 2019 г.). — Минск : Беларуская навука, 2019. — С. 179–184.
11. Зайченко, Д. А. Разработка круп и каш низкобелковых для питания людей с дефицитом фенилаланингидроксилазы / Д.А. Зайченко, Н.Н. Петюшев, Л.В. Евтушевская и др. // Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. В 2 ч. Ч 1 / под общ. ред. З.В. Ловкиса / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию. — Минск : Беларуская навука, 2021. — С.125–133.
12. Моргунова, Е. М. Разработка низкобелковых смесей для выпечки мучных кондитерских изделий специализированного назначения [Текст] / Е. М. Моргунова, Ю. А. Сорочкина // Пищевая промышленность: наука и технологии : рецензируемый научно-технический журнал. — 2021. — №4 (54). — С. 12-16.
13. Моргунова, Е. М. Сенсорный анализ и контроль качества низкобелковых продуктов специализированного назначения [Текст] / Е. М. Моргунова, Ю. А. Шимановская // Пищевая промышленность: наука и технологии : рецензируемый научно-технический журнал. — 2022. — №2 (56). — С. 74-79.
14. Маюрникова, Л. А. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность / Л. А. Маюрникова, В. М. Позняковский, Б. П. Суханов; под ред. В. М. Позняковского. — СПб. : ГИОРД, 2012. — С. 95.

#### Информация об авторах

*Моргунова Елена Михайловна* — кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

*Шимановская Юлия Александровна* — младший научный сотрудник отдела технологии продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

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

#### Information about the authors

*Morgunova Elena Mikhailovna* — PhD (Engineering), Associate Professor, Deputy Director General for Standardization and Quality of Food Products of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

*Shymanouskaya Yulia Alexandrovna* — junior researcher of the technology department of the department of products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

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

УДК 577.114.083

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-47-54](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-47-54)

Поступила в редакцию 21.06.2022

Received 21.06.2022

**З. В. Ловкис<sup>1</sup>, М. М. Трусова<sup>1</sup>, О. В. Павлова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь*

## **СТАБИЛИЗАЦИЯ ПИВА ПРИ КОЛЛОИДНЫХ ПОМУТНЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ХИТОЗАНА**

**Аннотация.** Во введении описана основная причина опалесценции и коллоидной мути, дефектов внешнего вида готового пива. Дается краткая характеристика и механизм сорбции хитозана. Целью исследования является разработка сорбента на основе хитозана для эффективной стабилизации пива, предотвращения коллоидного помутнения и увеличения сроков годности готового продукта. Предметом исследования являлась сорбционная способность хитозана по отношению к белкам и полифенолам пива. В качестве объектов исследования выступали образцы пива светлого и темного, взятые с этапа технологического процесса до фильтрации. В качестве методов в исследовании использовался метод Еруманиса для определения концентрации полифенолов до и после сорбции. Определение стойкости пива к охлаждению проводили с помощью теста «предел осаждения белка сульфатом аммония» (тест SASPL). Данные полученные в ходе эксперимента были подвергнуты простому математическому и статистическому анализу. В основной части статьи представлены результаты исследования о возможности использования хитозана для стабилизации пива при коллоидных помутнениях. Изучены сорбционные способности хитозана и комбинированного сорбента по отношению к полифенолам и белкамна образцах пива светлого и темного, а также была выявлена оптимальная экспозиция для сорбции.

**Ключевые слова:** пиво, полифенолы, белки, хитозан, комбинированный сорбент, сорбция.

**Z. V. Lovkis<sup>1</sup>, M. M. Trusova<sup>1</sup>, O. V. Pavlova<sup>2</sup>**

<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>*Institution of Education “Grodno State University named after Yanka Kupala”, Grodno, Republic of Belarus*

## **STABILIZATION OF BEER UNDER COLLOID HAZES USING THE SORPTION POTENTIAL OF CHITOSAN**

**Abstract.** The introduction describes the mechanism of formation of colloidal turbidity and defects in the appearance of the finished beer. The sorption mechanism inherent in chitosan is described. The aim of the study is to develop a sorbent based on chitosan to effectively stabilize beer, prevent colloidal haze and increase the shelf life of the finished product. The subject of the study was the sorption capacity of chitosan with respect to beer proteins and polyphenols. The objects of study are samples of light and dark beer. Research methods: Erumanis method for determining the concentration of polyphenols, test “limit of precipitation of protein by ammonium sulfate”. The data obtained during the experiment were subjected to simple mathematical and statistical analysis. The article presents the results of a study on the possibility of using chitosan to stabilize beer with colloidal haze. The sorption abilities of chitosan and the combined sorbent with respect to polyphenols and proteins were studied on light and dark beer samples, and the optimal exposure for sorption was also identified.

**Key words:** beer, polyphenols, proteins, chitosan, combined sorbent, sorption.

**Введение.** Производство пива в Республике Беларусь в настоящее время осуществляет 8 специализированных организаций различных форм собственности. Для обеспечения преи-

мущества своей продукции, на рынке конкурирующие предприятия уделяют особое внимание качеству готового продукта.

Важное влияние на качество готового пива оказывают полифенольные соединения и белки, поступающие в пиво из хмеля и суслу. Избыточное количество этих химических компонентов может приводить к образованию опалесценции и коллоидной мути, дефектам внешнего вида готового продукта [1–7].

Для удаления полифенолов и белков в пиве используют различные вспомогательные материалы, которые представляют собой сорбенты, однако наиболее эффективные из них имеют высокую стоимость, а недорогие имеют недостаточные сорбционные способности [8]. Разработка дешевого, но при этом эффективного сорбента перспективное направление, требующее особого внимания со стороны отечественных ученых [9–15]. Исследования в данной области ведутся рядом авторитетных ученых СНГ и зарубежья, среди которых Гернет М.В., Ермолаева Г.А., Покровская Н.В., Меледина Т.В., Помозова В.А., Шилфарт Г. и др. [16].

Хитозан — линейный полисахарид, получаемый путем деацетилирования хитина. Он является мощным сорбентом природного происхождения. В отличие от используемых на данный момент в технологии пивоварения сорбентов и стабилизаторов хитозан обладает мультифункциональностью по отношению к различным компонентам мути [17]. Данная уникальная способность объясняется химическим строением хитозана. Наличие большого количества амино- и гидроксильных групп в составе хитозана в сочетании с высокой реакционной способностью создает широкие возможности для модифицирования его поверхности различными реагентами и придания ему соответствующих свойств [18].

Таким образом, хитозан является сорбентом с управляемыми свойствами, в связи с чем его применение в технологии напитков безгранично. Ионообменные качества хитозана, возможность электростатических взаимодействий с компонентами напитка, проявление комплексообразующих свойств будут широко востребованы производителями напитков при разработке соответствующих технологий [19, 20].

Согласно требованиям ФАО/ВОЗ, в пищевой продукции не допускается или строго ограничивается наличие патулина, охратоксина А, гистимина и пр., поэтому применение хитозана или его модифицированных форм позволит обеспечить безопасность отечественных напитков [21–24].

В отличие от большинства полисахаридов пива и других продуктов брожения, например крахмала, декстринов, хитозан обладает мощным положительным зарядом, который позволяет ему связываться с отрицательно заряженными поверхностями, в том числе полифенольными веществами, полисахаридами, жирами и клетками микроорганизмов, что особенно важно для дальнейшего развития технологии бродильных производств, в том числе пивоварения [25–27].

Некоторые исследования указывают, что заряд хитозана также помогает ему связывать в прочные комплексы бактериальные и дрожжевые клетки, а также противоионы, к числу которых относятся анионы минеральных кислот, в том числе фосфаты, сульфаты, сульфиты и т.п. [28–30].

Суммируя все выше изложенное, исследование эффективности применения хитозана как стабилизатора пива при коллоидных помутнениях пива является актуальным и перспективным.

В качестве объектов исследования выступали образцы пива светлого и темного, взятые с этапа технологического процесса до фильтрации.

**Предмет исследования** — процесс сорбции белков и полифенолов пива.

**Цель исследования** — разработать сорбент на основе хитозана для эффективной стабилизации пива, предотвращения коллоидного помутнения и увеличения сроков годности готового продукта.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на образцах пива светлого и темного. Рецептурные составы представлены в табл. 1 и 2.

Изготовление опытных образцов пива производилось на микропивоварне «Orion-100», расположенной на опытно-технологическом участке РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в г. Марьино Горка (рис. 1).

Технологический процесс изготовления пива.

Дробление солода проводили на вальцовой дробилке марки Derby 11-12/LL, фирмы Engl Maschinen GmbH с зазором между вальцами 0,9 мм. Затем дробленый солод подавали в заторно-сусловарочный аппарат (ЗСА-100), где осуществлялось его смешение с водой. Процесс затирания проводили при постоянно работающей мешалке. Подогрев затора в котле осущест-

вляется внешними ТЭНами, установленными под днищем аппарата. Проводили затирание с выдержкой цитолитической, белковой и мальтозной пауз. Затем затор нагревали до температуры 72 — 73 °С в течение 20 мин до достижения нормальной окрашенности затора по йоду и отправляли на фильтрацию в фильтрационный аппарат (ФА-100). Процесс фильтрации протекал в течение 60 мин. Из фильтрационного аппарата отфильтрованное сусло самотеком поступало обратно в заторно-сусловарочный аппарат (ЗСА-100). По окончании процесса фильтрации проводился процесс кипячения сусла с хмелем при постоянно работающих мешалке и ТЭНах. Применяли горько-ароматный хмель сорта Норден Бревен (содержание  $\alpha$ -кислоты — 9 %), хмель ароматический Тетландер (содержание  $\alpha$ -кислоты — 5 %).

Таблица 1. Базовый рецептурный состав пива светлого (на 100 дал)  
Table 1. Basic prescription composition of light beer (per 100 dal)

Наименование сырья	ТНПА на сырье	Содержание сырья в пиве	
		Единица измерения	Норма
Солод пивоваренный ячменный светлый	ГОСТ 29294-2014	кг	1600,0
Хмель гранулированный горько-ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	4,0
Хмель гранулированный ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	12,0
Дрожжи пивоваренные сухие	Документ, подтверждающий качество и безопасность	кг	3,0
Вода подготовленная	СанПиН 10-124 РБ 99 СТБ 1188-99	дм <sup>3</sup>	из расчета на плотность начального сусла 12,0 %

Таблица 2. Базовый рецептурный состав пива темного (на 100 дал)  
Table 2. The basic prescription composition of dark beer (per 100 dal)

Наименование сырья	ТНПА на сырье	Содержание сырья в пиве	
		Единица измерения	Норма
Солод пивоваренный ячменный светлый	ГОСТ 29294-2014	кг	1400,0
Солод пивоваренный ячменный карамельный	ГОСТ 29294-2014	кг	160,0
Солод пивоваренный ячменный карамельный	ГОСТ 29294-2014	кг	40,0
Хмель гранулированный горько-ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	4,0
Хмель гранулированный ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	12,0
Дрожжи пивоваренные сухие	Документ, подтверждающий качество и безопасность	кг	3,0
Вода подготовленная	СанПиН 10-124 РБ 99 СТБ 1188-99	дм <sup>3</sup>	из расчета на плотность начального сусла 12,0 %

Хмель вносили в три этапа: первый — через 5 минут после начала кипячения сусла, второй — через 45 минут после начала кипячения, третья — за 5 минут до окончания кипячения. Длительность кипячения сусла с хмелем составляла 60 минут. Горячее охмеленное сусло перекачивали суловым насосом в седиментационно-охладительный аппарат (СОА-100), где происходило его осветление и охлаждение.

Далее холодное сусло перекачивали суловым насосом на брожение в цилиндрико-конические танки (ЦКТ-100), куда задавали заранее подготовленную разводку дрожжей. Использовали сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34-70 в количестве 50 г.



Рис. 1. Микропивоварня «Orion-100»  
Fig. 1. Microbrewery «Orion-100»

Во время перекачки сула на брожение осуществляли его интенсивную аэрацию кислородом воздуха с помощью компрессора (Atlas Copco).

По окончании процесса брожения проводили постановку сула на дображивание, путем подачи в рубашку хладагента. Длительность процесса дображивания составляла около 14 суток. Съем осадка дрожжей производили через нижний кран конуса. Окончание съема определяли визуально. Во время брожения контролировали видимый экстракт, температуру и давление  $\text{CO}_2$  в ЦКТ.

В 500 мл пива вносили образцы сорбента массой 0,2 г, определение исследуемых показателей проводили каждые 30 минут, для установления оптимальных режимов фильтрации.

Определение стойкости пива к охлаждению проводили с помощью теста «предел осаждения белка сульфатом аммония» (тест SASPL) [27]. Этот показатель выражается количеством насыщенного раствора сернокислого аммония ( $\text{cm}^3$ ), которое требуется добавить к 100  $\text{cm}^3$  исследуемого пива, чтобы вызвать его помутнение. Приборы и реактивы:

- ♦ пробирки диаметром 16 мм и высотой 150 см или колбы емкостью 25–30  $\text{cm}^3$ ;
- ♦ пипетки вместимостью 1, 2, 10  $\text{cm}^3$ ;
- ♦ насыщенный раствор сернокислого аммония, который готовят путем растворения 45 г  $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$  в 50–60  $\text{cm}^3$  дистиллированной воды. Раствор отстаивается и затем фильтруется через складчатый бумажный фильтр.

Проведение анализа: в ряд пробирок, установленных на штативе, пипеткой вносят по 10  $\text{cm}^3$  исследуемого пива и добавляют возрастающие объемы насыщенного раствора сернокислого аммония, начиная с 0,5–0,6  $\text{cm}^3$ . Объем сульфата аммония увеличивают на 0,1  $\text{cm}^3$  в каждую следующую в ряду пробирку. Содержимое пробирок перемешивают и оставляют при комнатной температуре на 15–20 мин. Затем определяют пробирку с наименьшим количеством сульфата аммония, вызвавшего помутнение пива.

Предел осаждения сульфата аммония на 100  $\text{cm}^3$  пива вычисляли по формуле (1):

$$X = V \times 10, \quad (1)$$

где  $V$  — объем сульфата аммония ( $\text{cm}^3$ ), вызвавшего помутнение пива.

Для определения концентрации полифенолов в образцах пива до и после сорбции использовали метод Еруманиса [27].

Принцип метода заключается в реакции полифенолов с лимоннокислым железом в щелочной среде, в результате чего образуется окрашенное соединение. В ходе исследования измеряется оптическая плотность пива на спектрофотометре в основном опыте и в двух контролях. Концентрацию полифенолов в пиве после сорбции определяли каждые 30 минут, чтобы установить оптимальную экспозицию для сорбента. Масса сорбента, добавляемого в пиво, составляет 0,05 г на 100 мл. Содержание полифенолов ( $\text{mg/dm}^3$ ) рассчитывали по формуле (2):

$$X = [A - (B + C)] \times 820, \quad (2)$$

где  $A$  — оптическая плотность раствора в основном опыте;  $B$  — оптическая плотность в контроле 1 (0,047);  $C$  — оптическая плотность в контроле 2 (0,016); 820 — коэффициент пересчета на полифенолы.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Органолептические показатели и обобщенные результаты показателя пенообразования образцов пива до фильтрации, изготовленных на микропивоварне Orion 100, представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Органолептические показатели образцов пива нефilterованного, изготовленных на микропивоварне Orion 100

Table 3. Organoleptic characteristics of unfiltered beer samples produced at the Orion 100 microbrewery

Наименование показателя	Пиво светлое	Пиво темное
Внешний вид	Пенящаяся жидкость присутствует слабая опалесценция	Пенящаяся жидкость присутствует слабая опалесценция
Аромат	Чистый, сброженный, солодовый, хмелевой, без посторонних запахов	Чистый, сброженный, солодовый, хмелевой, без посторонних запахов
Вкус	Чистый, сброженный, солодовый, с характерной хмелевой горечью, без посторонних привкусов	Полный солодовый вкус с выраженным привкусом карамельного солода

Таблица 4. Обобщенные результаты показателя пенообразования в исследуемых образцах пива

Table 4. Generalized results of the foam index in the studied beer samples

Наименование образца	Высота пены, мм	Пеностойкость, мин
Пиво светлое	30	3,0
Пиво темное	33	3,1

Определена концентрация полифенолов и предел осаждения белков сульфатом аммония. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты исследования образцов пива светлого и темного нефilterованного

Table 5. The results of the study of samples of light and dark unfiltered beer

Наименование образца	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см <sup>3</sup>
Пиво светлое	200,9±0,001	12
Пиво темное	238,6±0,002	10

На предмет сорбционных способностей по отношению к белкам и полифенолам был проанализирован образец хитозана полученный при температуре 120°C, концентрации щелочи 30 % и экспозиции 45 минут, результаты представлены в табл. 6 и 7.

Таблица 6. Результаты исследования сорбционных способностей хитозана на образце пива светлого

Table 6. The results of the study of the sorption abilities of chitosan on a sample of light beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см <sup>3</sup>
30	65,21±0,001	26
60	52,48±0,002	28
90	52,48±0,002	28
120	52,48±0,003	28

Анализируя представленные выше результаты, можно сделать вывод о том, что оптимальное время фильтрации — 60 минут, концентрация полифенолов снизилась на 148,42 мг/дм<sup>3</sup> в образцах светлого пива и на 176,25 мг/дм<sup>3</sup> в темном пиве. Увеличение объема сульфата аммония израсходованного на осаждение белков на 16 см<sup>3</sup> в светлом пиве и 19 см<sup>3</sup> в темном пиве свидетельствует об уменьшении концентрации белковых частиц в образцах, что подтверждает предыдущие экспериментальные исследования на модельных растворах, где хитозан также показал высокую сорбционную способность по отношению к белку [31]. Полученные результаты сопоставимы с данными полученными другими исследователями [13, 14, 22].

Таблица 7. Результаты исследования сорбционных способностей хитозана на образце пива темного

Table 7. The results of the study of the sorption abilities of chitosan on a sample of dark beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см <sup>3</sup>
30	78,2±0,003	25
60	62,35±0,001	29
90	62,36±0,002	29
120	62,35±0,001	30

Также на предмет сорбционных способностей по отношению к белкам и полифенолам был проанализирован образец комбинированного сорбента (хитозан 10 % и кизельгур 90 % по массе). Результаты по комбинированному сорбенту представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8. Результаты исследования сорбционных способностей комбинированного сорбента на образце пива светлого

Table 8. The results of the study of the sorption abilities of the combined sorbent on a sample of light beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм <sup>3</sup>	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см <sup>3</sup>
30	111,78±0,002	18
60	108,99±0,001	23
90	109,10±0,002	23
120	108,99±0,002	23

Таблица 9. Результаты исследования сорбционных способностей комбинированного сорбента на образце пива темного

Table 9. The results of the study of the sorption abilities of the combined sorbent on a sample of dark beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см <sup>3</sup>
30	124,56±0,001	18
60	118,39±0,001	24
90	118,39±0,001	24
120	118,39±0,001	24

Результаты по комбинированному сорбенту — концентрация полифенолов в светлом пиве снизилась на 91,91 мг/дм<sup>3</sup>, в темном пиве на 120,21 мг/дм<sup>3</sup>, предел осаждения белка повысился на 11 см<sup>3</sup> в светлом пиве и 14 см<sup>3</sup> в темном, при этом оптимальное время фильтрации составило 60 минут. Комбинированный сорбент показал высокие стабилизационные способности, что обусловлено наличием хитозана в составе сорбента.

**Заключение.** По результатам исследования была опытным путем доказана эффективность хитозана в сорбции белков и полифенолов на образцах пива светлого и темного. Данные разработки могут применяться в технологии пива по следующей схеме: 10 г комбинированного сорбента на 1 гл полуфабриката напитка брожения с экспозицией 30–60 минут. Использование данного вспомогательного материала позволит уменьшить количество белка в полуфабрикатах пива, тем самым замедлив процесс образования стойкого (необратимого) помутнения и увеличить сроки годности продукта.

Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках научно-исследовательской работы по гранту НАН Беларуси «Исследование эффективности применения хитозана как стабилизатора в технологии напитков брожения» по договору № 2021-31-192 от 1 апреля 2021 г.

#### Список использованных источников

15. Цугкиев, Б.Г. Влияние белка в солоде на качество пива / Б.Г. Цугкиева, А.В. Кожухова. — Пиво и напитки. — 2007. — № 2. — С. 22–23.

16. *Дедегкаев, А.Т.* Коллоидные помутнения в пиве. Причины их возникновения / А.Т. Дедегкаев // Индустрия напитков. — 2005. — №2. — С.20–26.
17. *Дедегкаев, А.Т.* Исследование влияние предфильтрационных процессов на мутность пива / А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин, Т.В. Меледина // Индустрия напитков. — 2006. — №2. — С.36–39.
18. *Кручко, Е.К.* Технологические факторы повышении стабильности пива / Е. К. Кручко // Вестник Владикавказского научного центра. — 2005. — №5 (2). — С. 51–55.
19. *Меледина, Т.В.* Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина. — СПб.: Профессия, 2003. — 304 с.
20. *Андреева, О.В.* Осадки в пиве: атлас частиц, которые могут быть обнаружены в розлитом пиве / О.В. Андреева, Е.Т. Шувалова. — М.: МИЦ Пиво и напитки XXI век, 2004. — 115 с.
21. *Сергеева, И.Ю.* Классификация стабилизирующих средств, используемых в индустрии напитков / И.Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — №4 (31). — С. 78–86.
22. *Климов, Е. С.* Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. — Ульяновск : УлГТУ, 2011. — 201 с.
23. *Ермолаева, Г.А.* Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. — М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000. — 416 с.
24. *Даниловцева, А.Б.* Влияние содержания высокомолекулярных соединений на технологические параметры производства пива/ А.Б. Даниловцева, И.В. Царева // Пиво и напитки — 2005. — №2. — С. 32–36.
25. *Гора, Н.В.* Формирование качества пива путем регулирования полифенольного состава пивного сусла методом адсорбции: дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, Кемерово. — 2015. — 137 с.
26. *Перетрутов, А.А.* Влияние солей жесткости воды на затирание солода и промывку солодовой дробины в производстве пива / А.А. Перетрутов, Г.В. Пастухова, С.В. Провсирова, и др. // Technical sciences. Int. J. of applied and fundamental research. — 2016. — №12. — С. 224–228.
27. *Покровская, Н.В.* Биологическая и коллоидная стойкость пива / Н.В. Покровская, Я.Д. Каданер. — М.: Пищевая промышленность, 1987. — 273 с.
28. *Сергеева, И.Ю.* Совершенствование коллоидной стабилизации напитков / И.Ю. Сергеева, В.А. Помозова, Е.А. Вечтомова // Международная научно-практическая конференция «Фундаментальная наука и технологии — перспективные разработки» / Fundamental science and technology — promising developments: материалы конференции, Москва, 22-23 мая 2013 г.- М., 2013. — Т. 1. — С. 210–212.
29. *Нарцисс Л.* Технология приготовления сусла / Л. Нарцисс // М.: НПО «Элевар. — 2003. — 368 с.
30. *Бесендерфер Г.* Вклад в увеличение стабильности вкуса пива / Г Бесендерфер. Б. Биркеншток, Р. Талакер // Brauwelt. Мир пива, 2002. — №2. — 10 с.
31. *Просеков, А.Ю.* Влияние технологической обработки продовольственного сырья на эффективность видовой идентификации / А.Ю. Просеков, Ю.В. Голубцова, К.А. Шевякова // Пищевая промышленность. — 2014. — №6. — С. 8–10.
32. *Bible, C.* Enzymes in the brewing process / C. Bible // Zymurgy. — 2012. — №4. — P. 53–56.
33. *Huo, L.* Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts from the stems of *Jasminum nervosum* Lour / L. Huo, R. Lu, P. Li, Y. Liao, P. Chen, Ch. Deng, Ch. Lu, X. Wei, Y. Li // Grasas y aceites. — 2011. — №2. — P. 149–154.
34. *Oliveira, C.M.* Oxidation mechanisms occurring in wines / C.M. Oliveira, A.C. Ferreira, V. De Freitas, M.S. Silva Artur // Food Res.Int. — 2011. — №5. — P. 1115–1126.
35. *Унрод, В.И.* Хитин- и хитозансодержащие комплексы из мицелиальных грибов: получение, свойства и применение / В.И. Унрод, Т.В. Солодовник // Биополимеры и клетка. — 2001. — Т. 17. — №6. — С. 526–533.
36. *Сергеева, И. Ю.* Применение хитозана для стабилизации коллоидной системы напитков / И. Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — №1 (32). — С. 84–89.
37. *Гальбрайт, Л. С.* Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л. С. Гальбрайт // Соровский образовательный журнал. — 2001. — Т. 7, №1. — С. 51–56.
38. *Тарановская, Е. С.* Сорбционные материалы на основе хитозана для очистки стоков от ионов тяжелых металлов / Е. С. Тарановская // Экология и промышленность России. — 2016. — №20 (5). — С 34–39.

39. *Пьер, А.* Способ приготовления жидкости, содержащей белки, для последующего отделения посредством использования одного или более агента, образующего с белком комплекс / А. Пьер, П. Хаселарс, Ф. Янссенс // Патент RU 2375426, Россия, заявка 27.06.2008 Бюл. №18
40. *Урьев, Н.Б.* Пищевые дисперсные системы / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. — М.: Агропромиздат, 1985. — 296 с.
41. *Фертман, Г.И.* Справочник для работников лабораторий пивоваренных заводов / Г.И. Фертман, Л.В. Муравицкая // М.: Легкая и пищевая промышленность. — 1982. — 29 с.
42. *Зимон, А.Д.* Коллоидная химия / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. — 3-е изд., доп. и испр. — М.: АГАР, 2001. — 320 с.
43. *Гельфман, М.И.* Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. — 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 336 с.
44. *Визнер, Э.* Идентификация помутнения пива (Часть I) / Э. Визнер, М. Гастл, Т. Бейкер // Мир пива. — 2012. — №1. — С. 17–21.
45. *Трусова, М.М.* Перспективы использования хитозана как стабилизатора при коллоидных помутнениях / М.М. Трусова, Т.Н. Камедько, О.В. Павлова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2021. — №14(4) — С. 97–102.

#### Информация об авторах

*Ловкис Зенон Валентинович* — доктор технических наук, профессор, академик Национальной академии наук Беларуси, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию».

E-mail: info@belproduct.com

*Трусова Мария Михайловна* — аспирант РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: brui.92@mail.ru

*Павлова Оксана Валерьевна* — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, физиологии и гигиены питания УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы».

E-mail: pavlova@grsu.by

#### Information about authors

*Lovkis Zenon Valentinovich* — Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Honored Scientist of the Republic of Belarus, Senior Researcher of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”.

Email: info@belproduct.com

*Trusova Maria Mikhailovna* — post-graduate student of RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: brui.92@mail.ru

*Pavlova Oksana Valerievna* — PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Technology, Physiology and Nutrition Hygiene, Yanka Kupala Grodno State University.

E-mail: pavlova@grsu.by

УДК 664.64.016.8

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-55-61](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-55-61)

Поступила в редакцию 24.08.2022

Received 24.08.2022

**Н. С. Лаптенок, Т. В. Ивашкевич, В. А. Козловская**

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

## **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСИСТЕНЦИИ ТЕСТА В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВА, ПОВЕДЕНИЯ КРАХМАЛА, ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ МУКИ РЖАНОЙ ОБДИРНОЙ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по реологическим свойствам теста из муки ржаной обдирной на приборе Миксолаб. Изучены этапы изменения консистенции теста из представленных образцов муки ржаной обдирной в процессе замеса и нагревания, проанализировано влияние ферментативной активности муки на реологические показатели теста. Установлена водопоглотительная способность муки и получены индексы профайлера Миксолаб.

**Ключевые слова:** мука ржаная обдирная, тесто, измерительная система Миксолаб, реологические показатели, водопоглотительная способность

**N. S. Laptenok, T. V. Ivashkevich, V. A. Kozlovskaya**

*Research and production republican subsidiary unitary Enterprise “Beltechnokhleб” RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

## **ANALYSIS OF CHANGES IN DOUGH CONSISTENCY DURING HEATING, STARCH BEHAVIOR, ENZYMATIC ACTIVITY OF RYE FLOUR**

**Abstract.** The article presents the results of research on the rheological properties of rye flour dough on the Mixolab device. The stages of changing the consistency of the dough from the presented samples of rye flour during kneading and heating were studied, the influence of the enzymatic activity of flour on the rheological parameters of the dough was analyzed. The water absorption capacity of flour was established and the indices of the Mixolab profiler were obtained.

**Key words:** peeled rye flour, dough, Mixolab measuring system, rheological parameters, water absorption capacity

**Введение.** В Республике Беларусь в широком ассортименте представлены в корзине потребителя хлебобулочные изделия, вырабатываемые с использованием ржаной муки. Основными факторами, формирующими качество хлебобулочных изделий, являются качество используемого сырья и технологический процесс производства [1]. Поскольку ржаная обдирная мука по уровню потребления занимает второе место после пшеничной, то актуальным является проведение исследований хлебопекарных свойств ржаной обдирной муки, которые определяют качественные показатели хлебобулочных изделий. На сегодняшний день одним из прогрессивных методов оценки качества муки являются исследования реологических свойств полуфабрикатов (теста) из данных видов муки. Реологические показатели теста — это комплекс показателей, который описывает состояние и поведение теста при замесе и в течение всего технологического процесса. Форма, объем, структура пористости, а значит, и качество хлебобулочных изделий во многом определяются реологическими свойствами теста [2].

Исследовать реологические свойства ржаной муки (теста) в едином анализе позволяет измерительная система Миксолаб, которая предоставляет возможность анализировать каче-

ство белковых связей (водопоглотительная способность муки, время образования теста, стабильность теста при замесе, эластичность теста, скорость разжижения теста при нагреве), поведение крахмала (клейстеризацию и температуру клейстеризации), анализировать ферментативную активность муки, позволяет оценить консистенцию и реологические свойства теста на основании анализа динамики изменения крутящего момента, возникающего при замесе теста из муки и воды в течение нескольких последовательных фаз замеса, обусловленных разной температурой [3– 6].

В рамках выполнения программы ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства» на 2016–2020 годы (заключительный отчет «Исследование хлебопекарных свойств ржаной муки по состоянию углеводно-амилазного комплекса, газообразующей и газоудерживающей способности теста, активности ферментов с целью оптимизации технологического процесса производства ржаных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий и установление оптимального уровня содержания соли» от 28.12.2018) образцы муки ржаной обдирной по значениям автолитической активности разделили на три группы:

- ♦ пониженная — до 35 %;
- ♦ нормальная — от 35,1 % до 50 %;
- ♦ повышенная — свыше 50,0 %.

**Цель исследований** — изучить влияние ферментативной активности муки на реологические свойства теста из муки ржаной обдирной и изменение консистенции теста в процессе замеса и нагревания.

**Объект исследований.** Объектом исследований являются образцы муки ржаной обдирной белорусских производителей с нормальным показателем автолитической активности (35,1 % — 50, 0 %).

**Результаты исследований и их обсуждение.** В испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб» проведены исследования на приборе Миксолаб (Франция) реологических показателей теста из муки ржаной обдирной с нормальной автолитической активностью (протокол «Chopin +»). Тесто из исследуемых образцов муки замешивали в специальной тестомесилке при температуре 30 °С для образования требуемой консистенции, равной 1,1 Н·м ± 0,05 Н·м [7].

Были установлены значения водопоглотительной способности исследуемых образцов муки ржаной обдирной и показателей реологических свойств теста. Полученные результаты представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Т а б л и ц а 1. Реологические показатели теста, полученные из исследуемых образцов муки ржаной обдирной

Table 1. Rheological parameters of the dough obtained from the studied samples of peeled rye flour

Наименование образцов	ВПС, %	Время образования теста, мин	Стабильность, мин	Крутящий момент (Н·м)				
				С1	С2	С3	С4	С5
Образец №1 (автолитическая активность 39,1 %)	66,4	0,78	1,55	1,05	0,50	1,72	0,71	1,19
Образец №2 (автолитическая активность 38,3 %)	68,0	0,93	1,92	1,10	0,50	1,50	0,64	1,41
Образец №3 (автолитическая активность 38,7 %)	64,1	1,08	2,23	1,10	0,49	1,81	0,78	1,37
Образец №4 (автолитическая активность 41,0 %)	66,7	1,00	2,05	1,11	0,44	0,68	0,50	0,00
Образец №5 (автолитическая активность 47,9 %)	74,3	1,03	2,07	1,08	0,48	0,69	0,50	0
Образец №6 (автолитическая активность 40,1 %)	70,3	0,88	1,78	1,08	0,51	1,72	0,72	1,15
Образец №7 (автолитическая активность 39,6 %)	65,7	1,27	2,27	1,13	0,53	1,60	0,60	0,95

Таблица 1

Наименование образцов	ВПС, %	Время образования теста, мин	Стабильность, мин	Крутящий момент (Н·м)				
				C1	C2	C3	C4	C5
Образец №8 (автолитическая активность 40,2 %)	68,0	1,40	2,75	1,06	0,54	1,79	0,74	1,20
Образец №9 (автолитическая активность 38,6 %)	67,1	0,98	3,27	1,07	0,53	1,59	0,54	0,81
Образец №10 (автолитическая активность 47,8 %)	59,7	0,82	1,77	1,10	0,50	1,59	0,55	0,83
Образец №11 (автолитическая активность 42,7 %)	60,5	0,68	1,37	1,15	0,50	2,10	0,86	1,29
Образец №12 (автолитическая активность 49,2 %)	60,7	0,92	2,0	1,15	0,48	1,58	0,62	1,38
Образец №13 (автолитическая активность 38,1%)	60,0	0,95	2,28	1,06	0,54	2,12	1,11	1,68
Образец №14 (автолитическая активность 49,5 %)	73,6	1,08	1,75	1,07	0,46	0,69	0,46	0,83
Образец №15 (автолитическая активность 47,3 %)	72,5	1,0	1,33	1,13	0,49	0,77	0,49	1,29
Образец №16 (автолитическая активность 46,9 %)	65,5	0,77	0,97	1,12	0,50	1,71	0,76	1,29
Образец №17 (автолитическая активность 47,1 %)	65,6	0,93	2,07	1,05	0,50	1,68	0,56	0,89
Образец №18 (автолитическая активность 49,4 %)	66,1	0,93	2,07	1,07	0,48	1,58	0,66	1,01
Образец №19 (автолитическая активность 47,6 %)	74,3	0,93	2,03	1,07	0,50	1,58	0,66	1,01
Образец №20 (автолитическая активность 48,8 %)	71,5	1,02	1,33	1,07	0,50	1,57	0,62	1,01
Образец №21 (автолитическая активность 49,2 %)	71,8	0,97	1,42	1,09	0,49	1,57	0,61	1,03
Образец №22 (автолитическая активность 43,6 %)	68,5	0,95	2,82	1,13	0,57	1,60	0,68	1,06
Образец №23 (автолитическая активность 42,8 %)	69,3	0,97	1,65	1,08	0,50	1,78	0,75	1,14

Результат реологических показателей исследуемых образцов муки ржаной обдирной представлен на рис. 1 в виде шести последовательных индексов качества муки целевого профиля Миксолаб.

Сопоставив значения индексов ВПС прибора «Миксолаб» и значения водопоглотительной способности исследуемых образцов муки ржаной обдирной, установили, что исследуемые образцы муки ржаной обдирной незначительно отличаются по потенциалу водопоглотительной способности (индексу ВПС). Большинство исследуемых образцов муки ржаной обдир-

ной характеризовались индексом ВПС равным 9 баллов, что соответствовало значениям водопоглотительной способности от 66,1 % до 74,3 %. Образцы муки с водопоглотительной способностью в диапазоне (61,7– 65,8) % имели индекс ВПС равный 8 баллов, в диапазоне (59,7–60,7) % — 7 баллов. Таким образом, индекс ВПС коррелирует со значениями водопоглотительной способности: чем выше индекс водопоглотительной способности, тем выше значения водопоглотительной способности муки.



Рис. 1. Целевой профиль муки ржаной обдирной с нормальной автолитической активностью  
 Fig 1. Target profile of peeled rye flour with normal autolytic activity

Оценка реологического поведения теста из исследуемых образцов муки ржаной обдирной по результатам данных табл. 1 показала, что все образцы в процессе замеса вели себя примерно одинаково. Точка С1, отражающая момент наступления максимальной вязкости в течение 8 минут, свидетельствует об образовании гомогенной структуры теста при его замесе. Время образования теста из исследуемых образцов муки ржаной обдирной составило от 0,68 мин до 1,40 мин. Полученные данные указывают на то, что образование теста из исследуемых образцов муки закончилось ранее полного его замеса (т.е. 8 минут).

Точка С2 характеризует минимальную консистенцию теста на начальном этапе нагрева. Продолжительность второй фазы составила 15 мин. На втором этапе испытаний при повышении температуры от 30 °С до 60 °С консистенция теста, достигнув своего максимума еще до полного промеса, быстро начала падать и, соответственно, наблюдалось снижение крутящего момента в точке С2 (0,42–0,57 Н·м). Отсутствие клейковинного каркаса в образцах теста из муки ржаной обдирной обуславливало значительное снижение консистенции теста, что подтверждалось низкими индексами Замеса (0–1) балл. Тесто не сохраняло своих физических свойств в течение 8 минут — образцы характеризовались пониженным показателем стабильности теста, который находился в диапазоне от 0,97 мин до 3,27 мин.

На основании полученных результатов установлена также динамика изменения консистенции теста по разнице в величине крутящего момента между С1 и С2 в зависимости от автолитической активности исследуемых образцов муки ржаной обдирной (рис. 2).

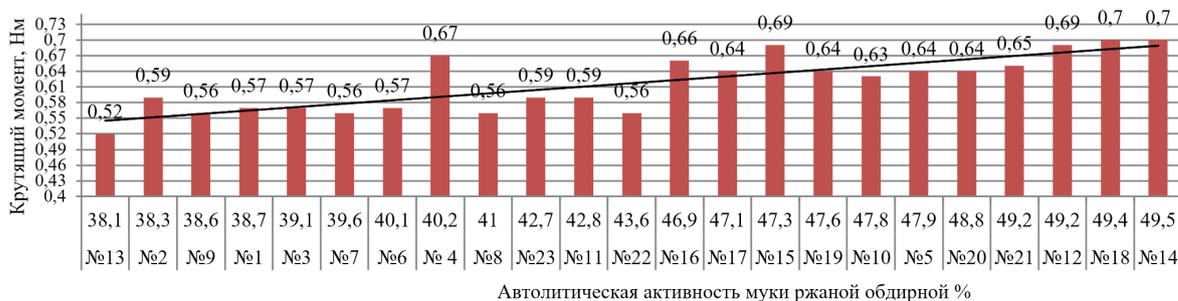


Рис. 2. Изменение консистенции теста из муки ржаной обдирной с нормальной автолитической активностью на начальном этапе нагрева температуры от 30 °С до 60 °С

Fig 2. Dynamics of changes in the consistency of dough from peeled rye flour with normal autolytic activity at the initial stage of heating the temperature from 30 °С to 60 °С

Анализ данных рис. 2 показал, что в группе исследуемых образцов муки с нормальной автолитической активностью наблюдался разброс по значениям разности  $C1-C2$ : от 0,52 Н·м до 0,7 Н·м. Установлено, что чем больше разница в величине крутящего момента между  $C1$  и  $C2$ , тем больше падение консистенции теста в процессе замеса и нагревания. Отмечено, что значения крутящего момента по разнице  $C1-C2$  для теста из муки с автолитической активностью от 38,3 % до 43,6 % находились на одном уровне (0,56 — 0,59) Н·м и соответствовали меньшему разжижению теста при увеличении температуры нагрева от 30 °С до 60 °С. Исключение составил образец муки №4 (0,67 Н·м). Для остальных образцов муки ржаной обдирной падение крутящего момента между  $C1$  и  $C2$  находилось в диапазоне (0,63– 0,70) Н·м. Следует отметить образцы муки №7, №8, №9, №13 и №22, которые характеризовались меньшей разностью  $C1-C2$  — (0,52–0,56) Н·м. Указанные образцы имели более высокие значения минимальной консистенции теста в точке  $C2$  (0,53 Н·м — 0,57 Н·м) относительно других исследуемых образцов муки, совместно с повышением показателя стабильности теста (2,27–3,27) мин, что указывало на меньшее разжижение теста под действием увеличения температуры до 60 °С. По мере повышения автолитической активности муки (свыше 43,6 %) наблюдалось снижение консистенции теста. Наибольшая разница значений  $C2-C1$  (0,69 Н·м и 0,7 Н·м) и, соответственно, снижение консистенции теста наблюдалось для исследуемых образцов муки ржаной обдирной с автолитической активностью 49,2 %, 49,4 % и 49,5 % (образцы №12, №14 и №18). Как видно из ранее приведенных данных, указанные образцы муки характеризовались быстрым и резким разжижением теста (значения  $C2$  0,48 Н·м, 0,48 Н·м и 0,46 Н·м соответственно), что привело к увеличению жидкой фазы теста.

На третьей фазе реологического поведения теста регистрировали изменение консистенции теста при его нагревании от 60 °С до 90 °С. Общая продолжительность третьей фазы — 7 минут. Индекс Вязкости характеризует фазу, при которой температура теста составляет (60–90) °С и наиболее активно протекают все физико-химические и биохимические процессы. Точка  $C3$  характеризует максимальную консистенцию теста в процессе клейстеризации крахмала. Выявлено, что значения крутящего момента  $C3$  в указанном температурном интервале находились в достаточно широком диапазоне от 0,68 Н·м до 2,12 Н·м. Индекс Вязкости исследуемых образцов муки варьировал от 1 до 8 баллов. Точка  $C4$  характеризует стабильность крахмального клейстера теста в нагретом состоянии. На основании полученных значений крутящего момента  $C4$  установлена динамика изменения стабильности крахмального клейстера, приготовленного из муки ржаной обдирной с разной автолитической активностью в нагретом состоянии (рис. 3).

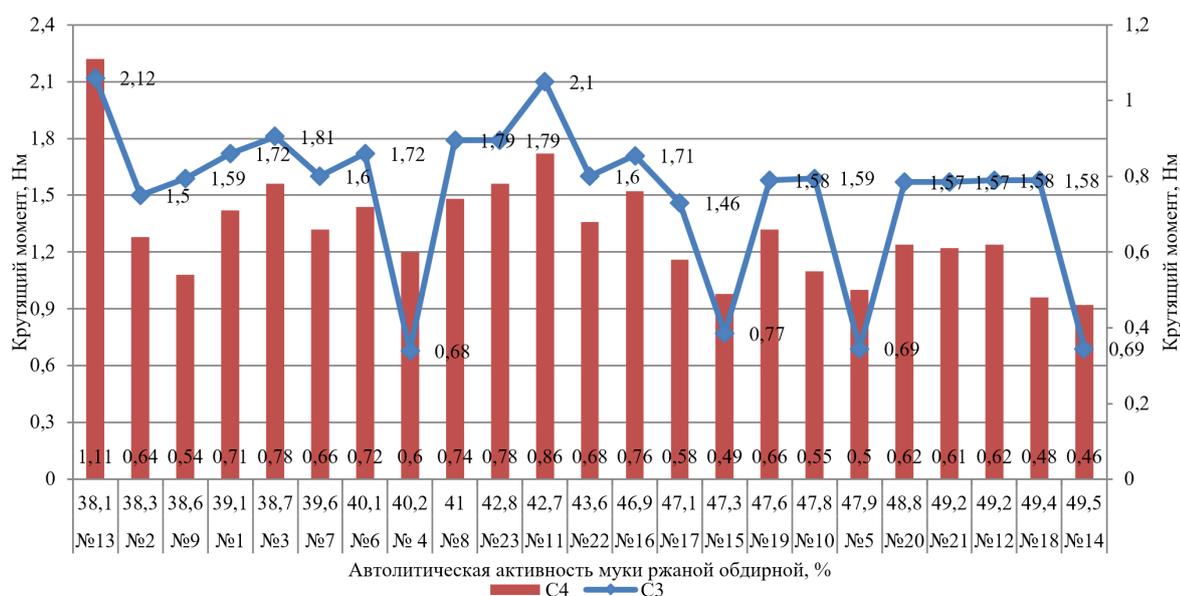


Рис. 3. Динамика изменения стабильности крахмального клейстера в нагретом состоянии из муки ржаной обдирной с нормальной автолитической активностью

Fig 3. Dynamics of changes in the stability of starch paste in a heated state from peeled rye flour with normal autolytic activity

Максимальная консистенция теста при увеличении температуры до 90 °С в точке С3 была отмечена для образцов муки № 11 и № 13 — 2,10 Н·м и 2,12 Н·м соответственно. Консистенция вязкости данных образцов муки характеризовалась образованием вязкого клейстера, что подтверждалось индексом Вязкости в 8 баллов.

Значения консистенции теста с повышением температуры от 60 °С до 90 °С образцов муки с автолитической активностью (38,3 — 46,9) % имели близкие между собой значения в точках С3 (1,77– 1,86) Н·м и С4 (0,74–0,78) Н·м. Консистенция теста в данной группе исследуемых образцов муки ржаной обдирной характеризовалась стабильностью крахмального клейстера в горячем состоянии. Индекс Вязкости указанных образцов — (5 — 6 баллов). Величина вязкости теста на стадии клейстеризации крахмала образцов № 1, № 6 и № 16 была немного ниже (С3 1,70–1,72 Н·м, С4 0,70–0,76 Н·м), что соответствовало индексу вязкости, равным 4 балла. Наряду с этим, в указанном интервале образцов муки по автолитической активности были выявлены образцы муки № 2, № 7 и № 9, которые имели более низкие значения С3 (1,50 Н·м, 1,60 Н·м и 1,59 Н·м), а также низкие значения С4 (0,61 Н·м, 0,60 Н·м и 0,54 Н·м) по сравнению с остальными образцами, что указывает на меньшую стабильность и вязкость крахмального геля в нагретом состоянии и соответствует низкому индексу Вязкости равным 2–3 балла.

В соответствии с рисунком 3, образцы муки ржаной обдирной с более высокими значениями автолитической активности (свыше 47,0 %) имели меньшие значения крутящего момента в точках С3 (0,69–1,60) Н·м и С4 (0,46–0,68) Н·м, указывающие на меньшую стабильность и вязкость крахмального клейстера в нагретом состоянии, и, как следствие, индексы Вязкости и Амилолитической активности составили 1–2 балла.

Влияние автолитической активности на реологические показатели теста особенно прослеживалось в образцах муки № 5, № 14 и № 15. Низкие значения крутящего момента в точках С3 (0,69 Н·м — 0,77 Н·м) и С4 (0,46 Н·м — 0,50 Н·м) обуславливали разжижение теста в температурном интервале от 60 °С до 90 °С. Индекс Вязкости составил 1 балл.

После выпечки крахмал муки начинает постепенно затвердевать, что непосредственно влияет на срок годности готового продукта и напрямую связано с процессом ретроградации крахмала [8]. Миксолаб позволяет анализировать этот процесс путем охлаждения теста с 90 °С до 50 °С, при котором выдается оценка ретроградации крахмала. Этот индекс указывает на способность готового продукта противостоять черствению и сохранять товарный вид. Индексы Ретроградации крахмала исследуемых образцов муки ржаной сеяной находились в пределах от 0 до 3 баллов. В соответствии с Руководством по приложениям Миксолаб высокое значение индекса Ретроградации соответствует низкому сроку хранения конечной продукции.

**Заключение.** На основании проведенных исследований по реологическим свойствам теста из муки ржаной обдирной установлено, что тесто из всех исследуемых образцов муки характеризовалось коротким временем образования и стабильности теста, хорошей водопоглотительной способностью, что подтверждается максимальным индексом ВПС, равным (7– 9) баллов. Минимальные индексы Замеса свидетельствовали о нестабильности теста во время замеса. Анализируя полученные данные в группе образцов муки ржаной хлебопекарной обдирной с автолитической активностью от 38,1 % до 43,6 %, можно сделать вывод, что исследуемые образцы муки близки между собой по реологическим свойствам теста. Консистенция теста на начальном этапе нагрева характеризуется незначительным разжижением теста, высоким пиком вязкости на стадии клейстеризации крахмала и стабильностью крахмального клейстера в горячем состоянии.

Установлено, что показатели реологических свойств теста (степень разжижения, максимальная вязкость) характеризуются корреляционной связью с автолитической активностью муки в интервале (47,1 — 49,5) %: чем выше автолитическая активность муки, тем ниже вязкость крахмального клейстера и, как следствие, снижение консистенции теста.

#### Список использованных источников

1. *Андреев, А. Н.* Контроль качества сырья в хлебопекарном производстве: учебное пособие / А. Н. Андреев. — СПб.: СПбГУниПТ, 2006. — 180 с.
2. *Ауэрман, Л. Я.* Технология хлебопекарного производства: учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп.; под ред. Л. И. Пучковой / Л. Я. Ауэрман. — СПб.: Профессия, 2005. — 416 с.
3. *Черных, В. Я.* Многопараметрический метод контроля технологических свойств ржаной хлебопекарной муки / В. Я. Черных, Н. Ю. Быкова // Хлебопродукты. — 2015. — № 12. — С. 44–49.

4. *Богатырева, Т. Г.* Лабораторное оборудование для оценки качества сырья и полуфабрикатов / *Е. Г. Богатырева* // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2010. — № 12. — С. 40–43.
5. *Мелешкина, Е. П.* Анализ хлебопекарного качества зерна и муки из ржи с использованием приборов, применяемых для оценки свойств теста // Хлебопродукты. — 2008. — № 6. — С. 35–39.
6. Оценка муки из зерна тритикале на основе реологических свойств с использованием системы Миксолаб / *Д. Г. Туляков [и др.]* // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2017. — № 1 — С. 20–23.
7. Руководство по приложениям Mixolab. Реологический и ферментный анализ (Manuel'd'applications Mixolab). — 2009. — № 28. — 79 с.
8. *Калинина, И. В.* Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения хлеба / *И. В. Калинина, Н. В. Наumenко, И. В. Фекличева* // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Пищевые биотехнологии». — 2015. — Т. 3, № 1. — С. 36–44.

#### Информация об авторах

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

E-mail: laptenokn@mail.ru

*Ивашкевич Татьяна Валерьевна* — ведущий инженер-химик испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: tv-ivashkevich.75@mail.ru

*Козловская Валерия Андреевна* — инженер-технолог 2 категории отдела технологии и стандартизации Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: valeria989@tut.by

#### Information about authors

*Laptenok Natalia Sergeevna* — PhD (Engineering), Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: laptenokn@mail.ru

*Ivashkevich Tatiana Valerievna* — leading specialist (chemist) testing laboratory of the State Enterprise Beltechnohleb (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: tv-ivashkevich.75@mail.ru

*Kozlovskaya Valeria Andreevna* — engineer-technologist of the 2nd category of Department of Technology and Standardization of the State Enterprise «Beltechnohleb» (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: valeria989@tut.by

УДК 664.65; 664.66  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-62-68](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-62-68)

Поступила в редакцию 24.08.2022  
Received 24.08.2022

**Н.С. Лаптенок, А. Н. Дударева, Л. И. Севастей, С. Д. Горошнякова**

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

## **ВЛИЯНИЕ САХАРА НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МУКИ ПШЕНИЧНОЙ ПЕРВОГО СОРТА**

**Аннотация.** Сахар, как рецептурный ингредиент, оказывает влияние на процесс черствения хлебобулочных изделий из муки пшеничной. В статье представлены результаты исследований изменения структурно-механических свойств мякиша хлеба из муки пшеничной первого сорта в зависимости от количества добавленного сахара в рецептуру изделия в процессе хранения. Исследования проводились на приборе «Структурометр СТ-2».

**Ключевые слова:** мука пшеничная, сахар, хлебобулочные изделия, показатели качества, структурно-механические свойства мякиша, сжимаемость мякиша, черствение хлеба, хранение хлеба.

**N. S. Laptenok, A. N. Dudareva, L. I. Sevastsei, S. D. Goroshniakova**

*Research and production republican subsidiary unitary Enterprise “Beltechnokhleb” RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus*

## **INFLUENCE OF SUGAR ON THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS FROM FIRST GRADE WHEAT FLOUR**

**Abstract.** Sugar, as a prescription ingredient, affects the process of staleness of bakery products made from wheat flour. The article presents the results of studies of changes in the structural and mechanical properties of the bread crumb from wheat flour of the first grade, depending on the amount of sugar added to the product recipe during storage. The studies were carried out on the device “Structurometer ST-2”.

**Key words:** wheat flour, sugar, bakery products, quality indicators, structural and mechanical properties of the crumb, crumb compressibility, staleness of bread, bread storage.

**Введение.** Хлебобулочные изделия занимают особое место в питании человека и одно из первостепенных мест в пищевом рационе. Они являются существенным источником углеводов, повседневным поставщиком растительной клетчатки, витаминов группы В, некоторых минеральных веществ. Успешное продвижение хлеба на потребительском рынке и его конкурентоспособность зависит от качества.

Качество хлебобулочных изделий зависит от целого комплекса факторов и процессов, происходящих при замесе и созревании теста, как участвующих в формировании свойств готовой продукции, так и определяющих сохранность потребительских характеристик при хранении. Реологические структурно — механические свойства хлебобулочных изделий являются одними из важнейших показателей их качества. Хлебобулочные изделия изменяют свои структурно-механические характеристики в процессе обработки и хранения после изготовления, причем эти изменения происходят за весьма короткое время. Но наиболее значимыми являются биохимические и коллоидные изменения, происходящие с биополимерами муки в процессе созревания теста [1].

В хлебобулочных изделиях при хранении потребительские свойства постепенно ухудшаются. Один из главных вопросов хлебопекарной промышленности — это разработка способов сохранения свежести хлебобулочных изделий, в связи с этим актуальной задачей является исследование структурно-механических свойств мякиша хлеба в процессе хранения и выявление причин черствения изделий. В процессе хранения в изделиях изменяются гидрофильные свойства мякиша, его микроструктура, содержание водорастворимых веществ, растворимость в воде крахмала мякиша изделия, атакуемость крахмала мякиша хлеба амилазами. Снижается способность к набуханию и поглощению воды за счет уплотнения структуры белка, а также уменьшается содержание связанной воды. Чем больше белковых веществ в хлебе, тем медленнее происходит процесс черствения. Но так как белка в хлебе в 5–6 раз меньше в сравнении с крахмалом, то и скорость изменений в нем в 4–6 раз меньше по сравнению с крахмалом, поэтому основная роль в черствении принадлежит крахмалу. В свежем хлебе набухшие крахмальные зерна находятся в аморфном состоянии. При хранении происходит ретроградация крахмала: из аморфного состояния крахмал переходит в кристаллическое за счет того, что отдельные участки ответвлений молекул амилопектина и амилозы связываются водородными связями по гидроксильным группам глюкозных остатков. При этом структура крахмала уплотняется, объем крахмальных зерен уменьшается, появляются трещины между белком и крахмалом. Образование воздушных прослоек является причиной, обуславливающей крошковатость хлеба. В черством изделии снижается способность коллоидов и других веществ мякиша переходить в водный раствор. Перечисленные изменения обусловлены, с одной стороны, потерей изделиями влаги — их усыханием, с другой, изменениями их структурных компонентов при хранении. Поэтому структурно-механические изменения в мякише хлеба являются следствием «старения» полимеров муки — крахмала и белка — главных компонентов сухих веществ выпеченного изделия. Большое влияние на процессы, протекающие при созревании теста, помимо хлебопекарных свойств муки оказывают компоненты рецептуры, в том числе вода, дрожжи, соль, сахар и жировые продукты.[2–5].

Для улучшения качества хлеба и сохранения его в свежем виде более длительное время в рецептуру ряда изделий вводится сахар. Сахар в небольших количествах (до 10 % к массе муки) положительно влияет на спиртовое брожение и, следовательно, интенсифицирует газообразование в тесте. Это объясняется тем, что сахар быстро распадается с образованием глюкозы и фруктозы, которые хорошо сбраживаются дрожжевыми клетками. Внесение сахара способствует тому, что готовые изделия имеют более разрыхленный мякиш, более ярко окрашенную корку. Внесение в тесто сахара снижает его вязкость, т.е. на набухшие клейковинные белки в тесте сахар оказывает дегитратирующее действие. При добавлении сахара набухание клейковины уменьшается, что и вызывает разжижение теста. Роль сахара в технологическом процессе заключается в обеспечении питанием микрофлоры теста, что улучшает качество изделий, особенно вкус и аромат. При добавлении 3–5 % сахара повышается удельный объем хлеба, возрастает сжимаемость мякиша хлеба. Изделия, в рецептуру которых входит сахар, сохраняют свежесть, определяемую по изменению структурно-механических свойств мякиша, более длительное время по сравнению с изделиями без сахара [6–9].

Решение задачи сохранения свежести хлебобулочных изделий из пшеничной муки продлевает «жизнь» хлебу и сокращает потери этого важнейшего продукта питания.

Современные методы исследований позволяют получить более полное представление об изменениях, происходящих при черствении хлеба. Изменение свойств хлеба при хранении можно характеризовать объективными инструментальными методами, исследованием химических превращений составных его частей и органолептической оценкой.

В настоящее время разработаны и совершенствуются объективные методы определения степени свежести хлеба, в основу которых положена характеристика изменений свойств мякиша при его хранении. Наиболее широкое распространение получили методы, основанные на определении структурно-механических свойств мякиша хлеба.

**Целью данной работы** является изучение влияния добавленного сахара в рецептуре изделия на структурно-механические свойства хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта.

#### **Материалы и методы исследований.**

Для достижения поставленной цели выработаны следующие образцы хлеба из пшеничной муки первого сорта М36-30 и М36-27 с добавлением сахара в диапазоне от 0 до 10 %:

- ♦ контрольный образец М36-30 — хлебобулочное изделие из муки пшеничной первого сорта М36-30;

- ♦ контрольный образец М36-27 — хлебобулочное изделие из муки пшеничной первого сорта М36-27;
- ♦ образец № 1-30 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-30 с добавлением сахара 2 %;
- ♦ образец № 1-27 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-27 с добавлением сахара 2 %;
- ♦ образец № 2-30 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-30 с добавлением сахара 5 %;
- ♦ образец № 2-27 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-27 с добавлением сахара 5 %;
- ♦ образец № 3-30 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-30 с добавлением сахара 10 %;
- ♦ образец № 3-27 — хлеб из муки пшеничной первого сорта М36-27 с добавлением сахара 10 %.

Исследования реологических характеристик мякиша хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27 с добавлением сахара в различных дозировках и контрольных образцов проводились на информационно-измерительной системе на базе анализатора текстуры (текстуроанализатора) «Структурометр СТ-2» (далее — «Структурометр СТ-2») (рис. 1) [10].



Рис. 1. Прибор «Структурометр СТ-2»  
Fig. 1. Instrument «Structurometer ST-2»

Исследования на приборе позволяют определить реологические характеристики мякиша хлеба: общую деформацию мякиша хлеба ( $H_{\text{общ}}$ ), пластическую ( $H_{\text{пл}}$ ) и упругую ( $H_{\text{упр}}$ ), являющиеся его текстурным профилем (рис. 2).

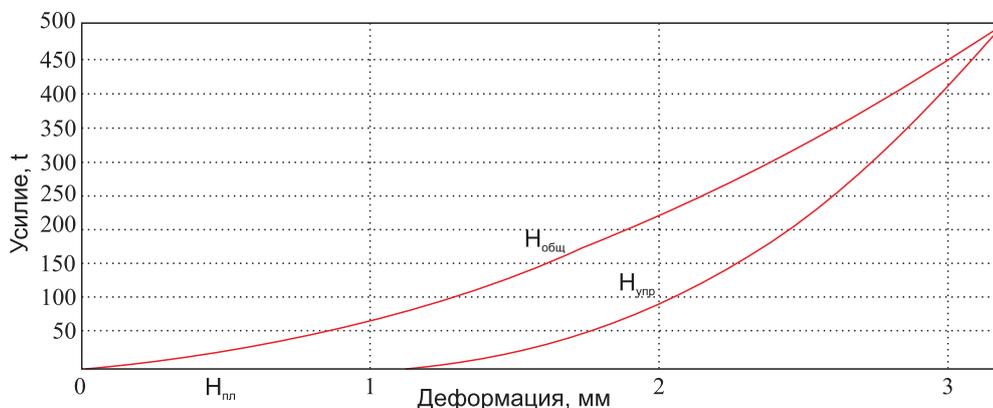


Рис. 2. Текстульный профиль мякиша хлеба  
Fig. 2. Texture profile of the bread crumb

Общая деформация мякиша хлеба — величина, характеризующая сжимаемость мякиша при внедрении индентора «Цилиндр» в мякиш при нагружении, мм.

Пластическая деформация мякиша хлеба — величина, характеризующая «восстановление» мякиша после снятия нагружения, мм.

Упругая деформация — разница между общей и пластической деформацией мякиша хлеба, мм.

Сжимаемость мякиша — один из основных показателей, по которому потребитель оценивает степень свежести или черствости хлеба. После выпечки хлеба при хранении происходят процессы, снижающие сжимаемость хлеба и увеличивающие его способность крошиться. Изделие считается черствым, когда сжимаемость его уменьшается более чем на 40 %.

На приборе для проведения исследований были установлены следующие параметры:  $F_k$  — усилие касания с продуктом ( $F_k = 7$  г),  $V_d$  — скорость движения индентора прибора ( $V_d = 1,0$  мм/с),  $F_n$  — перемещение индентора «Цилиндр» диаметром 36 мм со скоростью движения  $V_d$  вниз до контакта с пробой продукта с усилием  $F_k$  ( $F_n = 500$  Н).

Сжимаемость мякиша ( $C$ , %) изделия определяли по формуле:

$$C = \frac{\Delta D}{D} \times 100, \quad (1)$$

где  $\Delta D$  — изменение общей деформации мякиша хлеба относительно 24 часов хранения, мм;  $D$  — общая деформация мякиша хлеба, мм; 100 — 100 %.

**Результаты исследований и их обсуждение** Исследования структурно-механических свойств мякиша из муки пшеничной первого сорта осуществлялись в выпеченных хлебобулочных изделиях.

Специалистами Государственного предприятия «Белтехнохлеб» проведены исследования изменений структурно-механических свойств мякиша в процессе черствения хлеба из пшеничной муки первого сорта М36-30 и М 36-27 с различным дозированием дополнительного сырья: сахара 2 %, 5 %, 10 %.

Для проведения исследований образцов хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27 была установлена номенклатура показателей качества, наиболее полно характеризующих сохранение свежести изделий, среди которых: органолептические показатели качества хлеба, структурно-механические характеристики мякиша.

На структурно-механические свойства мякиша хлеба оказывает влияние качество используемой муки. Проведены исследования водопоглотительной способности (далее — ВПС) муки пшеничной первого сорта на приборе Миксолаб. Образец муки пшеничной М36-30 характеризуется более высокой водопоглотительной способностью (57,2 %) в сравнении с образцом муки пшеничной М36-27 (56,1 %). Мякиш хлебобулочных изделий из образца муки пшеничной М36-30 будет обладать лучшими гидрофильными свойствами, способствующими замедлению ретроградации крахмала [12].

Для исследования органолептических показателей качества хлеба из пшеничной муки первого сорта и структурно-механических характеристик мякиша хлеба проведены пробные лабораторные выпечки с добавлением сахара (2, 5, 10) %. Исследуемые образцы хлеба закладывались на хранение при температуре хранения 20,6 °С и относительной влажности воздуха 26,3 %. Оценка органолептических показателей проводилась через 2 часа после выпечки при температуре в центре мякиша не более 25 °С. Органолептические показатели испытуемых образцов хлеба: внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах соответствовали требованиям СТБ 1009-96 «Хлеб из пшеничной муки. ОТУ» [13].

Изучение деформационных характеристик мякиша изделий из муки пшеничной первого сорта проводилось по 5 контрольным точкам через: 4, 24, 48, 72 и 96 часов после выпечки.

Наиболее значимым показателем определения сжимаемости мякиша является общая деформация мякиша хлеба. В таблице 1 приведены данные исследований общей деформации, контрольных и испытуемых образцов хлеба из пшеничной муки марок М36-30 и М36-27, изменения деформации мякиша относительно первых 24 часов хранения и сжимаемость мякиша, в %.

Из представленных данных (табл. 1, 2) видно, что через 24 часа хранения у всех исследуемых образцов пшеничного хлеба и контрольных значительно снизилась общая деформация от 1,5 до 2,0 раз. Далее, через 48, 72 и 96 часов продолжалось снижение общей деформации мякиша хлеба. Через 72 и 96 часов хранения по отношению к 24 часам хранения у контрольных образцов и в образцах с содержанием сахара 2 % общая деформация снизилась в 2 и более раза; у образцов с содержанием сахара 5 % и 10 % через 72 часа до 1,5 раза, через 96 часов — в 1,7 раза.

Таблица 1. Реологические характеристики хлеба из пшеничной муки первого сорта М36-30 и М36-27 в процессе хранения  
Table 1. Rheological characteristics of bread from wheat flour of the first grade М36-30 and М36-27 during storage

Наименование образца	Общая деформация мякиша хлеба, мм					Сжимаемость мякиша, %			
	часы								
	4	24	48	72	96	24	48	72	96
Контрольный образец М36-30	4,101	3,381	2,928	1,596	1,505	-	13,40	52,8	55,5
Образец 1-30 (2 % сахара)	4,704	2,606	1,938	1,180	1,100	-	25,60	54,70	57,7
Образец 2-30 (5 % сахара)	6,191	3,243	2,626	2,000	1,911	-	19,00	38,30	41,0
Образец 3-30 (10 % сахара)	5,842	3,496	2,668	2,528	2,109	-	31,30	36,90	41,3
Контрольный образец М36-27	5,171	3,900	3,220	2,070	1,510	-	17,40	46,90	61,3
Образец 1-27 (2 % сахара)	4,433	2,176	2,051	1,183	1,050	-	5,70	45,60	51,7
Образец 2-27 (5 % сахара)	4,403	3,603	3,204	2,730	2,303	-	11,09	24,20	36,0
Образец 3-27 (10 % сахара)	4,350	4,033	3,374	2,652	2,409	-	16,30	34,20	40,3

На рис. 3 и 4 представлены графики сжимаемости мякиша хлеба из пшеничной муки М36-30 и М36-27 в зависимости от продолжительности хранения.

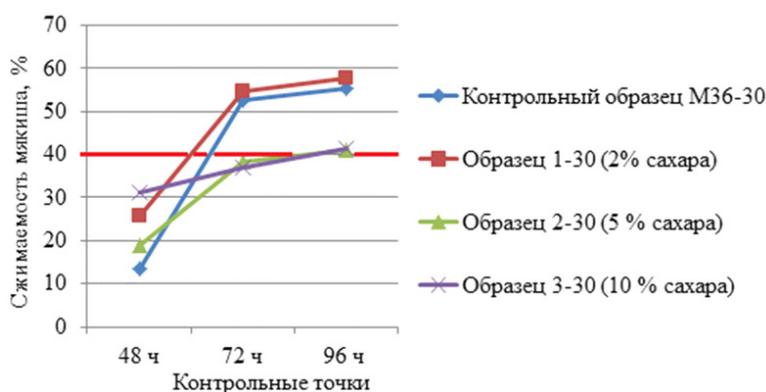


Рис. 3. Зависимость сжимаемости мякиша хлеба из муки пшеничной М36-30 от продолжительности хранения

Fig. 3. Dependence of the compressibility of the bread crumb from wheat flour М36-30 on the duration of storage

Результаты анализа данных, представленных в таблице 1, на рисунках 3 и 4, показывают, что сжимаемость мякиша хлеба у образцов из муки пшеничной первого сорта М36-30 составила менее 40 %:

- ♦ через 48 часов хранения — все образцы;
- ♦ через 72 часа хранения — образцы 2–30 (5 % сахара) и 3–30 (10 % сахара).

Через 96 часов у образцов 2–30 (5 % сахара) и 3–30 (10 % сахара) сжимаемость мякиша была чуть выше порогового значения (41,0 % и 41,3 % соответственно).

Через 72 и 96 часов у образцов контрольного М36-30 и 1–30 (2 % сахара) сжимаемость мякиша была больше порогового значения (40,0 %), т.е. — образцы зачерствели. В образцах хлеба без добавления сахара и с добавлением 2 % сахара свежесть сохранялась в течение 48 часов.

У образцов хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-27 сжимаемость мякиша составила менее 40 %:

- ♦ через 48 часов хранения — все образцы;
- ♦ через 72 часа хранения — образцы 2–27 (5 % сахара) и 3–27 (10 % сахара).

Через 96 часов хранения — образцы 2–27 (5 % сахара) и 3–27 (10 % сахара), у контрольного образца и образца 1–27 (2 % сахара) хлеба из пшеничной муки М36-27 сжимаемость мякиша была выше 40,0 % — образцы зачерствели.

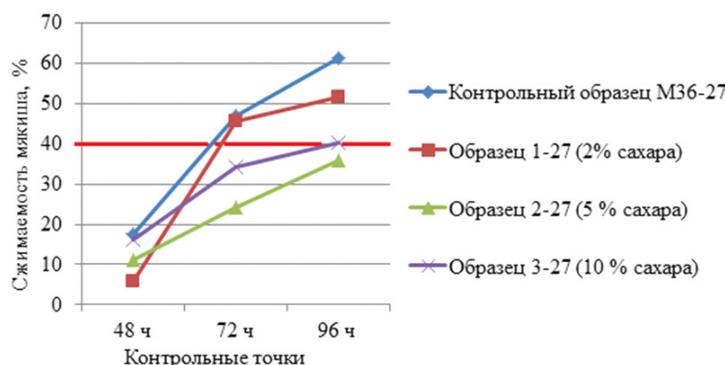


Рис. 4. Зависимость сжимаемости мякиша хлеба из муки пшеничной М36-27 от продолжительности хранения

Fig. 4. Dependence of the compressibility of the bread crumb from wheat flour M36-27 on the duration of storage

Сахар как дополнительное сырье оказывает влияние на набухшие белки клейковинного каркаса в тесте, т.е. оказывает дегидратирующее действие. При увеличении количества внешнего сахара, снижается влажность хлеба. Это один из факторов, влияющих на сжимаемость мякиша в процессе хранения. Таким образом, у большинства образцов происходило постепенное увеличение сжимаемости мякиша хлеба в течение 48 часов, а через 72 часа достигало критического значения — более 40 %.

При сравнении влияния добавленного сахара в рецептуру хлеба из разных марок муки пшеничной следует отметить, что хлебобулочные изделия из муки пшеничной М36-30 (образцы 5 % и 10 % сахара) в сравнении с изделиями из муки пшеничной М36-27 (образцы 5 % и 10 % сахара) обладали несколько лучшими структурно-механическими свойствами (сжимаемость мякиша через 72 часа у образцов 2-30 и 3-30 — 38,3 % и 36,8 %, у образцов 2-27 и 3-27 — 24,2 % и 34,2 % соответственно). Вероятно, это обусловлено лучшими гидрофильными свойствами, способствующими замедлению ретроградации крахмала, установленными на приборе Миксолаб.

При сравнении сжимаемости мякиша контрольных образцов хлеба из пшеничной муки первого сорта и с добавлением 5 % и 10 % сахара к массе муки в рецептуру изделий установлено, что сжимаемость мякиша у контрольных образцов через 72 часа хранения была выше на 30 %, через 96 часов — в среднем на 25 %. При добавлении 2 % сахара сжимаемость мякиша через 72 часа и 96 часов хранения была на уровне контрольных образцов.

**Заключение.** В результате проведенных исследований выявлено, что сахар оказывает влияние на структурно-механические свойства хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27. Через 72 часа хранения сжимаемость мякиша составила менее 40 % у образцов хлеба из муки пшеничной первого сорта М36-30 и М36-27 с добавлением 5 % и 10 % сахара, через 96 часов сжимаемость мякиша этих образцов находилась на пограничном значении 36,0 — 41,3 %. Добавление 2 % сахара к массе муки не оказало существенного влияния на сжимаемость мякиша и в период исследований была практически на уровне контрольного образца.

Установлено, что для сохранения свежести хлеба из пшеничной муки М36-30 и М36-27 в течение 96 часов оптимальным количеством добавленного сахара к массе муки является 5 % и 10 %.

Для сохранения свежести хлеба, необходимы технологии для замедления изменений в крахмальных и белковых веществах.

## Список использованных источников

1. Болтенко, Ю. А. Определение реологических свойств мякиша хлебобулочных изделий / Ю.А. Болтенко // Хлебопродукты. — 2008. — № 12. — С. 58–59.
2. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп.; под общ. ред. Л.И. Пучковой / Л. Я. Ауэрман. — СПб: Профессия, 2005. — 416 с.
3. Горячева, А. Ф. Сохранение свежести хлеба / А.Ф. Горячева, Р.В. Кузминский. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 240 с.
4. Пащенко, Л. П. Физико-химические основы технологии хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко. — Воронеж, 2006. — 312 с.
5. Ауэрман, Л. Я. О роли белковых веществ мякиша хлеба в процессе его черствения / Л. Я. Ауэрман, Р. Г. Рахманкулова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1957. — №2. — С. 22–26.
6. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность: Учеб.-справ. пособие / А. С. Романов [и др.]; под общ. ред. В. М. Позняковского. 2-е изд., испр. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. — 278 с.
7. Ким, Л. В. О черствении хлеба / Л. В. Ким // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1975. — №5. — С. 19–20.
8. Влияние сахара на свойства теста и хлеба [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://astrahleb.ru/vliyanie-sahara-na-svoystva-testa-i-hleba>. — Дата доступа: 16.07.2022.
9. Влияние сахара на характеристики хлеба [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://hleb-produkt.ru/sohranenie-svezhesti-hleba/16-vliyanie-sahara-na-harakteristiki-hleba.html>. — Дата доступа: 30.07.2022.
10. Черных, В.Я. Практическое применение прибора СТРУКТУРОМЕТР СТ-2 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://strukturoometr.ru/publikaczii/publikacziya-6.html>. — Дата доступа: 30.07.2022.
11. Влияние компонентов рецептуры, условий технологического режима на свойства теста и качество готовых изделий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5909673/page:3>. — Дата доступа: 30.07.2022.
12. Юсупова, Г.Г. Методы контроля качества муки по реологическим свойствам теста / Г. Г. Юсупова, О. Н. Бердышникова // Хлебопекарное производство. — 2011. — № 2. — С. 48–53.
13. Хлеб из пшеничной муки. Общие технические условия: СТБ 1009-96. — Изм. №6 Введ. 01.01.20174. — Минск: Государственное предприятие «Белтехнохлеб», 1996. — 94 с.

## Информация об авторах

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

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

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

E-mail: [technolog77@mail.ru](mailto:technolog77@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: [technolog77@mail.ru](mailto:technolog77@mail.ru)

*Горошнякова Снежана Дмитриевна* — инженер-технолог 2 категории отдела технологий и стандартизации Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: [technolog77@mail.ru](mailto:technolog77@mail.ru)

## Information about authors

*Laptenok Natalia Sergeevna* — PhD (Engineering), Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

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

*Dudareva Anastasiya Nikolaevna* — Deputy Director of the State Enterprise “Beltekhnohleb” (30, Rakovskaya str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [technolog77@mail.ru](mailto:technolog77@mail.ru)

*Sevastey Lyudmila Ivanovna* — Chief Technologist — Head of Technology and Standardization Department of State Enterprise “Beltechnohleb” (30, Rakovskaya str., 220004, Minsk, Belarus).

E-mail: [technolog77@mail.ru](mailto:technolog77@mail.ru)

*Goroshnyakova Snezhana Dmitrievna* — engineer-technologist of the 2nd category of the Department of Technology and Standardization of the State Enterprise “Beltekhnohleb” (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [technolog77@mail.ru](mailto:technolog77@mail.ru)

УДК 664.1.039

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-69-78](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-69-78)

Поступила в редакцию 11.08.2022

Received 11.08.2022

**О. К. Никулина<sup>1</sup>, О. В. Колоскова<sup>1</sup>, М. Р. Яковлева<sup>1</sup>, О. В. Дымар<sup>2</sup>**<sup>1</sup> РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup> Представительство АО «МЕГА» в Республике Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

## **ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ ДИФфуЗИОННОГО СОКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ**

**Аннотация.** Важным этапом в оптимизации свеклосахарного производства является совершенствование технологии очистки диффузионного сока. Для повышения эффективности технологии очистки диффузионного сока необходимо интенсифицировать отдельные ее стадии в классической схеме с достижением максимально возможных локальных и общего эффекта очистки. Наиболее перспективным и малоисследованным методом обработки продуктов переработки сахарной свеклы с целью регулирования их минерального состава и снижения отрицательного влияния золы на технологический процесс получения сахара является электродиализ, позволяющий очищать сахарные растворы от электролитов.

Целью данной работы было изучение минерального и органического состава полупродуктов сахарного производства и исследование его изменения в процессе электромембранной обработки. Для получения данных о фактических пределах изменения содержания катионов, анионов в полупродуктах сахарного производства и их технологического качества были проведены модельные испытания процесса электродиализа в условиях реального производства на ОАО «Городейский сахарный комбинат». Испытания проводились при установленном режиме получения сахара на пилотной мембранной установке с катионно-анионным набором мембран на диффузионных соках, соках I сатурации и сульфитированных соках.

Установлено, что в процессе электродиализа из полупродуктов сахарного производства катионы калия удаляются на 94,4–98,5 %. Из сока I сатурации катионы кальция удаляются на 93,6 %, из сульфитированного сока — на 66,7 %. При этом повышается чистота сульфитированного сока на 4,1 %, сока I сатурации — на 5,2 %, происходит снижение солей кальция и *α*-аминного азота в соке I сатурации на 93,5 и 95,8 % соответственно, в сульфитированном соке — на 76,5 и 43,8 %. В диффузионном соке снижение содержания *α*-аминного азота составляет всего 11,9 %, снижения солей кальция не наблюдается, снижение общего количества несахаров 29,3 %, что дает основание считать его обработку малоэффективной по сравнению с другими полупродуктами.

**Ключевые слова:** очистка диффузионного сока, электромембранная обработка, электродиализ, минеральный состав, органические кислоты

**О. К. Nikulina<sup>1</sup>, O. V. Koloskova<sup>1</sup>, M. R. Yakovleva<sup>1</sup>, O. V. Dymar<sup>2</sup>**<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> Representative of MEGA a.s. in Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

## **INCREASING THE DIFFUSION JUICE PURIFICATION DEGREE BY THE ELECTROCHEMICAL DEMINERALIZATION PROCESS**

**Abstract.** The improvement of the diffusion juice purification technology is an important stage of the optimization of sugar beet production. To increase the efficiency of the technology of diffusion juice purification, it is necessary to intensify separate stages of purification of diffusion juice in the classical scheme with the achievement of the maximum possible local and the general effects of purification. The most perspective and insufficiently explored method of sugar beet by-products treatment is electrodiolysis, which makes it possible to purify sugar solutions from electrolytes.

Electrodialysis allows to regulate mineral composition of sugar beet by-products and reduce the negative effect of ash content on the technological process of sugar production.

The purpose of this study was to investigate the mineral and organic composition of intermediate products of sugar production and study its changes in the process of electromembrane treatment. Model tests of the electrodialysis process were carried out in industrial conditions at JSC “Gorodeya Sugar Refinery” to obtain data on the actual range of changes in the cations and anions content in the intermediate products of sugar production and its technological quality. The tests were carried out on a pilot membrane plant with a cationic-anionic set of membranes in a steady state mode. The demineralization process was explored on diffusion juices, juices of I saturation and sulphitated juices.

It has been established that in the process of electrodialysis potassium cations are removed from sugar beet by-products by 94.4–98.5%. Calcium cations are removed from the juice of I saturation by 93.6%, from sulphitated juice — by 66.7%. At the same time, the purity of sulphitated juice increases by 4.1%, juice of the first saturation — by 5.2%, there is a decrease in calcium salts and  $\alpha$ -amine nitrogen in the juice of the first saturation — by 93.5 and 95.8%, respectively, in sulphitated juice — by 76.5 and 43.8%. In diffusion juice, the decrease in the content of  $\alpha$ -amine nitrogen is only 11.9%, there is no decrease in calcium salts, a decrease in the total amount of non-sugars is 29.3%, which gives reason to consider its processing ineffective compared to other intermediates.

**Key words:** purification of diffusion juice, electromembrane treatment, electrodialysis, mineral composition, organic acids

**Введение.** Важным фактором в оптимизации свеклосахарного производства является совершенствование технологии очистки диффузионного сока. Для повышения ее эффективности сделаны попытки интенсифицировать отдельные стадии технологического процесса в классической схеме [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Совершенствование локальных операций обеспечивает получение максимального интегрального эффекта очистки диффузионного сока [1]. Вместе с тем, разработка новых решений в данном направлении продолжается [7, 8, 9, 10, 11], но окончательного решения до сих пор нет, что делает научный поиск в данном направлении по-прежнему актуальным.

Исследования качества сахарной свеклы, выращенной в условиях Республики Беларусь, показали, что отечественное сырье характеризуется высоким содержанием золы в диапазоне 0,60–0,76 % к массе свеклы, а по некоторым зонам свеклосеяния уровень содержания золы доходит до 0,89 % к массе свеклы, что предполагает получение диффузионного сока низкого качества, даже при высоких показателях сахаристости свеклы и чистоты свекловичного сока. При этом содержание калия находится в диапазоне 5,13–8,20 ммоль на 100 г свеклы (среднее 6,67 ммоль на 100 г свеклы), содержание натрия — 0,36–1,20 ммоль на 100 г свеклы (среднее 0,78 ммоль на 100 г свеклы). Это обеспечивает соотношение калия к натрию 9 : 1, при оптимальном для переработки соотношении 5 : 1 [12]. Зола составляет 25–27 % несахаров (НСХ) диффузионного сока и существенно влияет на его качество, поэтому поиск технологических приемов, позволяющих уменьшить количество золы в технологическом процессе производства сахара из сахарной свеклы, имеет важное значение.

Наиболее перспективным и малоисследованным методом обработки продуктов переработки сахарной свеклы с целью регулирования их минерального состава и снижения отрицательного влияния золы на технологический процесс получения сахара является электрохимический ионообменный процесс — электродиализ, позволяющий очищать сахарные растворы от электролитов.

**Целью данной работы** являлось изучение минерального и органического состава полупродуктов сахарного производства и исследование его изменения в процессе электромембранной обработки.

**Материалы и методы исследований.** Пробы полупродуктов сахарного производства отбирались на ОАО «Городейский сахарный комбинат» в процессе переработки сахарной свеклы урожая 2019 года для изучения химического состава. Исследования по содержанию общей золы, калия, натрия, кальция, магния, органических кислот были проведены Республиканским контрольно-испытательным комплексом по качеству и безопасности продуктов питания, исследования содержания редуцирующих веществ, азотистых соединений и показателей технологического качества полупродуктов были проведены научно-исследовательской лабораторией сахарного производства.

Модельные испытания процесса деминерализации производились на пилотной мембранной установке ED(R) — Y производства MEGA a.s., Чехия с катионно-анионным набором мембран [13].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Средние показатели содержания золы в полупродуктах сахарного производства представлены в табл. 1 [12].

Таблица 1. Содержание золы в полупродуктах сахарного производства  
Table 1. Ash content in semi-products of sugar production

	содержание в полупродукте, % к массе полупродукта		содержание золы на 100 НСХ, %	содержание золы на 100 СВ, %
	СВ	НСХ		
Диффузионный сок	17,84	0,4	1,69	23,7
Сок I сатурации	17,21	0,4	1,41	28,4
Сульфитированный сок	17,33	0,3	1,25	24,0
Оттек утфеля I кристаллизации	81,00	3,7	12,18	30,4
Оттек утфеля II кристаллизации	84,81	5,8	18,64	31,1
Меласса	84,21	7,7	27,75	27,7

Результаты исследований свидетельствуют о том, что зола из диффузионного сока мало удаляется в процессе его очистки, но увеличивается к концу процесса за счет вносимых в сок вспомогательных средств [12]. Средние показатели процентного содержания калия, натрия, кальция и магния в золе исследуемых полупродуктов приведены в табл. 2 [12].

Таблица 2. Массовая доля катионов в сырье и полупродуктах сахарного производства (% к массе золы)

Table 2. Mass fraction of cations in raw materials and intermediate products of sugar production (% by weight of ash)

Полупродукт сахарного производства	калий, %	натрий, %	кальций, %	магний, %
Сахарная свекла	30,7	1,8	-	-
Диффузионный сок	27,8	1,0	1,5	3,5
Сок I сатурации	24,5	1,0	13,0	0,0
Сульфитированный сок	33,0	4,7	1,7	0,0
Оттек утфеля I кристаллизации	33,7	5,4	1,7	0,1
Оттек утфеля II кристаллизации	34,7	5,3	2,0	0,1
Меласса	32,5	4,6	1,7	0,1

Минеральные вещества сахарной свеклы в большей степени представлены калием, который составляет 24,5 — 34,7 % золы полупродуктов, не удаляется в процессе очистки и накапливается в межкристалльных оттеках и мелассе. Содержание натрия в диффузионном соке незначительно, по сравнению с другими катионами, но уже в сульфитированном соке оно увеличивается за счет добавления подщелачивающих реагентов и достигает более 5 % [12]. Ионы калия и натрия являются наиболее сильными мелассообразователями и способствуют увеличению содержания сахара в мелассе и ее выхода [14].

Катионы кальция составляют 1,5 % от золы диффузионного сока. Они увеличиваются в соке I сатурации за счет добавления извести на очистку сока и удаляются до получения сульфитированного сока, но их количество остается значительным и влияет на работу теплообменной аппаратуры за счет образования малорастворимых солей с органическими кислотами.

Катионы магния обнаруживаются в значительном количестве в диффузионном соке. Далее по процессу катионы магния не обнаружены или их количество незначительно.

Результаты исследований (табл. 3) показывают, что шавелевая и яблочная кислоты не удаляются при очистке и накапливаются в полупродуктах к концу производства. Молочная и уксусная кислоты в процессе очистки сока удаляются в значительной мере, но снова образуются в процессе производства и накапливаются в мелассе. Состав органических веществ меняется в процессе производства и их содержание в полупродуктах увеличивается к его концу. Лимонная кислота в отобранных продуктах не обнаружена. Редуцирующие вещества в значительной мере удаляются на стадии очистки диффузионного сока, но образуются в большом количестве в конечных полупродуктах.

**Таблица 3. Массовая доля органических веществ в полупродуктах сахарного производства (% к массе продукта)**
**Table 3. Mass fraction of organic substances in intermediate products of sugar production (% by weight of the product)**

Полупродукт сахарного производства	щавелевая кислота, %	яблочная кислота, %	молочная кислота, %	уксусная кислота, %	лимонная кислота, %	редуцирующие вещества, %	белки, %	нитраты, %
Диффузионный сок	0,148	0,012	0,580	0,128	0	0,105	0,75	0,003
Сок I сатурации	0,196	0,037	0,168	0,011	0	0,009	0,38	0,090
Сульфитированный сок	0,159	0,035	0,278	0,016	0	0,020	0,54	0,028
Оттек утфеля I кристаллизации	0,948	0,272	2,062	0,258	0	0,497	6,25	0,442
Оттек утфеля II кристаллизации	0,952	0,492	2,238	0,297	0	0,512	8,88	0,564
Меласса	0,648	0,390	2,160	0,608	0	0,876	11,13	0,769

Так как с технологической точки зрения целесообразнее удалять несакхара в начале технологической схемы производства сахара, т.е. проводить электродиализную очистку сока, что интенсифицирует работу выпарной установки и продуктового отделения сахарного завода, для обработки использовали диффузионный сок различной степени очистки по стадиям классического технологического процесса.

Для получения данных о фактических пределах изменения содержания катионов, анионов в полупродуктах сахарного производства и их технологического качества были проведены модельные испытания процесса электродиализа в условиях реального производства при установленном режиме получения сахара на пилотной мембранной установке с катионно-анионным набором мембран на диффузионных соках, соках I сатурации и сульфитированных соках.

**Таблица 4. Изменение минерального состава полупродуктов сахарного производства в процессе электродиализа (% к массе продукта)**
**Table 4. Change in the mineral composition of intermediate products of sugar production in the process of electro dialysis (% by weight of the product)**

Полупродукт сахарного производства	зола, %	калий, %	натрий, %	кальций, %
Диффузионный сок				
Сок	0,4	0,108	0,004	0,007
Дилуат	0,0	0,006	0,002	0,007
Δ	0,4	0,102	0,002	0,000
Сок I сатурации				
Сок	0,4	0,100	0,004	0,055
Дилуат	0,0	0,005	0,002	0,004
Δ	0,4	0,095	0,002	0,051
Сульфитированный сок				
Сок	0,4	0,100	0,016	0,006
Дилуат	0,0	0,002	0,002	0,002
Δ	0,4	0,098	0,014	0,004
Удаление катионов в процессе электродиализа, % к исходному количеству				
Диффузионный сок	100	94,4	50,0	0,0
Сок I сатурации	100	95,0	50,0	93,6
Сульфитированный сок	100	98,5	90,3	66,7

Анализ данных (табл. 4) показывает, что определяемая методом сжигания общая зола в процессе электродиализа из полупродуктов сахарного производства удаляется полностью.

Определенное с помощью атомно-эмиссионного спектрометра остаточное количество катионов калия, натрия и кальция в полупродуктах после электродиализа составляет

0,002–0,006 % к массе полупродуктов (с пределом удаления 0,002 %) и в сумме не превышает 0,015 % к их массе или 4 % к массе исходной золы. Поэтому при небольшом количестве катионов в исходном полупродукте изменение их содержания в процессе электродиализа не столь значительно, в связи со значениями близкими к пределу удаления.

Полученные данные свидетельствуют, что в процессе электродиализа из полупродуктов сахарного производства на 94,4 — 98,5 % удаляются катионы калия. Катионы натрия на 90,3 % удаляются из сульфитированного сока, вследствие того, что их количество в нем значительно выше, чем в других исследуемых соках. Катионы кальция не удаляются из диффузионного сока. Из сока I сатурации катионы кальция удаляются на 93,6 %. Из сульфитированного сока катионы кальция удаляются до предела удаления, следовательно эффект декальцинации сульфитированного сока при использовании электродиализа составляет 66,7 % [13].

Таблица 5. Изменение органического состава полупродуктов сахарного производства в процессе электродиализа (% к массе продукта)

Table 5. Changes of the organic composition of intermediate products of sugar production in the process of electrodiagnosis (% by weight of the product)

Полупродукт сахарного производства	щавелевая кислота, %	яблочная кислота, %	молочная кислота, %	уксусная кислота, %	редуцирующие вещества, %	белки, %	нитраты, %
Диффузионный сок							
Сок	0,174	0,019	0,570	0,139	0,105	0,75	0,031
Дилуат	0,015	0,000	0,119	0,034	0,084	0,47	0,006
Δ	0,159	0,019	0,451	0,105	0,021	0,28	0,025
Сок I сатурации							
Сок	0,197	0,038	0,163	0,012	0,004	0,44	0,091
Дилуат	0,002	0,017	0,032	0,004	0,005	0,25	0,001
Δ	0,196	0,021	0,131	0,008	+0,001	0,19	0,090
Сульфитированный сок							
Сок	0,160	0,038	0,298	0,015	0,014	0,54	0,028
Дилуат	0,002	0,021	0,063	0,005	0,016	0,41	0,001
Δ	0,159	0,017	0,236	0,010	+0,002	0,13	0,027
Удаление органических веществ в процессе электродиализа, % к исходному количеству							
Диффузионный сок	91,4	100,0	79,1	75,5	20,0	37,3	80,6
Сок I сатурации	99,2	56,0	80,6	66,7	+25,0	43,2	98,9
Сульфитированный сок	99,1	44,0	79,0	66,7	+14,3	24,1	96,4

Результаты исследования изменения органического состава диффузионного, сульфитированного соков и сока I сатурации в процессе электромембранной обработки (в табл. 5) показывают, что в процессе электродиализа из полупродуктов сахарного производства на 91 — 99 % удаляется щавелевая кислота, на 44 — 100 % яблочная, на 67 — 76 % уксусная и на 79 — 81 % молочная кислоты. Белки удаляются на 24 — 43 %, нитраты на 81 — 99 %. Редуцирующие вещества в процессе обработки соков снижаются на 20 % в диффузионном соке, увеличиваются на 14 % в сульфитированном и 25 % в соке I сатурации.

Изменение содержания редуцирующих веществ в процессе электромембранной обработки полупродуктов сахарного производства требует более глубоко изучения.

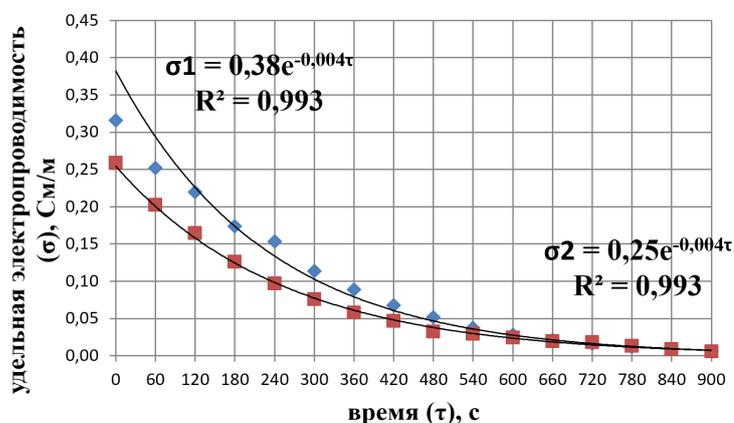
Из табл. 6 следует, что чистота всех соков в результате деминерализации значительно повышается. Снижение содержания сухих веществ происходит в основном за счет снижения количества несхаров, потери же сахарозы в процессе незначительны и наблюдаются при работе с сульфитированным соком. Также наблюдается значительное снижение солей кальция и *α*-аминного азота в соке I сатурации (93,5 и 95,8 % соответственно) и в меньшей степени в сульфитированном соке (76,5 и 43,8 %). В диффузионном соке снижение содержания *α*-аминного азота составляет всего 11,9 %, снижения солей кальция не наблюдается, снижение общего количества несхаров — 29,3 %, что дает основание считать его обработку малоэффективной по сравнению с другими полупродуктами [15].

Таблица 6. Изменение технологических показателей полупродуктов сахарного производства  
Table 6. Changes of technological indicators of semi-products of sugar production

Полупродукт сахарного производства	СВ, %	СХ, %	Ч, %	рН	НСХ, %	соли кальция, %	α-аминовый азот, %
Диффузионный сок							
Сок	17,75	16,28	91,75	6,6	1,47	0,050	0,042
Дилуат	17,14	16,16	94,32	3,5	0,98	0,050	0,037
Δ	0,61	0,12	+2,57	3,1	0,49	0,000	0,005
Сок I сатурации							
Сок	17,43	15,97	91,60	10,9	1,47	0,077	0,024
Дилуат	16,40	15,88	96,83	8,0	0,52	0,005	0,001
Δ	1,04	0,09	+5,24	2,9	0,95	0,072	0,023
Сульфитированный сок							
Сок	17,44	16,14	92,53	8,9	1,30	0,009	0,016
Дилуат	16,05	15,51	96,66	4,5	0,54	0,002	0,009
Δ	1,39	0,63	+4,13	4,4	0,77	0,007	0,007
Изменение показателей в процессе электродиализа, % к исходному качеству							
Диффузионный сок					29,3	0,0	11,9
Сок I сатурации					64,5	93,5	95,8
Сульфитированный сок					58,8	76,5	43,8

При проведении модельных испытаний в процессе электродиализа измеряли удельную электропроводимость полупродуктов. Изменение величины удельной электропроводимости отражает степень деминерализации раствора в контрольной точке и является основным параметром для регулирования данного процесса.

Процесс описан графиками, представленными на рис. 1.



- ◆ Удельная электропроводимость сульфитированного сока (σ1)
- Удельная электропроводимость сока I сатурации (σ2)

Рис. 1. Процесс деминерализации  
Fig. 1. Demineralization process

Очевидно (рис. 1), что скорость деминерализации к окончанию процесса замедляется. Так как длительность процесса деминерализации зависит не только от химического состава начального полупродукта, но и от потока полупродукта, продолжительности работы установки, качества санитарной обработки мембран, срока их эксплуатации и др., время протекания процесса деминерализации может варьироваться в больших пределах. Сокращение длительности процессов в производстве всегда является более предпочтительным по энергозатратам, поэтому для установления необходимости осуществления электромембранной обработки сока до его полной деминерализации проводилась оценка степени деминерализации соков по ходу процесса.

Экспериментальные данные позволяют рассчитать уравнения регрессии, описывающие деминерализацию сока I сатурации экспоненциальной зависимостью вида (1) и деминерализацию сульфитированного сока уравнением аналогичного вида (2):

$$\sigma = 0,25e^{-0,004\tau}, \quad (1)$$

$$\sigma = 0,38e^{-0,004\tau}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  — удельная электропроводимость, См/м;  $\tau$  — время, с.

Используя уравнения, находили значения удельной электропроводимости соответствующие 360 секундам. Химический состав и технологическое качество дилуата определяли при удельной электропроводимости 0,06 См/м для сатурационного сока и 0,09 См/м для сульфитированного (1 этап) и при завершении процесса (2 этап).

Промежуточные показатели, оценка степени деминерализации и ее влияния на технологическое качество сока I сатурации и сульфитированного сока приведены в таблицах 7 — 9.

Таблица 7. Изменение минерального состава сока I сатурации и сульфитированного сока в процессе электродиализа (% к массе продукта)

Table 7. Changes of the mineral composition of juice of I saturation and sulphitated juice during electrodiagnosis (% by weight of the product)

Полупродукт сахарного производства	Зола, %	Калий, %	Натрий, %	Кальций, %
Сок I сатурации				
Сок	0,3	0,091	0,003	0,038
Дилуат (1 этап)	0,1	0,016	0,003	0,014
Δ	0,2	0,075	0	0,024
Дилуат (2 этап)	0,0	0,005	0,002	0,005
Δ	0,3	0,086	0,001	0,033
Сульфитированный сок				
Сок	0,3	0,097	0,011	0,005
Дилуат (1 этап)	0,0	0,009	0,004	0,002
Δ	0,3	0,088	0,007	0,003
Дилуат (2 этап)	0,0	0,002	0,002	0,001
Δ	0,3	0,095	0,009	0,004
Изменение показателей в процессе электродиализа, % к исходному качеству				
Сок I сатурации: 1 этап	66,7	82,4	0	63,2
2 этап	100,0	94,5	33,3	86,8
Сульфитированный сок: 1 этап	100,0	90,7	63,6	40,0
2 этап	100,0	97,9	81,8	80,0

Полученные данные (табл. 7) свидетельствуют о том, что переход катионов на первом и втором этапах деминерализации осуществляется по-разному. Катионы калия уже на первом этапе удаляются из сока I сатурации на 82,4 % и из сульфитированного сока на 90,7 %. Из сока I сатурации катионы кальция и общая зола удаляются на 63,2 и 66,7 % соответственно. Содержание катионов натрия в соке I сатурации незначительно, поэтому степень их удаления низкая — 33,3 %.

Общая зола, определенная методом сжигания, удаляется из сульфитированного сока полностью уже на первом этапе, катионы кальция на первом этапе удаляются на 40,0 %, натрия — на 63,6 %. Содержание катионов кальция в соке низкое, поэтому степень их удаления достигает 80 % к концу процесса.

Данные из табл. 8 свидетельствуют об удалении щавелевой кислоты из соков на 94,2 — 96,8 % и полном удалении уксусной кислоты уже на первом этапе процесса деминерализации. Из сока I сатурации молочная кислота удаляется на 67,8 % на первом этапе при общем ее удалении на 87,9 %. Яблочная кислота и белки удаляются из сока I сатурации на 48,4 и 43,2 % соответственно, из них за первый этап на 35,5 и 29,5 %. Редуцирующие вещества из сока I сатурации удаляются на 38,5 % на первом этапе процесса деминерализации, но в конце второго этапа деминерализации содержание редуцирующих веществ в соке увеличивается. Это может свидетельствовать о разложении органических соединений при использовании электродиализа.

Таблица 8. Изменение органического состава сока I сатурации и сульфитированного сока в процессе электродиализа (% к массе продукта)  
 Table 8. Changes of the organic composition of the juice of I saturation and sulphitated juice in the process of electrodiagnosis (% by weight of the product)

Полупродукт сахарного производства	Щавелевая кислота, %	Яблочная кислота, %	Молочная кислота, %	Уксусная кислота, %	Редуцирующие вещества, %	Белки, %
Сок I сатурации						
Сок	0,171	0,031	0,174	0,007	0,013	0,44
Дилуат (1 этап)	0,010	0,020	0,056	0,000	0,008	0,31
Δ	0,161	0,011	0,118	0,007	0,005	0,13
Дилуат (2 этап)	0,003	0,016	0,021	0,000	0,016	0,25
Δ	0,168	0,015	0,153	0,007	+0,003	0,19
Сульфитированный сок						
Сок	0,156	0,031	0,237	0,018	0,032	0,44
Дилуат (1 этап)	0,005	0,030	0,039	0,000	0,015	0,31
Δ	0,151	0,001	0,198	0,018	0,017	0,13
Дилуат (2 этап)	0,003	0,027	0,015	0,000	0,031	0,25
Δ	0,153	0,004	0,222	0,018	0,001	0,19
Изменение показателей в процессе электродиализа, % к исходному качеству						
Сок I сатурации: 1 этап	94,2	35,5	67,8	100,0	38,5	29,5
2 этап	98,2	48,4	87,9	100,0	+23,1	43,2
Сульфитированный сок: 1 этап	96,8	3,2	83,5	100,0	53,1	29,5
2 этап	98,1	12,9	93,7	100,0	3,1	43,2

Из сульфитированного сока молочная кислота удаляется на 83,5 % на первом этапе при общем ее удалении на 93,7 %. Яблочная кислота и белки удаляются из сока на 12,9 и 43,2 % соответственно, из них за первый этап на 3,2 и 29,5 %. Редуцирующие вещества из сульфитированного сока удаляются на 53,1 % на первом этапе процесса деминерализации, но в конце второго этапа деминерализации содержание редуцирующих веществ в соке увеличивается и эффект удаления составляет всего 3,1 %.

Данные экспериментов (табл. 9) свидетельствуют, что в процессе электромембранной обработки сока I сатурации происходит снижение содержания сухих веществ в основном за счет удаления из сока несахаров на 65,4 % и вследствие этого повышение чистоты сока на 4,8 %, потери сахарозы составляют 0,24 % к массе сока. При этом большая часть несахаров удаляется на первом этапе процесса деминерализации, что влечет за собой более значимое повышение чистоты сока.

Степень изменения технологического показателя соли кальция, определяемого титриметрическим методом, практически соответствует степени удаления катионов кальция, определенных методом пламенной фотометрии. Из этого следует, что упрощенный метод титриметрического определения солей кальция является подходящим для контроля и оценки перехода катионов кальция в процессе деминерализации.

В процессе электромембранной обработки сульфитированного сока происходит снижение содержания сухих веществ на 56,8 % и вследствие этого повышение чистоты сока на 4,0 %, потери сахарозы составляют 0,62 % к массе сока. При этом большая часть несахаров удаляется на первом этапе процесса деминерализации, что влечет за собой более значимое повышение чистоты сока. Степень изменения технологического показателя соли кальция, определяемого титриметрическим методом, составила 55,6 % на первом и 66,7 % на втором этапе деминерализации.

Дальнейшие исследования процесса электромембранной обработки полупродуктов сахарного производства позволят установить оптимальные точки применения электродиализа и предложить экономически эффективные режимы обработки.

**Заключение.** Установлено, что в процессе электродиализа из полупродуктов сахарного производства катионы калия удаляются на 94,4–98,5 %. Из сока I сатурации катионы кальция удаляются на 93,6 %, декальцинация сульфитированного сока при использовании электродиализа составляет 66,7 %. При этом повышается чистота сульфитированного сока на

4,1 % и сока I сатурации на 5,2 %, происходит снижение солей кальция и  $\alpha$ -аминного азота в соке I сатурации на 93,5 и 95,8 % соответственно и в меньшей степени в сульфитированном соке — на 76,5 и 43,8 %. В диффузионном соке снижение содержания  $\alpha$ -аминного азота составляет всего 11,9 %, снижения солей кальция не наблюдается, снижение общего количества несахаров 29,3 %, что дает основание считать его обработку малоэффективной по сравнению с другими полупродуктами.

Таблица 9. Изменение технологического качества сока I сатурации и сульфитированного сока в процессе электродиализа

Table 9. Change of the technological quality of I saturation and sulphitated juice in the process of electrodiagnosis

Полупродукт сахарного производства	СВ, %	СХ, %	Ч, %	pH	НСХ, %	Соли кальция, %
Сок I сатурации						
Сок	16,96	15,66	92,33	10,9	1,30	0,073
Дилуат (1 этап)	16,08	15,47	96,21	10,1	0,61	0,026
$\Delta$	0,88	0,19	+3,9	0,8	0,69	0,047
Дилуат (2 этап)	15,87	15,42	97,15	9,3	0,45	0,009
$\Delta$	1,09	0,24	+4,8	1,6	0,85	0,064
Сульфитированный сок						
Сок	17,61	16,29	92,50	9,0	1,32	0,009
Дилуат (1 этап)	16,80	16,14	96,10	6,7	0,66	0,004
$\Delta$	0,81	0,15	+3,6	2,3	0,66	0,005
Дилуат (2 этап)	16,24	15,67	96,49	4,8	0,57	0,003
$\Delta$	1,37	0,62	+3,99	4,2	0,75	0,006
Изменение показателей в процессе электродиализа, % к исходному качеству						
Сок I сатурации: 1 этап					53,1	64,4
2 этап					65,4	87,7
Сульфитированный сок: 1 этап					50,0	55,6
2 этап					56,8	66,7

С целью сокращения длительности и повышения экономической эффективности процесса электромембранной обработки установлено, что в производственных условиях целесообразно ориентироваться на предельно технически достижимую степень деминерализации. Так как большая часть несахаров удаляется из полупродуктов на первом этапе обработки, существует рациональная степень деминерализации, обеспечивающая при сохранении приемлемого качества обработки высокую скорость процесса удаления примесей.

#### Список использованных источников

1. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: Беларус. навука. — 2013. — 232 с. (Настольная книга производителя).
2. Рева, Л. П. Совершенствование современной типовой технологической схемы очистки диффузионного сока / Л. П. Рева, В. Ю. Вислобоков // Сахар. — 2013. — № 4. — С. 54–61.
3. Решетова, Р. С. Виды возвратов на предварительную дефекацию, их влияние на формирование осадка несахаров и эффективность очистки диффузионного сока / Р. С. Решетова, О. Ю. Бганцева, М. А. Гаманченко // Сахар. — 2020. — № 9. — С. 18–23.
4. Круглик, С. В. Об оптимизации технологии на отдельных стадиях производства сахара / С. В. Круглик // Сахар. — 2020. — № 4. — С. 27–35.
5. Совершенствование способа известково-углекислотной очистки диффузионного сока свеклосахарного производства / В.О. Городецкий [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2017. — № 5-6 (359-360). — С. 67–70.
6. Савостин, А. В. Совершенствование очистки диффузионных соков на основе свойств дисперсных систем / А. В. Савостин, И.М. Кузьмин // Сахар. — 2011. — № 3. — С. 52–54.
7. The potential of microfiltration and ultrafiltration process in purification of raw sugar beet juice / V. Hakimzadeh [and etc.] // Desalination. — 2006. — № 200 (1-3). — P. 520–522.

8. *Hinkova, A.* Potentials of separation membranes in the sugar industry / *A. Hinkova, Z. Bubnik, P. Kadlec, J. Pridal* // *Journal of Separation Purification Technology*. — 2002. — №26. — P. 101–110.
9. Инновационные технологии как основа устойчивого экономического развития свекло-сахарного производства / С. Л. Филатов [и др.] // *Сахар*. — 2020. — №8. — С. 12–19.
10. Способ мембранно-ферментативной очистки диффузионного сока с использованием cross flow ультрафильтрации и упрощенной дефекосатурации / С. Л. Филатов [и др.] // *Сахар*. — 2020. — №3. — С. 9–15.
11. Иониты для глубокой деминерализации и обесцвечивания сока II сатурации / С. Л. Филатов [и др.] // *Сахар*. — 2011. — №2. — С. 47–49.
12. Коррекция минерального состава полупродуктов сахарного производства с использованием электродиализа / О.К. Никулина [и др.] // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. — Том 13, №2(48). — 2020. — С. 27–35.
13. Применение электродиализа для очистки диффузионного сока в сахарном производстве / О.К. Никулина [и др.] // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. — 2021. — Том 14, №3(53). — С. 51–61.
14. Содержание сахара в мелассе. Оптимизация режима кристаллизации сахарозы на последнем продукте / Ловкис З.В. [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: Беларуская навука, 2014. — 97 с. (Настольная книга производственника).
15. *Никулина, О.К.* Инновационные решения для совершенствования технологии сахарного производства / О.К. Никулина, О.В. Дымар // *Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: сборник докладов Международной научно-практической конференции (Курск, 28–30 июня 2021 г.). ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»*. — Курск, 2021. — С 110–113.

#### Информация об авторах

*Никулина Оксана Константиновна* — кандидат технических наук, 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](mailto:sugar@belpoduct.com)

*Колоскова Ольга Владимировна* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории 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](mailto:sugar@belpoduct.com)

*Яковлева Мария Романовна* — магистр технических наук, инженер-технолог II категории научно-исследовательской лаборатории 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](mailto:sugar@belpoduct.com)

*Дымар Олег Викторович* — доктор технических наук, профессор, технический директор представительства АО «МЕГА» в республике Беларусь (ул. Мележа, д. 5/2, пом. 1201, 220113, г. Минск, Республика Беларусь).

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

#### Information about authors

*Nikulina Oksana Konstantinovna* — PhD (Engineering), Head of the research laboratory of sugar production of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

Email: [sugar@belpoduct.com](mailto:sugar@belpoduct.com)

*Koloskova Olga Vladimirovna* — PhD (Engineering), senior researcher of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus). Minsk, Republic of Belarus.

Email: [sugar@belpoduct.com](mailto:sugar@belpoduct.com)

*Yakovleva Mariya Romanovna* — Master of technical science, Process engineer of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [sugar@belpoduct.com](mailto:sugar@belpoduct.com)

*Dymar Oleg Viktorovich* — Doctor of technical sciences, Professor, Technical director of representative office of MEGA a.s. in the Republic of Belarus (Melezha str., 5/2, room 1201, 220113, Minsk, Republic of Belarus).

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

УДК 637.5.05

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-79-85](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-79-85)

Поступила в редакцию 16.08.2022

Received 16.08.2022

**О. Г. Ходорева, К. А. Марченко, С. А. Гордынец**

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

## **СУБПРОДУКТЫ СВИНЫЕ: АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ И СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ БЕЛКА**

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по определению содержания белка и его аминокислотного состава для свиных субпродуктов различного морфологического строения (печень, сердце, мозги, почки, легкие, желудок, щековина, уши, ноги, шкурка), а также сравнительный анализ со свининой. Проведены расчеты аминокислотного сора и других коэффициентов и критериев биологической ценности белка (индекса незаменимых аминокислот, коэффициента утилитарности аминокислотного состава, показателя сопоставимой избыточности).

**Ключевые слова:** субпродукты свиные; животный белок; аминокислотный состав; сбалансированность; биологическая ценность.

**O. G. Khodoreva, K. A. Marchenko, S. A. Gordynets**

*Institute for the Meat and Dairy Industry, Subsidiary National Research and Manufacturing  
Unitary Enterprise at the Food Research and Engineering Center National Academy  
of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

## **PORK BY-PRODUCTS: AMINO ACID COMPOSITION AND PROTEIN BALANCE**

**Abstract.** The results of studies on determination of protein content and its amino acid composition for pork by-products of different morphological structure (liver, heart, brains, kidneys, lungs, stomach, cheek, ears, legs, skin), as well as comparative analysis with pork are presented. Calculations of amino acid rate and other coefficients and criteria of biological value of protein (index of essential amino acids, utility coefficient of amino acid composition, index of comparable redundancy) were carried out.

**Key words:** pork by-products; animal protein; amino acid composition; balance; biological value.

**Введение.** В условиях сложившейся в последнее время нестабильной экономической ситуации одной из основных задач, стоящих перед мясоперерабатывающей промышленностью, является обеспечение всех слоев населения доступной мясной продукцией, характеризующейся высокими потребительскими свойствами и биологической ценностью.

Перспективным направлением в решении поставленной задачи является повышение эффективности использования на пищевые цели имеющихся всех белоксодержащих ресурсов, получаемых при переработке скота, поскольку белок является одним из важнейших и наиболее дефицитных пищевых компонентов.

Субпродукты, как побочные продукты убоя скота, содержат значительные ресурсы животного белка и занимают достаточно высокую долю в объемах производства. Так, объем производства субпродуктов сельскохозяйственных животных мясоперерабатывающими предприятиями Республики Беларусь за 2020 г. в натуральном выражении составил 84749 тонн (по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь).

Однако, несмотря на высокое содержание белка в субпродуктах, уровень их биологической ценности варьируется в зависимости от вида животного, наименования субпродукта и его анатомической принадлежности. Проведенный обзор литературы показал, что имеющиеся данные по аминокислотному составу и сбалансированности субпродуктов, на которые опираются исследователи, представляют собой результаты исследований более чем двадцатилетней давности.

В связи с изменениями технологий выращивания и откорма скота, развитием селекции, пересмотром формулы идеального белка и т.д., для установления возможности применения свиных субпродуктов при изготовлении мясной продукции с высокими потребительскими характеристиками актуальным является изучение их аминокислотного состава и сбалансированности.

**Материалы и методы исследований.** В качестве *материалов* исследований в работе использована информация ряда доступных литературных источников [1–8].

Проведение лабораторных испытаний осуществляли с использованием следующих *методов* исследований:

- ♦ массовая доля белка по ГОСТ 25011-2017,
- ♦ аминокислотный состав с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии по МВИ.МН 1363-2000.

Определение аминокислотного сора и других коэффициентов и критериев биологической ценности белка — *методом* расчета на основании результатов лабораторных исследований.

Расчет индекса незаменимых аминокислот (ИНАК), аминокислотного сора (АС, %), коэффициента утилитарности для каждой незаменимой аминокислоты ( $\alpha$ ), обобщающего коэффициента утилитарности аминокислотного состава (U), показателя сопоставимой избыточности (G) осуществляли по формулам, изложенным в [1].

**Объекты исследований.** Принимая во внимание тот факт, что субпродукты характеризуются высокой степенью неоднородности и специфичности, в ходе выполнения работы проводилась оценка биологической ценности свиных субпродуктов различного анатомического происхождения и морфологического строения, определяемого выполняемыми при жизни животного функциями, а именно:

- ♦ мякотных субпродуктов (печень, сердце, мозги, почки, легкие);
- ♦ слизистых субпродуктов (желудок);
- ♦ шерстных субпродуктов (щековина, ноги, уши, шкурка).

Кроме того, с целью осуществления сравнительного анализа мяса и субпродуктов проведена оценка пищевой и биологической ценности свинины (тазобедренной части).

**Результаты исследований и их обсуждение.** При оценке уровня биологической ценности продукции мясной промышленности первоочередное значение имеют белковые компоненты. При этом представляет важность как количественный, так и качественный состав белка.

Как известно, по химической природе белки представляют собой высокомолекулярные азотсодержащие соединения органической природы, структурными элементами которых являются аминокислоты. При поступлении белка с пищей в организм человека, он распадается до аминокислот, из которых самим организмом синтезируются белки, характерные для организма человека, т.е. поступающие аминокислоты необходимы для синтеза белка в организме [2, 3]. Таким образом, основная функция белка в питании — снабжение организма необходимым количеством аминокислот.

Аминокислоты делятся на те, которые не могут быть синтезированы организмом (незаменимые или эссенциальные), и те, которые организм может синтезировать (заменимые или неэссенциальные). Для организма человека важны оба типа аминокислот — как незаменимые, так и заменимые. Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в организме, однако за счет эндогенного синтеза обеспечиваются только минимальные потребности организма, в связи с чем удовлетворение потребности в них должно в основном осуществляться за счет их поступления в пищу.

В табл. 1 представлены результаты лабораторных исследований по определению содержания белка в исследуемых образцах свиных субпродуктов и свинине, а также содержания незаменимых и заменимых аминокислот.

Анализ содержания отдельных незаменимых аминокислот в 100 г продукта показывает, что по содержанию:

- ♦ *изолейцина* — немного выше (на 14 %) его содержание лишь в печени в сравнении со свининой. Содержание изолейцина в остальных наименованиях субпродуктов уступает свинине (на 17–73,7 %), при этом самое низкое содержание наблюдается в щековине (408,0 мг/100 г), ушах (389,6 мг/100 г) и ногах (331,9 мг/100 г).
- ♦ *лейцина* — печень наиболее приближена к свинине (ниже на 4,7 %). Содержание лейцина в сердце, мозгах, почках, легких, желудке и шкурке уступает его содержанию в свинине (на 25–48 %). В остальных субпродуктах (щековина, уши и ноги) содержание лейцина существенно ниже, чем в свинине (в среднем в 3 раза).
- ♦ *лизина* — наиболее приближены к свинине (1523,9 г/100 г) почки (1471,1 г/100 г), немного уступают печень, сердце, легкие и желудок — на 18,2–28,4 %. Наибольшее содержание лизина наблюдается в шкурке и превышает свинину на 14,7 %. В остальных субпродуктах содержание лизина существенно ниже, чем в свинине — в 1,8–2,4 раза.

Таблица 1. Содержание белка и аминокислот в 100 г исследуемых субпродуктов свиных и свиные  
 Table 1. The content of protein and amino acids in 100 g of the studied pork and pork by-products

Наименование показателя	Свинина	Печень	Сердце	Мозги	Почки	Легкие	Желудок	Шековина	Уши	Ноги	Шкурка
Внешний вид (фото)											
Содержание белка, г/100 г продукта	<b>21,93</b>	<b>21,14</b>	<b>17,73</b>	<b>11,41</b>	<b>17,01</b>	<b>16,96</b>	<b>19,02</b>	<b>8,82</b>	<b>19,35</b>	<b>24,57</b>	<b>29,4</b>
Содержание незаменимых аминокислот (НАК), мг/100 г продукта											
Изолейцин	1262,0	1439,8	1047,1	671,1	779,0	603,8	845,1	408,0	389,6	331,9	704,1
Лейцин	2480,9	2360,9	1859,7	1289,6	1611,9	1411,6	1835,5	790,8	864,2	883,5	1382,7
Лизин	1523,9	1230,4	1245,8	662,4	1471,1	1091,7	1213,1	640,2	683,9	848,0	1747,9
Метионин + цистеин	828,9	621,5	497,6	309,5	344,0	343,4	279,4	202,5	230,5	265,2	336,7
Фенилаланин + тирозин	1608,2	1666,8	1319,2	972,6	1520,2	1140,6	1034,5	586,4	668,2	755,6	999,3
Треонин	953,8	930,4	763,4	588,7	635,8	557,3	553,0	456,6	404,8	526,2	852,6
Валин	1205,1	1442,9	1044,0	778,2	834,7	1225,8	1242,7	405,2	566,0	594,0	1463,5
Гистидин	654,4	536,0	487,7	279,9	374,2	131,1	475,2	185,7	120,0	121,5	266,7
Триптофан	217,0	301,0	199,0	132,0	213,0	124,0	н/д	21,0	43,0	н/д	н/д
Содержание заменимых аминокислот (ЗАК), мг/100 г продукта											
Аспарагиновая кислота	892,5	1242,4	1347,4	873,7	1044,4	1042,2	1559,1	785,3	835,2	1222,3	556,6
Глютаминовая кислота	1972,9	1945,1	2094,8	1399,7	1545,8	1818,7	2228,0	1451,9	1883,8	2254,2	1590,2
Серин	632,8	760,6	590,4	541,7	578,2	755,2	504,5	372,7	409,3	616,3	1877,5
Глицин	902,3	1039,7	778,8	398,8	972,2	1502,9	1611,8	680,7	4429,2	6781,2	7092,1
Аргинин	1874,6	1358,0	1290,6	653,4	1250,6	752,5	1094,9	397,3	1803,3	1809,4	2168,2
Аланин	699,3	835,3	711,1	531,2	774,0	847,9	1092,2	502,1	715,7	1144,2	3399,0
Пролин	1470,4	2454,4	1337,3	828,7	1365,9	1551,5	1492,5	679,3	3884,0	5522,0	4343,6

Примечание: «н/д» — нет данных.

Источник данных: собственная разработка, за исключением: содержание триптофана — по [4], данные по шкурке — по [5, 6].

♦ *метионина и цистеина*<sup>1</sup> (серосодержащих аминокислот) — исследуемые субпродукты уступают свинине — печень и сердце уступают в меньшей степени (на 25 % и 40 % соответственно), остальные наименования субпродуктов существенно уступают (в 2,5–4,1 раза).

♦ *фенилаланина и тирозина*\* — сопоставимы со свининой печень и почки (различие в пределах 5 %). Остальные наименования субпродуктов по их содержанию в разной степени уступают свинине (на 18–64 %), причем наименьшим содержанием характеризуются щековина и уши.

♦ *треонина* — наиболее сопоставимы со свининой такие субпродукты как печень (ниже на 2,5 %) и шкурка (ниже на 10,6 %). Остальные исследуемые субпродукты характеризуются более низким уровнем содержания треонина (ниже на 20–58 % по сравнению со свининой).

♦ *валина* — печень, легкие, желудок и шкурка характеризуются высоким содержанием валина, превышающим его содержание в образце свинины на 1,7–21,4 %. Сердце, мозги и почки уступают свинине по содержанию валина в меньшей степени (на 13–35 %), щековина, уши и ноги в большей степени (на 51–66 %).

♦ *гистидина* — все исследуемые субпродукты уступают свинине. При этом печень, сердце, почки и желудок содержат гистидина на 18–43 % меньше в сравнении со свининой, а такие субпродукты, как мозги, легкие, щековина, уши, ноги и шкурка — меньше в 2,3–5,4 раза.

♦ *триптофана* — печень превосходит свинину на 39 %. Сердце и почки уступают свинине незначительно (на 1,8–8,3 %), мозги и легкие уступают в большей степени (на 39–43 %), щековина и уши уступают существенно (в 5–10 раз).

Анализ содержания заменимых аминокислот (ЗАК) показывает, что самое высокое их содержание, в том числе по отношению к свинине, наблюдается в следующих субпродуктах (в порядке убывания): шкурка, ноги, уши, печень, желудок. При этом, существенное превышение количества заменимых аминокислот обусловлено: в шкурке — в первую очередь высоким содержанием глицина, а также серина, аланина и пролина; в ногах и ушах — в первую очередь высоким содержанием глицина и пролина.

Современная наука о питании утверждает, что белок должен удовлетворять потребности организма в аминокислотах не только по количеству. Эти вещества должны поступать в организм в определенных соотношениях между собой, так как аминокислотный дисбаланс может проявляться в нарушении процессов метаболизма.

Таким образом, биологическая ценность белков зависит не только от содержания в них НАК, но и от их соотношения.

Наиболее часто применяемой методикой оценки биологической ценности белка является расчет специального показателя — аминокислотного сора (АС). Эта методика предусматривает оценку путем сравнения аминокислотного состава исследуемого продукта и эталонного белка.

Показатель АС устанавливает предельно возможный уровень использования азота данного вида белка для пластических целей (в качестве пластического материала — строительных блоков в процессе биосинтеза белков у человека, обеспечивая их постоянное возобновление и кругооборот). Избыток других аминокислот будет использоваться как источник неспецифического азота либо для энергетических целей.

Эталонный белок представляет собой теоретический белок, идеально сбалансированный по аминокислотному составу, который полностью удовлетворяет потребности человека в незаменимых аминокислотах. Аминокислотную формулу эталонного белка периодически пересматривают на международных собраниях экспертов ФАО/ВОЗ с учетом совершенствования медико-биологических исследований, накопления статистического материала и развития нутрициологии. Наиболее актуальные данные приведены в докладе консультации экспертов ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) за 2011 год, опубликованном в 2013 году [7, 8].

В табл. 2 представлены: аминокислотный состав эталонного белка, результаты лабораторных исследований по содержанию незаменимых аминокислот в пересчете на 100 г белка и результаты расчетов аминокислотных скоров незаменимых аминокислот различных субпродуктов свиных и свинины.

Исходя из полученных результатов (табл. 2) определено, что сумма незаменимых аминокислот в 100 г белка практически всех образцов субпродуктов, за исключением ушей, ног и шкурки, превышает их сумму в 100 г эталонного белка на 35–71 %.

<sup>1</sup> Содержание данных аминокислот определяется в сумме, так как организм человека может получать из метионина — цистеин, из фенилаланина — тирозин.

Поэтому при недостаточном содержании в потребляемом белке цистеина [тирозина] потребность организма в метионине [фенилаланине] увеличивается, а при недостаточном содержании — значительно уменьшается. Цистеин и тирозин являются заменимыми лишь при условии достаточного поступления с пищей метионина и фенилаланина соответственно [3].

Таблица 2. Аминокислотный скор субпродуктов свинных и свиинны  
Table 2. Amino acid score of pork and pork by-products

Наименование мясного сырья	Наименование НАК														Сум-ма НАК, мг/100г белка	Лимити-ру-юшая НАК (1-я), скор, %				
	Изолейцин		Лейцин		Лизин		Метионин + цистеин		Фенилаланин + тирозин		Треонин		Валин				Гистидин		Триптофан	
	мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %			мг/100г белка	Скор, %	мг/100г белка	Скор, %
Эталон, рекомен-дую-мый ФАО для взрослых, 2011 [7,8]	3,0	-	6,1	-	4,8	-	2,3	-	4,1	-	2,5	-	4,0	-	1,6	-	0,66	-	29,06	-
Свинина	5,75	191,8	11,31	185,5	6,95	144,8	3,78	164,3	7,33	178,9	4,35	174,0	5,50	137,4	2,98	186,5	0,99	149,9	48,95	-
Печень	6,81	227,0	11,17	183,1	5,82	121,3	2,94	127,8	7,88	192,3	4,40	176,0	6,83	170,6	2,54	158,5	1,42	215,7	49,81	-
Сердце	5,91	196,9	10,49	172,0	7,03	146,4	2,81	122,0	7,44	181,5	4,31	172,2	5,89	147,2	2,75	171,9	1,12	170,1	47,74	-
Мозги	5,88	196,1	11,30	185,3	5,81	120,9	2,71	117,9	8,52	207,9	5,16	206,4	6,82	170,5	2,45	153,3	1,16	175,3	49,82	-
Почки	4,58	152,7	9,48	155,3	8,65	180,2	2,02	87,9	8,94	218,0	3,74	149,5	4,91	122,7	2,20	137,5	1,25	189,7	45,76	Мет+ис, 87,9
Легкие	3,56	118,7	8,32	136,4	6,44	134,1	2,02	88,0	6,73	164,0	3,29	131,4	7,23	180,7	0,77	48,3	0,73	110,8	39,09	Гис, 48,3
Желудок	4,44	148,1	9,65	158,2	6,38	132,9	1,47	63,9	5,44	132,7	2,91	116,3	6,53	163,3	2,50	156,2	н/д	39,32	39,32	Мет+ис, 63,9
Щековина	4,63	154,2	8,97	147,0	7,26	151,2	2,30	99,8	6,65	162,2	5,18	207,1	4,59	114,9	2,11	131,6	0,24	36,1	41,91	Три, 36,1
Уши	2,01	67,1	4,47	73,2	3,53	73,6	1,19	51,8	3,45	84,2	2,09	83,7	2,93	73,1	0,62	38,8	0,22	33,7	20,52	Три, 33,7
Ноги	1,35	45,0	3,60	58,9	3,45	71,9	1,08	46,9	3,08	75,0	2,14	85,7	2,42	60,4	0,49	30,9	н/д	17,61	17,61	Гис, 30,9
Шкурка	2,39	79,8	4,70	77,1	5,95	123,9	1,15	49,8	3,40	82,9	2,90	116,0	4,98	124,4	0,91	56,7	н/д	26,37	26,37	Мет+ис, 49,8

Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что аминокислотный скор:

- ♦ для печени, сердца и мозгов — не лимитирован, т.е. отсутствуют незаменимые аминокислоты, лимитирующие биологическую ценность;
- ♦ для почек и желудка — лимитирован по сумме серосодержащих аминокислот метионина и цистеина (87,9 % и 63,9 %);
- ♦ для легких — лимитирован по гистидину (48,3 %), также лимитирующими являются серосодержащие аминокислоты;
- ♦ для щековины — лимитирован по триптофану (36,1 %), также лимитирующими являются серосодержащие аминокислоты;
- ♦ для шкурки — лимитирован по сумме серосодержащих аминокислот метионина и цистеина (49,8 %), при этом лимитирующими являются практически все незаменимые аминокислоты, за исключением лизина;
- ♦ для ушей — лимитирован по триптофану (33,7 %), при этом лимитирующими являются все незаменимые аминокислоты;
- ♦ для ног — лимитирован по гистидину (30,9 %), при этом лимитирующими являются все незаменимые аминокислоты.

Определено, что по аминокислотной сбалансированности белка лучшими показателями, практически не уступающими свинине, характеризуются печень, сердце и мозги (не лимитированы). Кроме того достаточно хорошо сбалансированы по аминокислотному составу почки (87,9 %), желудок (63,9 %), легкие (48,3 %) и щековина (36,1 %), однако уступают свинине, что связано с более низким содержанием в их белке серосодержащих аминокислот (в почках и желудке), гистидина (в легких) и триптофана (в щековине). Уши, ноги и шкурка свиные отличаются более низким уровнем сбалансированности аминокислотного состава (практически все НАК лимитирующие), что свидетельствует об их меньшей биологической ценности по отношению к остальным видам субпродуктов и свинине.

Кроме определения аминокислотного сора (АС), для характеристики биологической ценности белка в ряде литературных источников применяются и другие дополнительные показатели и критерии, такие как — индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U) и показатель сопоставимой избыточности (G).

В табл. 3 представлены данные по расчету дополнительных критериев аминокислотной сбалансированности белка субпродуктов свиных и свинины.

Таблица 3. Аминокислотная сбалансированность белков субпродуктов свиных и свинины  
Table 3. Amino acid balance of pork and pork by-products proteins

Наименование мясного сырья	Наименование показателя											
	Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)	Коэффициент утилитарности для каждой незаменимой аминокислоты (α <sub>i</sub> )									Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U)	Показатель сопоставимой избыточности (G)
		Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистеин	Фенилаланин + тирозин	Треонин	Валин	Гистидин	Триптофан		
Эталон	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Свинина	10,06	0,72	0,74	0,95	0,84	0,77	0,79	1,00	0,74	0,92	0,82	0,07
Печень	11,28	0,53	0,66	1,00	0,95	0,63	0,69	0,71	0,77	0,56	0,71	0,12
Сердце	9,02	0,62	0,71	0,83	1,00	0,67	0,71	0,83	0,71	0,72	0,74	0,10
Мозги	10,09	0,60	0,64	0,98	1,00	0,57	0,57	0,69	0,77	0,67	0,69	0,13
Почки	6,26	0,58	0,57	0,49	1,00	0,40	0,59	0,72	0,64	0,46	0,56	0,23
Легкие	2,00	0,41	0,35	0,36	0,55	0,29	0,37	0,27	1,00	0,44	0,36	0,52
Желудок	2,80	0,43	0,40	0,48	1,00	0,48	0,55	0,39	0,41	н/д	0,46	0,33
Щековина	2,50	0,65	0,68	0,66	1,00	0,62	0,48	0,87	0,76	1,00	0,25	0,87
Уши	0,11	0,58	0,53	0,53	0,75	0,46	0,46	0,53	1,00	1,00	0,48	0,32
Ноги	0,10	0,69	0,52	0,43	0,66	0,41	0,36	0,51	1,00	н/д	0,50	0,29
Шкурка	0,51	0,62	0,65	0,40	1,00	0,60	0,43	0,40	0,88	н/д	0,58	0,25

Источник данных: собственная разработка.

Как свидетельствуют данные табл. 3, по индексу незаменимых аминокислот субпродукты, за исключением ушей, ног и шкурки, превышают эталон на 1,00–10,28, что позволяет судить об исследуемом белке как о «хорошем». Индекс незаменимых аминокислот для «идеального» белка равен 1, для неполноценного белка равен 0.

По значениям коэффициента утилитарности аминокислотного состава и показателя сопоставимой избыточности наиболее высокие значения, приближенные к эталону ( $U=1$ ,  $G=0$ ) и свинине ( $U=0,82$ ,  $G=0,07$ ), имеют сердце, печень и мозги ( $U=0,69-0,71$ ,  $G=0,10-0,13$ ), что свидетельствует о том, что незаменимые аминокислоты белка в них лучше сбалансированы в сравнении с остальными наименованиями субпродуктов и, соответственно, рациональнее могут быть использованы организмом.

**Заключение.** Проведенные исследования субпродуктов свинных в части их аминокислотного состава и сбалансированности свидетельствуют о широких возможностях использования субпродуктов в производстве мясной продукции, обладающей высокой биологической ценностью и относительно невысокой себестоимостью, при соблюдении принципов взаимосбалансирования и комбинирования рецептурных компонентов.

### Список использованных источников

1. *Рогов, И. А.* Химия пищи. Принципы формирования качества мясопродуктов / И. А. Рогов, А. И. Жаринов, М. П. Воякин. — СПб.: Издательство РАПП, 2008. — 340 с.
2. *Зверев, С. В.* Балансировка пищевых композиций по профилю идеального белка в системе персонифицированного питания / С.В. Зверев, В.И. Карпов // Товаровед продовольственных товаров. — 2021. — №1. — С.73–78.
3. *Молчанова, Е. Н.* Оценка качества и значение пищевых белков / Е.Н. Молчанова, Г.М. Сусянок // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2013. — №1. — С.16–22.
4. Национальная база данных продуктов питания (FoodData Central), созданная Министерством сельского хозяйства США (USDA) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fdc.nal.usda.gov>. — Дата доступа: 23.11.2021.
5. *Мелешня, А. В.* Анализ белково-жирового состава и сбалансированности коллагенсодержащего сырья / А. В. Мелешня, Т. А. Савельева, С. А. Гордынец, И. В. Калтович // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2018. — №4. — С.21–32.
6. *Мелешня, А. В.* Аминокислотный состав и сбалансированность коллагенсодержащего сырья / А. В. Мелешня, Т. А. Савельева, С. А. Гордынец, И. В. Калтович // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2018. — Т. 56, №4. — С. 492–503.
7. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of FAO Expert Consultation. — Rome: FAO, 2013. — 66 p.
8. *Махынко, В. Н.* Изменение представлений об аминокислотной формуле идеального белка / В. Н. Махынко, М. А. Прищепчук // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XX Международной научно-практической конференции. — Гродно : ГГАУ, 2017. — С. 102–104.

### Информация об авторах

*Ходорева Ольга Геннадьевна* — заведующий сектором стандартизации и нормирования мясной отрасли РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (Партизанский пр-т, 17, 2220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: stanmeat@mail.ru

*Марченко Кристина Александровна* — младший научный сотрудник сектора стандартизации и нормирования мясной отрасли РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (Партизанский пр-т, 17, 2220075, г. Минск, Республика Беларусь).

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

*Гордынец Светлана Анатольевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (Партизанский пр-т, 17, 2220075, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otmp210@mail.ru

### Information about authors

*Khodoreva Olga Gennadievna* — head of the sector for standardization and rationing of the meat industry RUE “Institute of Meat and Dairy Industry” (172 Partizansky Ave, 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: stanmeat@mail.ru

*Marchenko Kristina Alexandrovna* — junior researcher of sector of standardization and rationing of meat industry RUE “Institute of Meat and Dairy Industry” (172 Partizansky Ave, 220075, Minsk, Republic of Belarus).

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

*Gordynets Svetlana Anatolievna* — PhD (Agriculture), head of meat products technology department RUE “Institute of Meat and Dairy Industry” (172 Partizansky Ave, 220075, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otmp210@mail.ru

УДК 664.3.033.1  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-86-89](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-86-89)

Поступила в редакцию 02.08.2022  
Received 02.08.2022

**В. В. Лабетский, О. В. Феофилактова**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,  
г. Екатеринбург, Российская Федерация*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭМУЛЬСИОННЫХ СОУСОВ**

**Аннотация.** Проведены исследования реологических параметров эмульсионных соусов с различным содержанием масла, полученных с помощью вакуумной гомогенизации. Получены результаты изучения степени вязкости эмульсионных соусов с помощью механического консистомера Бостовика, показывающие прямую зависимость степени вязкости от массовой доли жира эмульсионных соусов; показано, что формирование структуры эмульсионных соусов продолжается в течение 14 суток. Результаты определения эффективной вязкости эмульсионных соусов методом ротационной вискозиметрии свидетельствуют о прямой зависимости ее значений от массовой доли жира в продукте.

**Ключевые слова:** эмульсионные соусы, майонез, майонезный соус, массовая доля жира, эффективная вязкость, степень вязкости, реологические параметры.

**V. V. Labetskiy, O. V. Feofilaktova**

*Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation*

## **STUDY OF RHEOLOGICAL PARAMETERS OF EMULSION SAUCES**

**Annotation.** The rheological parameters of emulsion sauces with different oil content obtained by vacuum homogenization have been studied. The results of a study of the degree of viscosity of emulsion sauces using Bostovik's mechanical consistometer were obtained, showing a direct dependence of the degree of viscosity on the mass fraction of fat in emulsion sauces; it is shown that the formation of the structure of emulsion sauces continues for 14 days. The results of determining the effective viscosity by rotational viscometry showed a direct dependence of its values on the mass fraction of fat in emulsion sauces.

**Key words:** emulsion sauces, mayonnaise, mayonnaise sauce, mass fraction of fat, effective viscosity, degree of viscosity, rheological parameters.

**Введение.** Эмульсионные соусы достаточно популярны у современного потребителя. Наиболее распространенными эмульсионными соусами являются майонез и майонезные соусы, представляющие собой эмульсию типа «масло в воде» или «вода в масле», и содержащие от 20 до 85 мас.% масла, а также вкусо-ароматические добавки, эмульгаторы, стабилизаторы и загустители [1].

При формировании качества эмульсионных продуктов важными факторами являются их дисперсность, концентрация масла, стабильность и реологические свойства [2]. Реологические свойства непосредственно влияют на важные для потребителя органолептические показатели (внешний вид и консистенцию) и определяются количеством и видом используемого масла, видом и количеством эмульгаторов, стабилизаторов и загустителей; способом получения эмульсии [3, 4].

Эмульсии обычно получают в механических устройствах — гомогенизаторах. Наиболее распространенными гомогенизаторами, которые применяются для производства эмульсий в промышленных масштабах являются гомогенизаторы высокого давления, микрофлюидизаторы, ультразвуковые процессоры и другие гомогенизаторы на основе кавитации [5, 6].

Современным способом получения эмульсионных соусов на предприятиях пищевой промышленности является применение вакуумных гомогенизаторов. Принцип действия вакуумного гомогенизатора основан на откачивании воздуха из емкости реактора с загруженными компонентами и режиме рециркуляции, в процессе которой происходит их смешивание [7].

**Цель исследования** — изучение влияния массовой доли жира на реологические параметры эмульсионных соусов, приготовленных с помощью вакуумной гомогенизации.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объектов исследования выступали приготовленные в лабораторных условиях 4 образца эмульсионных соусов: майонез с массовой долей жира 50,5%, майонезные соусы с массовой долей жира 15, 30 и 40%.

Эмульсионные соусы были получены на основе масла растительного рафинированного дезодорированного и воды, а также вспомогательных ингредиентов (эмульгаторы, вкусо-ароматические добавки). Эмульсии были получены с помощью вакуумного гомогенизатора UMC 5 Stephan.

Реологические параметры оценивали методом ротационной вискозиметрии на вискозиметре Fungilab smart series с использованием термостатируемой ячейки малых объемов и цилиндрической системы воспринимающих элементов (шпиндель RV — 6) в режиме переменной скорости сдвига, в диапазоне скоростей 0,01–4465,8 с<sup>-1</sup>, при температуре смеси 20 °С, погрешность измерений составила ± 5%.

Для определения степени вязкости использовали механический консистометр Бостовика (дискретность 0,5 см). Степень вязкости определяли путем измерения расстояния протекания соусов, под воздействием собственной массы, в течение 3 минут.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На основе изучения вышеуказанных закономерностей и механизмов эмульгирования были проведены экспериментальные исследования по оценке консистенции (степень вязкости) и эффективной вязкости эмульсионных соусов, полученных методом вакуумной гомогенизации.

На рис. 1 представлены результаты исследования степени вязкости эмульсионных соусов. Исследования проводили непосредственно после их приготовления, через 14 и 30 суток хранения.

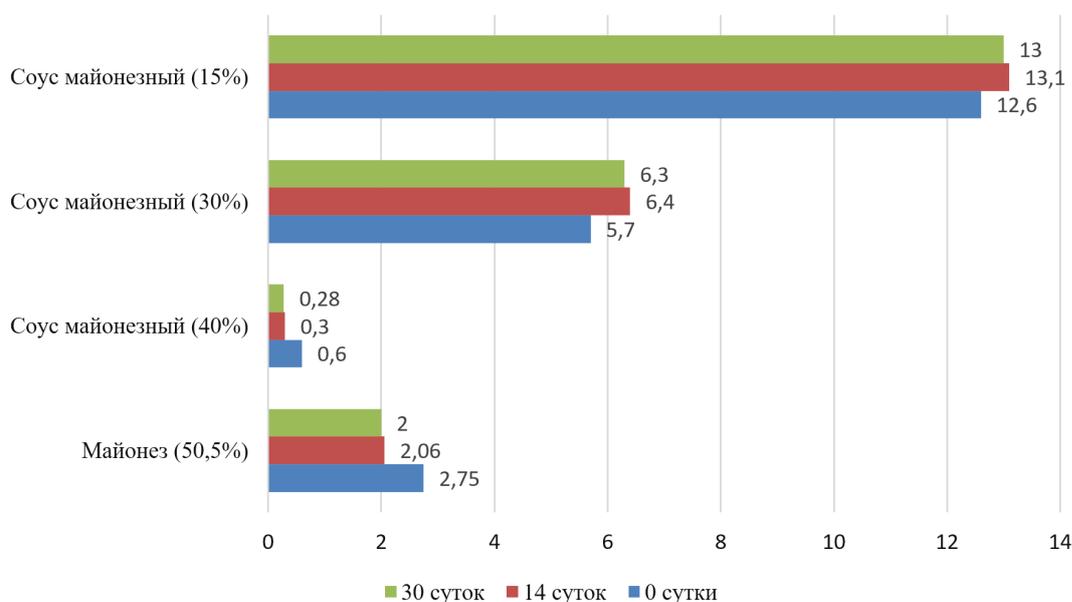


Рис. 1. Результаты исследования степени вязкости образцов в динамике, см  
Fig. 1. The results of the study of the degree of viscosity of the samples in dynamics, cm

Из рис. 1 видно, что с увеличением содержания жира степень вязкости эмульсионных соусов увеличивается. Так соус майонезный с м.д.ж. 15% имеет значение 12,6 см, соус майонезный с м.д.ж. 30% — 5,7 см, а соус с м.д.ж. 40% — 0,6 см. Для майонеза значение по данному показателю составило 2,75 см.

По истечении 14 суток хранения степень вязкости эмульсионных соусов изменилась. У образцов с высоким содержанием жира (40 и 50, 5%) значения снизились на 25-50%. У образцов с низким содержанием жира (15 и 30%) значения степени вязкости незначительно увеличились (4-12,3%). Это объясняется тем, что формирование структуры дисперсных систем, в том числе и эмульсий, продолжается во времени. Поэтому, результаты, полученные у свежеприготовленных образцов, не являются окончательными. Значения, полученные после 30 суток хранения существенно не изменились и находились на том же уровне.

Различия в значениях степени вязкости у исследуемых образцов обусловлены не только содержанием массовой доли жира, но и видом применяемых в рецептуре эмульгаторов или их комбинаций, а также загустителей. В связи с чем отсутствует четкая закономерность в диапазонах значений степени вязкости.

Реологические свойства эмульсионных соусов характеризовали по значениям эффективной вязкости. В ходе измерения значения фиксировались в течение 3 минут, а затем выводилось среднее значение. Результаты измерений приведены на рис. 2.

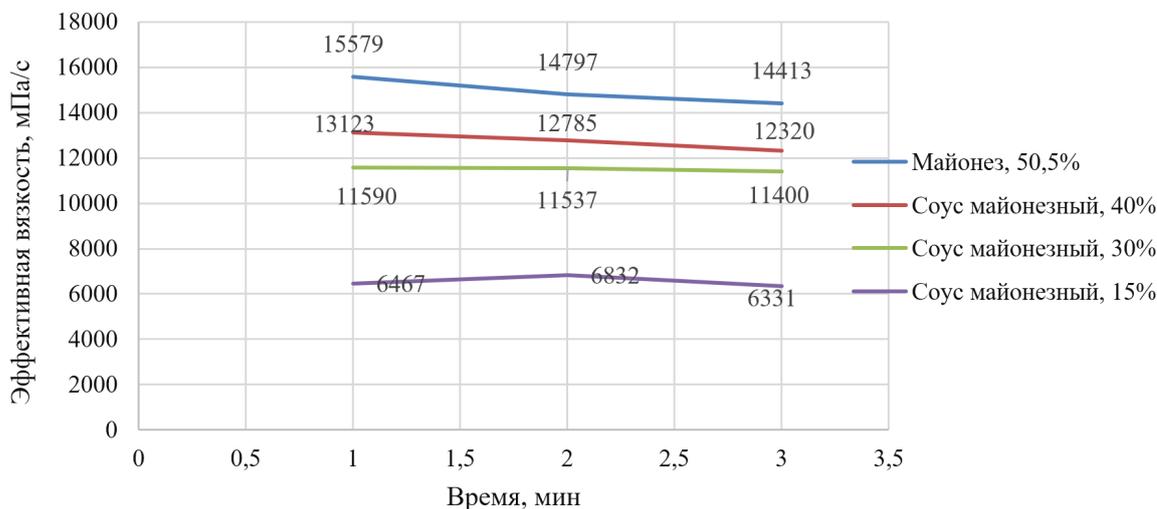


Рис. 2. Эффективная вязкость эмульсионных соусов  
Fig. 2. Effective viscosity of emulsion sauces

Исходя из приведенных результатов видно, что эффективная вязкость соусов напрямую зависит от массовой доли жира соуса. Так эффективная вязкость соуса майонезного с м.д.ж. 15% составила 6543 мПа/с, тогда как эффективная вязкость майонезного соуса с м.д.ж. выше данного значения в 2 раза и составляет 12743 мПа/с, а эффективная вязкость майонеза с м.д.ж. 50,5 % составила 14930 мПа/с.

**Заключение.** На основании изучения и анализа реологических свойств эмульсионных соусов различной степени жирности получены данные свидетельствующие о том, что к формирующим качество показателям эмульсионных соусов можно отнести эффективную вязкость и степень вязкости. Установлено, что с увеличением массовой доли жира степень вязкости эмульсионных соусов увеличивается; формирование структуры эмульсионных соусов продолжается в течение 14 суток. Степень вязкости также зависит от вида применяемых в рецептуре эмульгаторов и загустителей. Эффективная вязкость напрямую зависит от массовой доли жира соуса.

#### Список использованных источников

1. Лисовская, Д. П. Тиксотропия майонеза / Д. П. Лисовская, Е. Б. Суконкина, Л. А. Галун // Масложировая промышленность. — 2007. — № 5. — С. 20–24.
2. Феофилактова, О. В. Получение стабильных эмульсионных систем / О. В. Феофилактова, Н. В. Заворохина, В. В. Лабецкий // Индустрия питания. — 2021. — Т. 6. — № 3. — С. 76–83. — DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-3-9. — EDN SXJZUE.
3. Деркач С.Р., Зотова К.В. Реология пищевых эмульсий // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. — 2012. — Т. 15. — № 1. — С. 84–95.
4. Реометрия пищевого сырья и продуктов: справочник/ под ред. Ю. А. Мачихина. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с.
5. Shanmugam, M. Ashokkumar. Ultrasonic preparation of stable flax seed oil emulsions in dairy systems physicochemical characterization / M. Ashokkumar Shanmugam, // Food Hydrocolloids — 2014. — No. 39. — P. 151–162.

6. Walstra, P. Principles of emulsion formation / P. Walstra // Chemical Engineering Science. — 1993. — No.48 (2). — P. 333–349.
7. Андреева, Е. В. Современные диспергирующие устройства, применяемые для производства жидких заменителей цельного молока [Диспергаторы-гомогенизаторы] / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. — 2006. — №4. — С. 1209.

#### Информация об авторах

*Лабецкий Владислав Владимирович* — аспирант кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» (ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, 620144, г. Екатеринбург, Российская Федерация).

E-mail: science@usue.ru

*Феофилактова Ольга Владимировна* — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» (ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, 620144, г. Екатеринбург, Россия).

E-mail: feofiov@usue.ru

#### Information about authors

*Labetsky Vladislav Vladimirovich* — post-graduate student of the Department of Nutrition Technology, Ural State University of Economics (62/45, 8 Marta/Narodnaya Volya St., 620144, Yekaterinburg, Russian Federation).

E-mail: science@usue.ru

*Feofilaktova Olga Vladimirovna* — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Nutrition Technology, Ural State Economic University (62/45, 8 Marta/Narodnaya Volya St., 620144, Yekaterinburg, Russia).

E-mail: feofiov@usue.ru

УДК 613.81  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-90-98](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-90-98)

Поступила в редакцию 24.06.2022  
Received 24.06.2022

**В. В. Шилов, Н. И. Белякова, А. А. Журня, Т. В. Окулова**

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

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования влияния приема шести видов алкогольных напитков (водка, красное сухое вино, коньяк, пиво, виски, шампанское) в безопасных дозах, эквивалентных 24 мл этанола на организм человека. Эксперимент проводился при участии 20 здоровых добровольцев в возрасте от 20 до 55 лет. На программно-аппаратном комплексе «Динамика» с помощью анализа variability сердечного ритма оценивали показатели здоровья: функциональное состояние, вегетативную регуляцию, нейрогуморальную регуляцию, психоэмоциональное состояние и адаптационные возможности организма через 30 и 60 минут после приема. Установлено, что тестируемые алкогольные напитки в дозах, содержащих одинаковое количество алкоголя, по-разному действуют на каждого человека. Они могут ухудшать, улучшать и существенно не изменять физиологические признаки, зафиксированные при исследовании состояния здоровья. С другой стороны, один и тот же алкогольный напиток по-разному влияет на функциональное состояние разных людей. Характер и величина этой реакции существенно различаются и зависят от индивидуальных особенностей каждого человека.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, алкогольные напитки, вегетативная регуляция, нейрогуморальная регуляция, психоэмоциональное состояние, адаптационные возможности организма.

**V. V. Shilov, N. I. Belyakova, A. A. Zhurnya, T. V. Okulova**

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

## **INDIVIDUAL FEATURES OF THE INFLUENCE OF VARIOUS ALCOHOLIC BEVERAGES ON THE FUNCTIONAL STATE OF HEALTHY VOLUNTEERS**

**Abstract.** The article presents the results studies of the effect of taking 6 alcoholic beverages (vodka, dry red wine, cognac, beer, whiskey, champagne) in safe doses equivalent to 24 ml of ethanol were carried out on 20 healthy volunteers aged 20 to 55 years. On the software and hardware complex “Dynamics”, using the analysis of heart rate variability, health indicators were assessed: functional state, autonomic regulation, neurohumoral regulation, psycho-emotional state and adaptive capabilities of the body 30 and 60 minutes after taking. The tested most consumed alcoholic drinks containing the same amount of alcohol affect each person differently. They can worsen, improve and not significantly change the physiological signs recorded during the study health guards. On the other hand, the same alcoholic drink affects the functional state of different people in different ways. The nature and magnitude of this reaction is significantly different and depends on the individual characteristics of each person.

**Key words:** functional state, alcoholic beverages, autonomic regulation, neurohumoral regulation, psycho-emotional state, adaptive capacity of the body.

**Введение.** Проблема питания состоит в том, что здоровая диета для одного человека, может быть неадекватной для другого, что в значительной степени обусловлено генетическими различиями между людьми. Персонализированные планы питания, использующие информацию об индивидуальных генетических и метаболических особенностях человека,

предлагают методы и решения, позволяющие понять эти проблемы и предпринять соответствующие шаги. В эпоху индивидуализации коренным образом меняются способы употребления пищи. Индивидуальный подход к питанию основан на идее о том, что рекомендации по питанию или внесение изменений в рацион могут значительно улучшить здоровье и снизить риск таких заболеваний, как ожирение, диабет 2 типа и заболевания сердечно-сосудистой системы. То же самое касается и индивидуального подхода в выборе спиртных напитков.

Употребление алкоголя имеет глубокие исторические корни. По мнению археологов, ферментированные напитки появились в рационе человека не менее 7000 лет назад [1, 2, 3]. Хотя причины распространенности употребления алкоголя редко исследуются, существует неявное предположение, что его гедонические (физиологическое вознаграждение) и анксиолитические (уменьшение беспокойства или стресса) свойства являются основными причинами его универсального использования. Однако алкоголь также играет важную роль в социальных контекстах, уменьшая наши социальные запреты, а также являясь мощным триггером эндорфиновой системы [4, 5]. Связь между высвобождением алкоголя и эндорфина особенно актуальна, учитывая тот факт, что эндорфиновая система лежит в основе социальных связей у человека и нечеловеческих приматов [6, 7, 8]. Активация эндорфина не только заставляет нас чувствовать себя более расслабленными (естественное свойство опиатов), но также, кажется, «модулирует» иммунную систему [9]. Возможно, из-за того, что алкогольная зависимость имеет серьезные медицинские и социальные последствия, большинство исследований, посвященных употреблению алкоголя, сосредоточено на последствиях чрезмерного потребления [10, 11, 12]. Тем не менее, тот факт, что алкоголь продолжает употребляться, особенно в социальном контексте, поднимает вопрос о том, почему люди начали его употреблять и продолжают употреблять так широко. Мы можем выделить два потенциальных социальных преимущества.

Во-первых, умеренное употребление алкоголя улучшает психологическое благополучие и, прямо или косвенно, способствует построению тесных личных связей, которые лежат в основе социальных сетей. Другими словами, он работает так же, как и многие другие поведенческие механизмы (включая смех, пение, танцы и рассказывание историй) [13, 14], используется для запуска эндорфиновой системы, чтобы облегчить крупномасштабные (то есть общинные, а не диадические) социальные связи.

Другое преимущество заключается в том, что алкоголь каким-то образом влияет на наши социальные или когнитивные навыки, позволяя нам более эффективно действовать в социальных ситуациях. Хотя не все исследования показали такие эффекты, есть некоторые свидетельства того, что существует перевернутая U-образная связь между потреблением алкоголя и, по крайней мере, некоторыми формами познания [15, 16]. Это говорит о том, что низкие или умеренные уровни потребления алкоголя могут иметь положительное влияние на познавательные способности, в том числе на социальное познание. Например, поскольку употребление алкоголя заставляет нас более охотно идти на риск [17, 18] и вести себя более конкурентоспособно [19] это может сделать нас более склонными рисковать, пытаясь испытать удачу.

Также ряд научных исследований посвящен изучению влияния алкоголя на физиологические функции и общее состояние организма, в том числе при наличии хронических заболеваний.

*Сон.* Алкоголь по-разному влияет на структуру и режим сна, в основном это зависит от количества и того, насколько близко ко сну мы его пьем. Небольшое количество алкоголя, одна небольшая кружка пива, может увеличить продолжительность сна и снизить частоту просыпания ночью. Очевидно, что это хорошо; особенно для людей, которые плохо спят. Этот эффект, однако, уменьшается при употреблении умеренного или большего количества алкоголя [25].

*Ожирение* — серьезная проблема для здоровья. Алкоголь является вторым по содержанию калорий питательным веществом после жира — около 7 калорий на грамм. Пиво содержит такое же количество калорий, как и сладкие безалкогольные напитки, а красное вино — вдвое больше. Однако исследования, изучающие связь между алкоголем и весом, дали противоречивые результаты [26]. Например, умеренное употребление алкоголя связано с уменьшением набора веса, тогда как чрезмерное употребление алкоголя связано с увеличением веса [27]. Регулярное употребление пива может вызвать увеличение веса, а тогда как потребление вина, напротив, потерю веса [26, 28, 29]

*Болезни сердца* — основная причина смерти в современном обществе. Это широкая категория заболеваний, наиболее распространенными из которых являются сердечные приступы

и инсульты. Взаимосвязь между алкоголем и сердечными заболеваниями сложна и зависит от нескольких факторов. При умеренном употреблении алкоголя снижается риск сердечно-сосудистых заболеваний, в то время как чрезмерное употребление алкоголя, по-видимому, увеличивает этот риск [30, 31]. Есть несколько возможных причин положительного эффекта умеренного употребления алкоголя:

- ♦ повышение уровня «хорошего» холестерина ЛПВП в кровотоке [32];
- ♦ снижение артериального давления, основного фактора риска сердечных заболеваний [33];
- ♦ снижение концентрации фибриногена в крови — вещества, которое способствует образованию тромбов [34];
- ♦ снижение риска диабета, еще одного важного фактора риска сердечных заболеваний [35];
- ♦ временное снижение уровня стресса и беспокойства [36, 37].

*Диабет 2 типа* — это заболевание, которым страдает около 8% населения планеты, характеризующееся аномально высоким уровнем сахара в крови, вызвано сниженным потреблением глюкозы клетками организма. Умеренное употребление алкоголя снижает инсулинорезистентность, борясь с основными симптомами диабета [38, 39, 40, 41]. В результате употребление алкоголя во время еды может снизить повышенный уровень сахара в крови на 16–37 % больше, чем употребление воды [42]. Фактически, общий риск диабета имеет тенденцию снижаться при умеренном потреблении алкоголя. Однако когда дело доходит до пьянства и запоя, риск возрастает [43, 44, 45].

*Риск смерти.* Исследования показывают, что легкое и умеренное употребление алкоголя может снизить риск преждевременной смерти [46, 47]. В то же время злоупотребление алкоголем является третьей основной причиной предотвратимой смерти, поскольку это серьезный фактор хронических заболеваний, несчастных случаев, дорожно-транспортных происшествий и социальных проблем [48].

С учетом описанных выше положительных эффектов алкогольных напитков на состояние здоровья, нами было проведено пилотное исследование с участием здоровых добровольцев по изучению индивидуальной реакции человека на разные виды алкоголя.

Исследования проводились на 20 здоровых добровольцах в возрасте от 20 до 55 лет с использованием программно-аппаратного комплекса «Динамика» (Научно-производственная фирма «Динамика» Санкт-Петербург, Россия). Для оценки влияния алкогольных напитков на состояние здоровья производилась регистрация ЭКГ в течение 4–5 минут (300 кардиоциклов) в 1 стандартном отведении при наложении электродов на область запястий, в положении лежа на кушетке. Для передачи ЭКГ в этом модуле использовался USB-интерфейс с оптронной развязкой. В процессе регистрации пациент находился в максимально комфортном и расслабленном состоянии. Оценка безопасности для человека алкогольных напитков состояла в том, чтобы определить существенные изменения в функциональном состоянии организма, используя анализ вариабельности сердечного ритма (далее — ВСР). В настоящее время разработаны различные методики анализа ВСР, в том числе основанные на статистическом изучении изменчивости динамических рядов RR — интервалов (кардиоинтервалов), т.е. интервалов между двумя последовательными сердечными сокращениями. К стандартным статистическим характеристикам таких динамических рядов кардиоинтервалов относятся: стандартное отклонение кардиоинтервалов (SDNN- Standard Deviation of the Normal-to-Normal), квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR — интервалов (RMSSD — Root Mean Square of Successive Differences), процент количества пар количества пар последовательных кардиоинтервалов в кардиограмме, отличающиеся более чем на 50 мс (pNN50) и коэффициент вариации (CV).

Первичной конечной точкой исследования являлось изменение функционального состояния (далее — ФС). Вторичными конечными точками были изменения следующих показателей:

- ♦ состояние вегетативной регуляции (далее — ВР),
- ♦ нейрогуморальная регуляция (далее — НР),
- ♦ психоэмоциональное состояние (далее — ПС),
- ♦ адаптационные возможности организма (далее — АВ).

Показатели функционального состояния организма и вегетативной регуляции рассчитывались с помощью статистического, временного и спектрального анализа ритмов сердца, психофизического состояния- методом фазового анализа и картирования биоритмов

мозга, а иммунного статуса (нейрогуморальной регуляции) — методом фрактального анализа ВСР.

Регистрация показателей здоровья проводилась до приема алкогольного напитка и через 30 и 60 минут после приема последнего. В исследование были включены следующие напитки: водка, красное сухое вино, коньяк, пиво, виски, шампанское в дозах, эквивалентных 24 мл этанола, что в пересчете составило 18,9 г. Эту дозу не превышает принятых в большинстве европейских стран безопасных дозировок для приема в течение дня. Согласно «Диетическим рекомендациям для американцев на 2020–2025 годы» Министерства здравоохранения и социальных служб США и Министерства сельского хозяйства США, достигшим совершеннолетия допустимые дозы для мужчин составляют не более 4 порций в день (47 мл этанола) или более 14 порций (164,5 мл этанола) в неделю. Для женщин — не более 3 порций (35 мл этанола) в любой день или более 7 порций (83 мл этанола) в неделю [0]. По данным Министерства здравоохранения Беларуси безопасная дневная доза алкоголя для мужчин и женщин составляет 40–60 г. [21].

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что наиболее безопасным для здоровья из протестированных нами алкогольных напитков оказалась водка. Как видно из табл. 1, через 30 мин и 1 час после ее употребления средние значения подавляющего большинства физиологических характеристик у группы добровольцев не претерпевали существенных изменений, за исключением коэффициента вариации (CV), который возрастал. Это свидетельствует об улучшении на короткое время суммарного эффекта вегетативной регуляции нервной системы у добровольцев после приема водки в безопасной дозе.

Остальные исследованные алкогольные напитки в разной степени снижали средние значения вегетативной (BP) и нейрогуморальной (HP) регуляции, психоэмоционального состояния (ПС) и адаптационных возможностей организма (AB), SDNN, RMSSD, pNN50, CV. По степени влияния на организм и безопасности ряд изученных алкогольных напитков расположился следующим образом: водка > шампанское > коньяк = пиво > виски = красное сухое вино.

Как известно, деятельность сердца регулируется двумя типами сигналов центральной нервной системы (симпатической и парасимпатической), действие которых должно быть сбалансировано. Вегетативная нервная система регулирует работу желез и внутренних органов. Чрезмерная активность симпатической системы — признак хронического стресса. Парасимпатическая нервная система регулирует работу организма в расслабленном, спокойном состоянии. Изменение показателя SDNN в течение длительных (суточных) измерений отражает, насколько хорошо в целом организм контролирует работу сердца. RMSSD — более точный параметр для краткосрочных замеров, в большей степени отражает реакцию парасимпатической системы, что позволяет оценить восстановление организма. SDNN — менее точный в быстрых замерах показатель, поэтому он прослеживается в динамике, чтобы оценить, насколько человек находится в стрессе, сбалансирована ли автономная нервная система и не является ли симпатическая система чересчур активированной [22, 23].

Например, в исследовании Janszky I. и соавторов [24] было установлено, что у женщин с ишемической болезнью сердца (ИБС), вегетативная активность сердца потенциально участвует в посредничестве благоприятных эффектов умеренного употребления алкоголя. При употреблении красного вина в проведенном вышеупомянутыми учеными исследовании наблюдалось увеличение ВСР как во временной, так и в частотной областях независимо от других клинических переменных. Напротив, потребление пива и этанола и общее количество потребляемого алкоголя не имели значимой связи ни с одним из параметров ВСР.

Однако в наших исследованиях было установлено, употребление красного вина, коньяка, пива и виски снижает активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (показателей RMSSD и pNN50), что свидетельствует о негативном эффекте алкоголя на функциональное состояние человека. Этот факт достаточно интересен тем, что красное сухое вино, которое рекомендуют употреблять врачи и диетологи, у протестированных нами добровольцев вызвало наибольшую негативную реакцию по сравнению с другими алкогольными напитками. Водка же, напротив, оказывала наименьший негативный эффект, хотя у многих экспертов она не является наиболее предпочитаемым алкогольным напитком.

Таблица 1. Влияние алкогольных напитков на показатели функционального состояния организма  
Table 1. The influence of alcoholic beverages on indicators of the functional state of the body

Показатель	Водка		Шампанское		Коньяк	
	ФС, %	ВР, %	ФС, %	ВР, %	ФС, %	ВР, %
ФС, %	50,4 ±5,8	48,1±5,3	53,2±5,2	42,9±5,3	52,9±5,5	42,3±5,8***
ВР, %	53,3±7,7	53,4±6,9	58,4±6,3	46,7±6,4	56,6±6,5	43,3±7,7***
НР, %	46,7±5,1	46,4±4,9	50,0±5,0	42,5±4,6	51,8±4,8	42,5±4,9**
ПС, %	49,6±5,2	45,5±4,5	50,8±4,9	44,1±4,5	49,0±5,2	46,4±5,5
АВ, %	51,4±6,3	47,1±6,2	53,3±5,9	41,2±5,1***	53,9±6,6	40,8±6,6***
SDNN, мс	42,8±5,2	41,6±4,4	43,3±3,7	38,0±3,0*	44,6±5,1	36,5±4,8***
RMSSD, мс	30,3±4,4	27,1±3,8	31,6±3,8	23,2±2,1***	32,7±5,0	24,0±3,5***
CV, %	5,4±0,5	5,3±0,5	5,7±0,4	5,3±0,4	5,5±0,5	4,8±0,6***
pNN50, пар	12,4±4,0	9,6±3,1	11,7±3,6	5,8±1,3*	14,3±4,5	7,4±2,6***
Показатель	Пиво		Виски		Вино	
ФС, %	56,1±5,5	49,3±5,3*	57,4±5,4	44,1±4,6***	60,6±5,5	49,5±4,9***
ВР, %	60,1±6,5	59,9±6,7	62,6±6,6	48,2±5,6***	65,2±6,6	54,4±6,8
НР, %	54,9±5,2	46,3±4,8**	53,9±5,3	43,4±5,1***	59,3±5,0	47,2±4,8***
ПС, %	54,7±5,0	44,6±5,1***	54,6±5,2	40,5±4,4***	57,2±5,1	43,6±5,4 ***
АВ, %	55,5±6,2	46,1±6,2***	57,9±5,6	44,3±5,2***	59,9±6,0	44,1±5,9***
SDNN, мс	46,9±4,8	46,2±4,5	44,6±3,7	39,1±3,0	49,2±5,1	40,2±4,6**
RMSSD, мс	31,3±4,0	27,2±3,7	32,7±3,4	24,5±2,3***	33,6±4,3	25,1±3,6**
CV, %	5,9±0,5	5,8±0,5	5,4±0,4	5,1±0,4	6,0±0,6	5,6±0,5
pNN50, %	13,1±3,6	10,3±3,1	13,1±3,5	6,0±1,8***	13,9±3,8	8,0±2,9**

Условные обозначения: ФС—функциональное состояние, ВР—вегетативная регуляция, НР—нейрогуморальная регуляция, ПС—психоэмоциональное состояние, АВ—адаптационные возможности организма, SDNN—стандартное отклонение кардиоинтервалов, RMSSD—квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR-интервалов, CV—коэффициент вариации, pNN50—процент количества пар количества пар последовательных кардиоинтервалов в кардиограмме, отличающиеся более чем на 50 мс.

Достоверность различий: \* — p<0,05; \*\* — p<0,02; \*\*\* — p<0,01.

Таблица 2. Изменения общего состояния здоровья 20 добровольцев через 30 мин и 60 мин после приема алкогольных напитков, %  
 Table 2. Changes in the general state of health of 20 volunteers 30 minutes and 60 minutes after taking alcoholic beverages, %

№ п/п испытуемого Время	Водка		Шампанское		Коньяк		Пиво		Виски		Вино	
	30 мин	60 мин	30 мин	60 мин	30 мин	60 мин	30 мин	60 мин	30 мин	60 мин	30 мин	60 мин
1	Orange	Green	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange
2	Yellow	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
3	Green	Green	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green
4	Yellow	Yellow	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green
5	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange
6	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Yellow
7	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
8	Green	Green	Orange	Orange	Yellow	Orange						
9	Yellow	Orange	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow
10	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Orange
11	Green	Green	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange
12	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green
13	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
14	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
15	Orange	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange						
16	Orange	Orange	Green	Green	Orange							
17	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
18	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
19	Orange	Orange	Yellow	Orange								
20	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow

Условные обозначения: w  
  
 Положительная реакция  
 Нейтральная реакция  
 Отрицательная реакция

Однако следует обратить внимание на тот факт, что протестированные нами наиболее употребляемые алкогольные напитки (водка, виски, коньяк, красное сухое вино, шампанское, пиво), содержащие одинаковое количество алкоголя, действуют на каждого человека по-разному. Все они могут ухудшать, улучшать и существенно не изменять регистрируемые в ходе исследования физиологические показатели здоровья. С другой стороны, один и тот же алкогольный напиток по-разному влияет на функциональное состояние разных людей. Характер и величина этой реакции существенно отличается и зависит от индивидуальных особенностей каждого человека (табл. 2). То, что алкогольные напитки негативно влияют на здоровье в любых дозах, давно утвердившийся факт, как и тот, что наиболее безопасным является сухое вино, а самым вредным пиво. Однако проведенное исследование показало, что это далеко не так.

В ходе исследования было обнаружено положительное влияние всех алкогольных напитков, употребляемых в безопасных дозах, эквивалентных 24 мл этанола, на здоровье 65% испытуемых. Величина этой реакции в отдельных случаях была значительной и достигала +34% к исходным значениям. Следует отметить, что из шести видов алкоголя, использованных в исследовании, улучшение состояния организма отмечалось при употреблении не более двух видов напитков. У 35 % испытуемых положительного ответа на прием различных видов алкогольных напитков не наблюдалось вообще, а присутствовала либо нейтральная, либо негативная реакция. Величина отрицательного ответа у некоторых, особо чувствительных испытуемых, составила 46–53%.

Как правило, потребители выбирают алкогольный напиток, основываясь на его органолептических свойствах, а также социальных и национальных традициях, настроении. Однако проведенное пилотное исследование показало, что только результаты индивидуального тестирования могут дать ответ каждому человеку, какой алкогольный напиток выбрать для праздничного стола, чтобы поднять настроение, не оказывая негативного влияния на здоровье.

**Заключение.** В результате проведенных исследований подтверждено влияния алкоголя на физиологические функции и общее состояние организма. Употребление алкоголя в малых и умеренных количествах, в зависимости от пола, веса, возраста и толерантности к алкоголю, по-видимому, оказывает наиболее благоприятное воздействие на здоровье человека.

Умеренное употребление алкоголя может улучшить в определенной степени состояние здоровья и увеличить продолжительность жизни, в то время как злоупотребление алкоголем является сильным фактором риска преждевременной смерти.

#### Список использованных источников

1. Guasch-Jané, M. R., Andrés-Lacueva, C., Jáuregui, O., & Lamuela-Raventós, R. M. (2006). First evidence of white wine in ancient Egypt from Tutankhamun's tomb. *Journal of Archaeological Science*, 33, 1075–1080.
2. Sicard, D., & Legras, J. L. (2011). Bread, beer and wine: yeast domestication in the *Saccharomyces Sensu stricto* complex. *Comptes Rendus Biologies*, 334, 229–236.
3. Dietrich, O., Heun, M., Notroff, J., Schmidt, K., & Zarnkow, M. (2012). The role of cult and feasting in the emergence of Neolithic communities. New evidence from Göbekli Tepe, South-Eastern Turkey. *Antiquity*, 86, 674–695.
4. Gianoulakis, C. (2004). Endogenous opioids and addiction to alcohol and other drugs of abuse. *Current Topics in Medical Chemistry*, 4, 39–50.
5. Herz, A. (1997). Endogenous opioid systems and alcohol addiction. *Psychopharmacology*, 129, 99–111.
6. Depue, R. A., & Morrone-Strupinsky, J. V. (2005). A neurobehavioral model of affiliative bonding: implications for conceptualising a human trait of affiliation. *Behavioral and Brain Sciences*, 28, 313–395.
7. Dunbar, R. I. M., & Shultz, S. (2010). Bondedness and sociality. *Behaviour*, 147, 775–803.
8. Machin, A., & Dunbar, R. I. M. (2011). The brain opioid theory of social attachment: a review of the evidence. *Behaviour*, 148, 985–1025.
9. Sarkar, D. K., Sengupta, A., Zhang, C., Boyadjieva, N., & Murugan, S. (2012). Opiate antagonist prevents  $\mu$ - and  $\Delta$ -opiate receptor dimerization to facilitate ability of agonist to control ethanol-altered natural killer cell functions and mammary tumor growth. *Journal of Biological Chemistry*, 287, 16734–16747.
10. Taylor, B., Irving, H. M., Kantares, F., Room, R., Borges, G., Cherpitel, C., Greenfield, T., & Rehm, J. (2005). The more you drink the harder you fall: a systematic review and meta-analysis of how acute alcohol consumption and injury or collision risk increase together. *Drug and Alcohol Dependency*, 110, 108–116.
11. Easdon, C., Izenberg, A., Armilio, M., Yu, H., & Alain, C. (2005). Alcohol consumption impairs stimulus- and error-related processing during a go/no-go task. *Cognitive Brain Research*, 25, 873–883.

12. Roerecke, M., & Rehm, J. (2010). Irregular heavy drinking occasions and risk of ischemic heart disease: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Epidemiology*, 171, 633–644.
13. Dunbar, R. I. M., Baron, R., Frangou, A., Pearce, E., van Leeuwen, E. J. C., Stow, J., Partridge, P., MacDonald, I., Barra, V., & van Vugt, M. (2012). Social laughter is correlated with an elevated pain threshold. *Proceedings of the Royal Society, London*, 279B, 1161--1167.
14. Dunbar, R. I. M., Teasdale, B., Thompson, J., Budelmann, F., Duncan, S., van Emde Boas, E., & Maguire, L. (2016). Emotional arousal when watching drama increases pain threshold and social bonding. *Royal Society Open Science*, 3, 160288.
15. Lang, I., Wallace, R. B., Huppert, D. A., & Melzer, D. (2007). Moderate alcohol consumption in older adults is associated with better cognition and well-being than abstinence. *Age and Ageing*, 36, 256–261.
16. Sinforiani, E., Zucchella, C., Pasotti, C., Casoni, F., Bini, P., & Costa, A. (2011). The effects of alcohol on cognition in the elderly: from protection to neurodegeneration. *Functional Neurology*, 26, 103–106.
17. Abrams, D., Hothrow, T., Hulbert, L., & Frings, D. (2006). “group drink”? The effect of alcohol on risk attraction among groups versus individuals. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 67, 628–636.
18. Sayette, M. A., Dimoff, J. D., Levine, J. M., Moreland, R. L., & Votruba-Drzal, E. (2012). The effects of alcohol and dosage-set on risk-seeking behavior in groups and individuals. *Psychology of Addictive Behaviors*, 26, 194–200.
19. Hothrow, T., Abrams, D., Frings, D., & Hulbert, L. G. (2007). Group drink: the effects of alcohol on intergroup competitiveness. *Psychology of Addictive Behaviors*, 21, 272–276.
20. <https://www.niaaa.nih.gov/alcohol-health/overview-alcohol-consumption/moderate-binge-drinking>
21. <https://iard.org/science-resources/detail/drinking-guidelines-general-population/>.
22. Spaak J., Tomlinson G., McGowan C.L. et al. Dose-related effects of red wine and alcohol on heart rate variability. *Am J Physiol* 2010. V298, N 6, H2226-H2231
23. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Волковская И. В. Вариабельность сердечного ритма: Методы измерения, интерпретация, клиническое использование. *Анналы аритмологии*, -2009.- №4. С. 21-32.
24. Janszky I., Ericson M., Blom M., et al. Wine drinking is associated with increased heart rate variability in women with coronary heart disease *Heart*. 2005; 91(3): 314–318.
25. Stone B.M. Sleep and low doses of alcohol. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Volume 48, Issue 6, June 1980, Pages 706-709*
26. Sayon-Orea C., Martinez-Gonzalez M.A. , Bes-Rastrollo M. et al Alcohol consumption and body weight: a systematic review. *Nutr Rev* 2011 69(8):419-31.
27. Fromenty B., Vadrot N., Massart J., et. al Chronic ethanol consumption lessens the gain of body weight, liver triglycerides, and diabetes in obese ob/ob mice. *J Pharmacol Exp Ther* 2009 ;331(1):23-34.
28. Vadstrup E. S., Petersen L., Sørensen T. I., Grønbaek M. Waist circumference in relation to history of amount and type of alcohol: results from the Copenhagen City. *Heart Study Int J Obes Relat Metab Disord* 2003 Feb;27(2):238-46.
29. Schütze M., Schulz M., Steffen A. et al. Beer consumption and the ‘beer belly’: scientific basis or common belief? *Eur J Clin Nutr* 2009 Sep;63(9):1143-9.
30. O’Keefe J. H., Bybee K.A, Lavie C. J. Alcohol and cardiovascular health: the razor-sharp double-edged sword. *J Am Coll Cardiol* . 2007;50(11):1009-14.
31. Ronksley P. E., Brien S.E., Turner .B. J. et al, Association of alcohol consumption with selected cardiovascular disease outcomes: a systematic review and meta-analyss .*BMJ* . 2011 . 22;342:d671.
32. O’Donnell M. R., Grinsztejn B., Cummings M. J. et al. A randomized double-blind controlled trial of convalescent plasma in adults with severe COVID-19. *J Clin Invest* . 2021 1;131(13):e150646.
33. Beilin L. J., Puddey J.B. Alcohol and hypertension: an update. *Hypertension* 2006;47(6):1035-8.
34. Renaud S. C., Ruf J. C. Effects of alcohol on platelet functions. *Clin Chim Acta* 1996. 15;246(1-2):77-89.
35. Koppes L.L. , Dekker J.M., Hendriks H.F. et al. Moderate alcohol consumption lowers the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective observational studies. *Diabetes Care* . 2005 Mar;28(3):719-25.
36. Agarwal D.P. Cardioprotective effects of light-moderate consumption of alcohol: a review of putative mechanisms. *Alcohol Alcohol* 2002;37(5):409-15.
37. Nielsen N. R., Truelsen T., Barefoot J. C., et al. Is the effect of alcohol on risk of stroke confined to highly stressed persons? *Neuroepidemiology* 2005;25(3):105-13.
38. Mayer E. J. , Newman B., Quesenberry Jr C. P. et al. Alcohol consumption and insulin concentrations. Role of insulin in associations of alcohol intake with high-density lipoprotein cholesterol and triglycerides. *Circulation* . 1993;88(5 Pt 1):2190-7.
39. Facchini F., Chen Y. D., Reaven G. M. Light-to-moderate alcohol intake is associated with enhanced insulin sensitivity. *Diabetes Care*. 1994 17(2):115-9.
40. Thamer C., Haap M., Fritsche A., et al. Relationship between moderate alcohol consumption and adiponectin and insulin sensitivity in a large heterogeneous population. *Diabetes Care*. 2004;27(5):1240.

41. Joosten M. M., Beulens J.W., Kersten S., Hendriks H. F. Moderate alcohol consumption increases insulin sensitivity and ADIPOQ expression in postmenopausal women: a randomised, crossover trial. *Diabetologia* 2008;51(8):1375-81.
42. Brand-Miller J.C., Fatema K., Middlemiss C. et al. Effect of alcoholic beverages on postprandial glycemia and insulinemia in lean, young, healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2007 85(6):1545-51.
43. Wei M., Gibbons L.W., Mitchell T. L. Alcohol intake and incidence of type 2 diabetes in men. *Diabetes Care*. 2000;23(1):18-22.
44. Conigrave K. M., Hu B. F., Camargo Jr C. A., et al. A prospective study of drinking patterns in relation to risk of type 2 diabetes among men. *Diabetes* 2001 Oct;50(10):2390-5.
45. Carlsson S., Hammar N., Grill V. Alcohol consumption and type 2 diabetes Meta-analysis of epidemiological studies indicates a U-shaped relationship. *Diabetologia* 2005, 48(6):1051-4.
46. Castelnuovo A. D., Costanzo S., Bagnardi V. Alcohol dosing and total mortality in men and women: an updated meta-analysis of 34 prospective studies. *Arch Intern Med* 2006;166(22):2437-45.
47. Movva R., Figueredo V.M. Alcohol and the heart: to abstain or not to abstain? *Int J Cardiol* 2013 Apr 15;164(3):267-76.
48. Bouchery E. E., Harwood H. J., Sacks J.J. et al., Economic costs of excessive alcohol consumption in the U.S., 2006. *Am J Prev Med* . 2011 ;41(5):516-24.

#### Информация об авторах

*Шилов Валерий Викентьевич* — кандидат биологических наук, старший 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

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

E-mail: n\_belyakova@tut.by

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

E-mail: otpit@tut.by

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

E-mail: otpit@tut.by

#### Information about authors

*Shylau Valery Vikentievich* — PhD (Biology), Senior Researcher of the Nutrition Department of RUE «Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by

*Belyakova Natalia Iosifovna* — PhD (Medicine), Head of food department of the Scientific-practical center for foodstuffs of the National academy of sciences of Belarus, RUE (29 Kozlova st., Minsk, 220037, Republic of Belarus).

E-mail: n\_belyakova@tut.by

*Zhurnia Anna Alexandrovna* — Researcher of the Nutrition Department of the RUE “Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Food” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by

*Okulova Tatyana Vitalievna* — Engineer of the 1st category of the Nutrition Department of the RUE «Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by